

Institutt for maskinteknikk og produksjon

Eksamensoppgave i TMM4100 Materialteknikk

Eksamensdato: 16.05.2024

Eksamenstid (fra-til): 0900 - 1300

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: D:

Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler tillatt.

Bestemt, enkel kalkulator tillatt:

- Casio FX-82CW, Casio FC100 V2, Casio fx-82ES PLUS og Casio fx-82EX
- Citizen SR-270X og Citizen SR-270X College
- Hewlett Packard HP30S

Faglig kontakt under eksamen: Nils Petter Vedvik

Tlf.: 91143170

Faglig kontakt møter i eksamenslokalet: NEI

ANNEN INFORMASJON:

Skaff deg overblikk over oppgavesettet før du begynner på besvarelsen din.

Les oppgavene nøye, gjør dine egne antagelser og presiser i besvarelsen hvilke forutsetninger du har lagt til grunn i tolkning/avgrensning av oppgaven. Faglig kontaktperson skal kun kontaktes dersom det er direkte feil eller mangler i oppgavesettet. Henvend deg til en eksamensvakt hvis du ønsker å kontakte faglærer. Noter gjerne spørsmålet ditt på forhånd.

Håndtegninger: I oppgave **1**, **9** og **13** er det lagt opp til å besvare på ark. Andre oppgaver skal besvares direkte i Inspira. Nederst i oppgaven finner du en sjusifret kode. Fyll inn denne koden øverst til venstre på arkene du ønsker å levere. Det anbefales å gjøre dette underveis i eksamen. Dersom du behøver tilgang til kodene etter at eksamenstiden har utløpt, må du klikke «Vis besvarelse».

Vekting av oppgavene: poeng (av 100 totalt) er angitt for hver oppgave

Varslinger: Hvis det oppstår behov for å gi beskjeder til kandidatene underveis i eksamen (f.eks. ved feil i oppgavesettet), vil dette bli gjort via varslinger i Inspira. Et varsel vil dukke opp som en dialogboks på skjermen. Du kan finne igjen varselet ved å klikke på bjella øverst til høyre.

Trekk fra/avbrutt eksamen: Blir du syk under eksamen, eller av andre grunner ønsker å levere blankt/avbryte eksamen, gå til "hamburgermenyen" i øvre høyre hjørne og velg «Lever blankt». Dette kan ikke angres selv om prøven fremdeles er åpen.

Tilgang til besvarelse: Etter eksamen finner du besvarelsen din i arkivet i Inspira. Merk at det kan ta én virkedag før eventuelle håndtegninger vil være tilgjengelige i arkivet.

























1

For denne oppgaven forventes korte og presise svar.

1. Hva kalles en legering som hovedsakelig inneholder kobber og tinn? (1p)
2. Hva er vanlig navn for legeringer som hovedsakelig inneholder kobber og sink? (1p)
3. Likevektsstrukturen til en blanding av kobber og nikkel beskrives ved et isomorft fasediagram. Forklar hvorfor. (3p)
4. Hva er maksimal løselighet av kobber i aluminium? Se vedlegg Fasediagram (1p)
5. Aluminiumslegeringer i 2000-serien har kobber som det primære legeringselementet. Forklar hvordan og hvorfor disse legeringene kan oppnå høy flytestyrke. (3p)
6. Kan kobber benyttes som katodisk beskyttelse av stål? Gi en kort forklaring på det du kommer frem til. (2p)
7. Gi en kort forklaring på hva som hindrer korrosjon i rustfrie stål, både med hensyn på stålets innhold og mekanismen som virker. (2p)

På denne oppgaven kan du levere svaret på ark.

 [Hjelp](#)

Format  **B** *I* U x_2 x^2 I_x                     



2

En legering består av kun kobber og tinn. Forholdet mellom antall kobberatom og antall tinnatom er 25:1. Hva er vektprosenten av tinn i legeringen? Oppgi svaret avrundet til nærmeste hele tall

Svar: [wt%] (heltall)

Maks poeng: 3 [Sjekk svar](#)



3

Et stykke aluminiumsfolie har bredde lik 44 cm, lengde lik 10 m og den veier 180 g. Hva er tykkelsen til denne folien?

Velg ett alternativ:

☐ $< 10 \mu\text{m}$

☐ $\approx 15 \mu\text{m}$

☐ $\approx 25 \mu\text{m}$

☐ $\approx 35 \mu\text{m}$

☐ $\approx 45 \mu\text{m}$

☐ $\approx 55 \mu\text{m}$

☐ $\approx 65 \mu\text{m}$

☐ $> 75 \mu\text{m}$

Maks poeng: 3 [Sjekk svar](#)



4

Aluminium reagerer hurtig med oksygen i luft og danner et belegg av aluminiumoksid, Al_2O_3 på overflatene. Dette belegget er 4 nanometer tykt. Hvor mye oksygen er i så fall bundet til aluminiumsfolien i forrige oppgave? Tettheten til aluminiumoksid er 3980 kg/m^3 og du kan anta at alle flater har blitt eksponert for oksygen.

Velg ett alternativ:

☐ $< 10 \text{ } \mu\text{g}$

☐ $\approx 15 \text{ } \mu\text{g}$

☐ $\approx 25 \text{ } \mu\text{g}$

☐ $\approx 35 \text{ } \mu\text{g}$

☐ $\approx 45 \text{ } \mu\text{g}$

☐ $\approx 55 \text{ } \mu\text{g}$

☐ $\approx 65 \text{ } \mu\text{g}$

☐ $> 70 \text{ } \mu\text{g}$

Maks poeng: 3 [Sjekk svar](#)



5

Kobber, som har tetthet lik 8935 kg/m^3 , har samme krystallstruktur som aluminium. Regn ut gitterkonstanten a for enhetscellen til kobber.

Velg ett alternativ:

☐ $\approx 180 \text{ pm}$

☐ $\approx 216 \text{ pm}$

☐ $\approx 240 \text{ pm}$

☐ $\approx 288 \text{ pm}$

☐ $\approx 360 \text{ pm}$

☐ $\approx 405 \text{ pm}$

☐ $\approx 450 \text{ pm}$

☐ $\approx 480 \text{ pm}$

Maks poeng: 3 [Sjekk svar](#)



6

80 g av en legering av kobber og sølv som inneholder 30 vektprosent sølv, varmes langsomt opp fra romtemperatur til 900°C og holdes ved denne temperaturen til systemet er fullstendig i likevekt.

Smelten helles deretter ut av blandingen. Hvor mye faststoff er igjen?

Relevant fasediagram finner du i et vedlegg.

Velg ett alternativ:

☐ $\approx 0\text{ g}$

☐ $\approx 5\text{ g}$

☐ $\approx 10\text{ g}$

☐ $\approx 15\text{ g}$

☐ $\approx 20\text{ g}$

☐ $\approx 25\text{ g}$

☐ $\approx 30\text{ g}$

☐ $\approx 35\text{ g}$

Maks poeng: 3 [Sjekk svar](#)



7

Faststoffet som ble igjen i forrige oppgave kjøles langsomt ned til 700°C. Hva er vektprosenten av β -fasen i blandingen av α og β ved denne temperaturen?

Velg ett alternativ:

<input type="radio"/>	$\approx 0 \text{ wt\%}$
<input type="radio"/>	$\approx 5 \text{ wt\%}$
<input type="radio"/>	$\approx 10 \text{ wt\%}$
<input type="radio"/>	$\approx 15 \text{ wt\%}$
<input type="radio"/>	$\approx 20 \text{ wt\%}$
<input type="radio"/>	$\approx 25 \text{ wt\%}$
<input type="radio"/>	$\approx 30 \text{ wt\%}$
<input type="radio"/>	$\approx 35 \text{ wt\%}$

Maks poeng: 3 [Sjekk svar](#)



8

En legering av kobber og sølv inneholder 4 mol kobber og 6 mol sølv. Legeringen varmes langsomt opp fra romtemperatur. Ved hvilken temperatur vil hele blandingen bli en smelte?

Relevant fasediagram finner du i et vedlegg.

Velg ett alternativ:

☐ $\approx 780^{\circ}\text{C}$

☐ $\approx 800^{\circ}\text{C}$

☐ $\approx 820^{\circ}\text{C}$

☐ $\approx 840^{\circ}\text{C}$

☐ $\approx 860^{\circ}\text{C}$

☐ $\approx 880^{\circ}\text{C}$

☐ $\approx 900^{\circ}\text{C}$

☐ $\approx 920^{\circ}\text{C}$

Maks poeng: 3 [Sjekk svar](#)



10 Karbonstål med eutektoid sammensetning har 0.76 wt% karbon. Hvor mange karbonatom har et slikt stål per 1000 jernatom?

Velg ett alternativ:

☐ ≈ 3

☐ ≈ 8

☐ ≈ 14

☐ ≈ 20

☐ ≈ 25

☐ ≈ 30

☐ ≈ 36

☐ ≈ 42

Maks poeng: 4 [Sjekk svar](#)



- 11 Karbonstål med 1.5 wt% karbon er i likevekt som austenitt, og kjøles deretter langsam ned til en temperatur lik 750°C. Hvor stor del av materialet er sementitt ved denne temperaturen?

Relevant diagram finner du i et vedlegg.

Velg ett alternativ:

- ☐ < 5 wt%
- ☐ ≈ 7 wt%
- ☐ ≈ 9 wt%
- ☐ ≈ 11 wt%
- ☐ ≈ 13 wt%
- ☐ ≈ 15 wt%
- ☐ ≈ 17 wt%
- ☐ ≈ 19 wt%
- ☐ ≈ 21 wt%
- ☐ ≈ 23 wt%
- ☐ > 25 wt%

Maks poeng: 4 [Sjekk svar](#)



12

Karbonstålet i forrige oppgave kjøles videre ned til romtemperatur. Hvor stor del av materialet (i vektprosent) består nå av α -jern (ferritt)?


Velg ett alternativ:

- ☐ ≈ 0 wt%
- ☐ ≈ 10 wt%
- ☐ ≈ 20 wt%
- ☐ ≈ 30 wt%
- ☐ ≈ 40 wt%
- ☐ ≈ 50 wt%
- ☐ ≈ 60 wt%
- ☐ ≈ 70 wt%
- ☐ ≈ 80 wt%
- ☐ ≈ 90 wt%
- ☐ ≈ 100 wt%

Maks poeng: 4 [Sjekk svar](#)

1. Gjør rede for forskjellen mellom sprøbrudd og duktilt brudd (3p)
2. Gjør kort rede for hva støpejern er (1p)
3. Gjør kort rede for sammensetning og mikrostruktur til grått støpejern (2p)
4. Gjør kort rede for sammensetning og mikrostruktur til hvitt støpejern (2p)
5. Gjør kort rede for sammensetning og mikrostruktur til kulegrafittjern (også kalt seigjern) (2p)
6. Forklar hvorfor grått og hvitt støpejern har liten eller ingen duktilitet, mens kulegrafittjern kan ha relativt høy duktilitet (4p)

På denne oppgaven kan du levere svaret på ark.

 [Hjelp](#)[illegible]

Maks poeng: 14 Sjekk svar



14

I en komponent er det laget en overflatesprekk med lengde $a = 2$ mm. Komponenten utsettes så for en strekkspenning, og det oppstår et sprøbrudd når denne spenningen er 126 MPa.

Materialets bruddseighet samt geometriparameteren til systemet er ukjent, men det kan antas at geometriparameteren ikke er avhengig av sprekkenes lengde.

En identisk komponent med kun naturlige overflatesprekker utsettes så for en strekklast, og sprøbrudd oppstår ved en spenning lik 325 MPa.

Hva er lengden a på overflatesprekken som førte til brudd i denne komponenten? Anta at sprekken er lokalisert og orientert på samme måte som den kunstige sprekken i den første komponenten.

Velg ett alternativ:

☐ < 0.5 mm

☐ ≈ 0.6 mm

☐ ≈ 0.7 mm

☐ ≈ 0.8 mm

☐ ≈ 0.9 mm

☐ ≈ 1.0 mm

☐ ≈ 1.1 mm

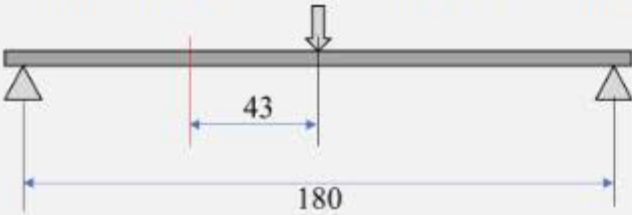
☐ > 1.2 mm

Maks poeng: 4 [Sjekk svar](#)



15

En fritt opplagret bjelke er utsatt for en senterlast F (tilsvarende som for en tre-punkts bøyetest).



Lengde mellom opplagringer er $L = 180$ mm, bredden til bjelken er 10 mm og høyden er 8 mm.
Ved en last $F = 1212$ N, blir det et sprøbrudd 43 mm til venstre for midten av bjelken.
Hva var maksimal bøyespenning i bjelken ved bruddets posisjon?

Velg alternativet som er nærmest korrekt svar.

Velg ett alternativ:

- ☐ 43 MPa
- ☐ 89 MPa
- ☐ 146 MPa
- ☐ 212 MPa
- ☐ 267 MPa
- ☐ 332 MPa
- ☐ 425 MPa
- ☐ 510 MPa
- ☐ 600 MPa
- ☐ 800 MPa
- ☐ 999 MPa



16

En søyle med lengde $L = 6$ m skal ha et sirkulært tverrsnitt. Søylene skal være så lett om mulig, og du må ta hensyn til knekkingslasten, som for det konkrete tilfellet er gitt ved:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Søylene må akkurat tåle 50 kN i trykk uten å knekke. Du trenger ikke ta hensyn til materialets trykkstyrke, siden det er antatt at knekking er den begrensende faktoren.

Data for materialer med ID-nummer 1...9 er gitt i vedlegget *Materialvalg*, der det er brukt enheter Pa og kg/m³ for E-modul og tetthet. Alle spørsmål som følger, henviser til disse materialene.

Diameteren til søylene er i utgangspunktet en fri variabel (for de tre første spørsmålene som følger)

Hvilket material er mest optimalt? SVAR: (heltall, ID-nummer)

Hvilket material er minst optimalt? SVAR: (heltall, ID-nummer)

Hvor mange materialer er bedre enn materialet med ID-nummer 7? SVAR: (antall)

Nå er det bestemt at søylens diameter må være mindre enn 100 mm.

Hvor mange av materialene vil tilfredsstille dette kravet? SVAR: (antall)

Maks poeng: 8 [Sjekk svar](#)



17 Data for materialer med ID-nummer 1...9 er gitt i vedlegget *Materialvalg*, der det er brukt enheter Pa og kg/m³ for E-modul og tetthet. Alle spørsmål som følger, henviser til disse materialene.

Av de 9 materialene, er fem av materialer fiktive, mens de fire andre materialene representerer vanlige konstruksjonsmetall.

Hvilket material er en stållegering? SVAR: (heltall, ID-nummer)

Hvilket material er en aluminiumslegering? SVAR: (heltall, ID-nummer)

Hvilket material er en titanlegering? SVAR: (heltall, ID-nummer)

Hvilket material er en magnesiumlegering? SVAR: (heltall, ID-nummer)

Maks poeng: 2 [Sjekk svar](#)

**18**

Hvilken påstand er korrekt? Merk: i tilfelle der det kan argumenteres for at flere alternativer er delvis korrekte, skal du velge det alternativet som fremstår som gjennomgående korrekt og konsistent for alle med materialteknisk kompetanse.

Velg ett alternativ:

- ☐ Elastisitetsmodulen (E-modulen) til de fleste metall er lite påvirket av temperaturen så lenge temperaturen er under smeltepunktet.
- ☐ Temperert martensitt oppnås ved å varme martensitt til en temperatur over den eutektoide temperaturen, for så å holde denne temperaturen for en definert tid.
- ☐ Austenittiske stål er særlig utsatt for en brå omvandling fra duktil til sprø oppførsel ved lave temperaturer.
- ☐ Elektrisk resistivitet i metaller er generelt økende med økende temperatur

Maks poeng: 2 [Sjekk svar](#)



19

Hvilken påstand er korrekt? Merk: i tilfelle der det kan argumenteres for at flere alternativer er delvis korrekte, skal du velge det alternativet som fremstår som gjennomgående korrekt og konsistent for alle med materialteknisk kompetanse.

Velg ett alternativ:

- ☐ For metaller med BCC krystallstruktur, er siging (creep) relevant ved temperaturer over ca. 0.4 ganger smeltetemperaturen, mens dette ikke er tilfelle for metaller med FCC krystallstruktur.
- ☐ Smeltetemperaturen til metaller gir en viss indikasjon på den potensielle øvre brukstemperaturen til materialet.
- ☐ Krystallinske metaller blir sprø når temperaturen er under glasstransisjonstemperaturen.
- ☐ Aluminium som er plastisk bearbeidet og dermed deformasjonsherdet, vil rekrySTALLISERE og danne HCP-aluminium etter en gitt tid.

Maks poeng: 2 [Sjekk svar](#)



20

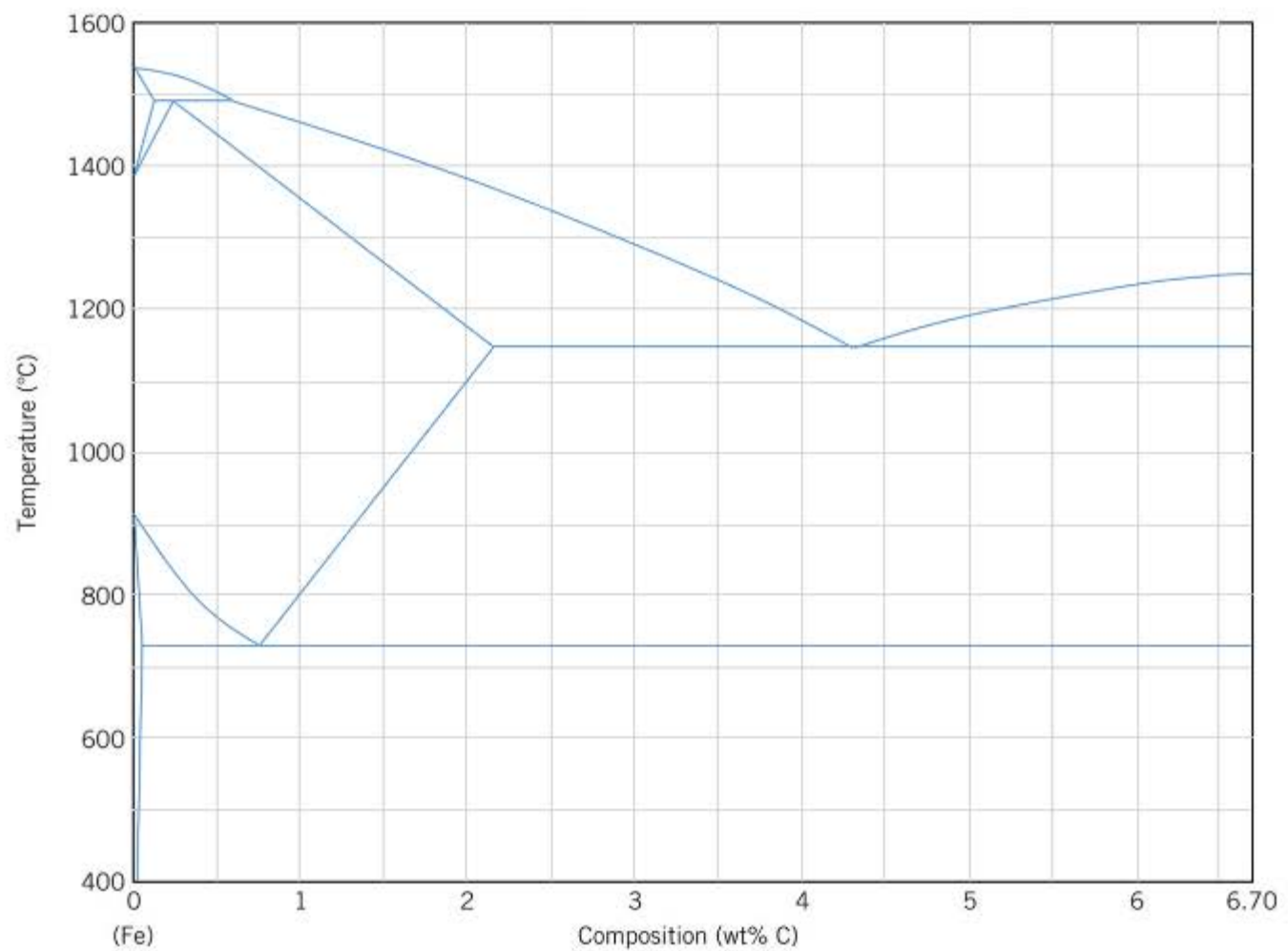
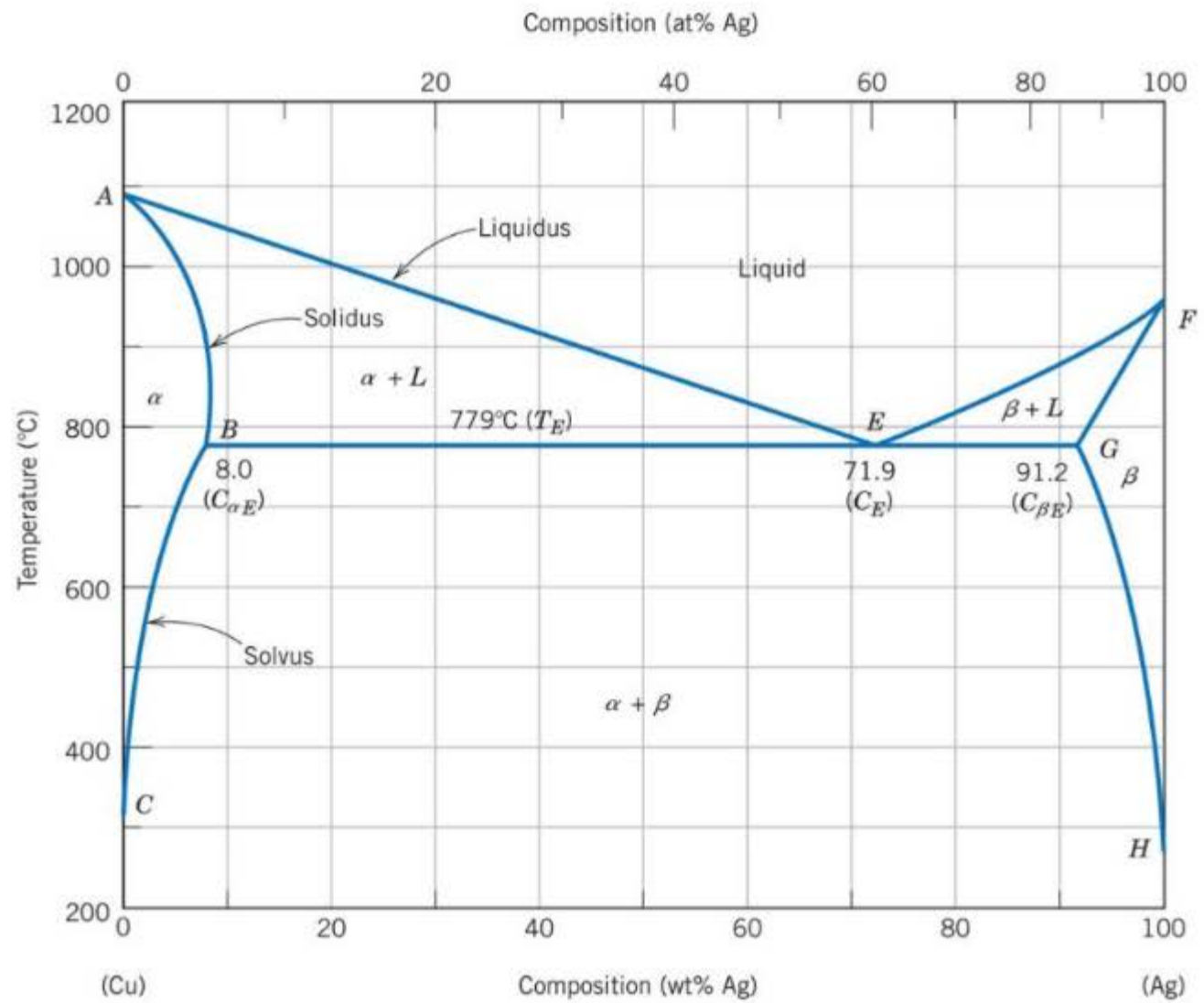
Hvilken påstand er korrekt? Merk: i tilfelle der det kan argumenteres for at flere alternativer er delvis korrekte, skal du velge det alternativet som fremstår som gjennomgående korrekt og konsistent for alle med materialteknisk kompetanse.

Velg ett alternativ:

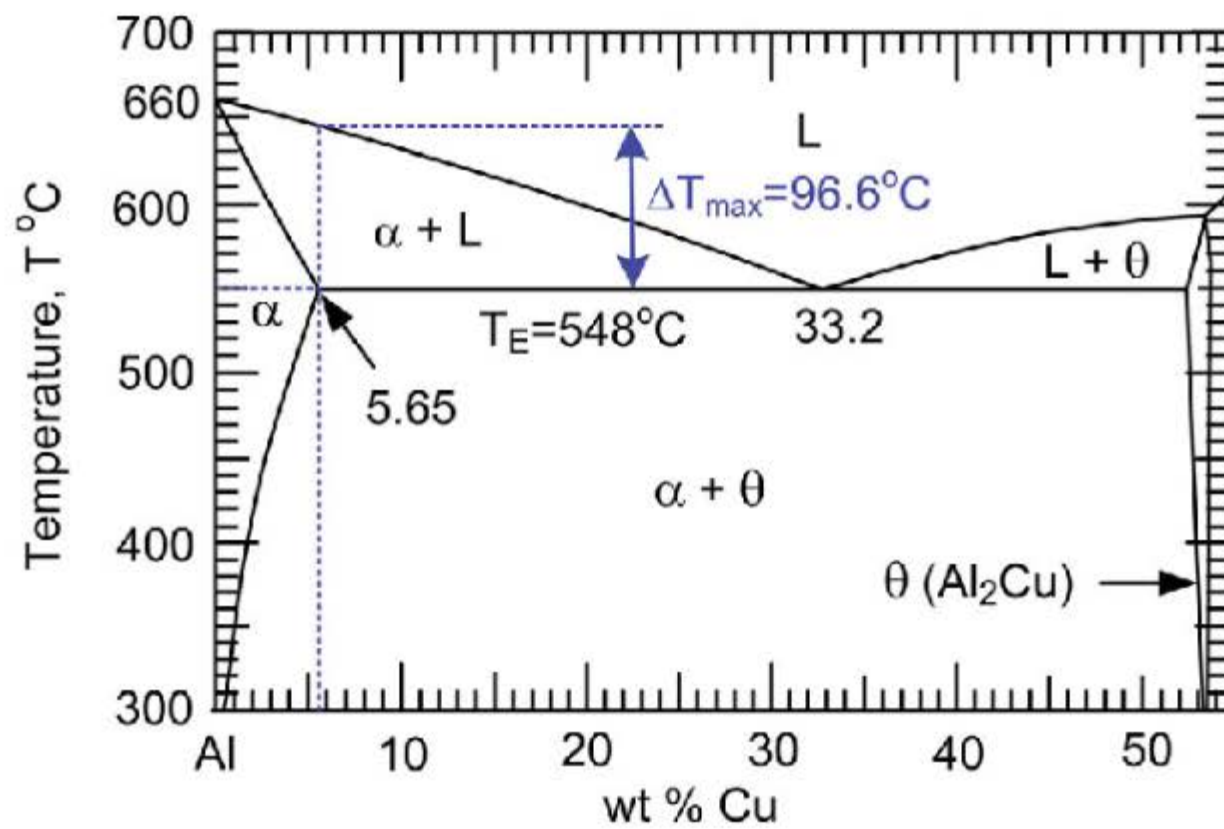
- ☐ PTFE (polytetrafluoretylen) som vi finner i teflon, har spesielt høyt smeltepunkt på grunn av sterke hydrogenbindinger.
- ☐ PE (polyetylen) har høyere smeltetemperatur enn PP (polypropylen) siden enklere molekyl pakkes lettere enn molekyl med sidegrupper.
- ☐ Plastiserer (plasticizer) kan tilsettes f.eks. PVC (polyvinylklorid) for å øke glasstransisjonstemperaturen.
- ☐ PVC (polyvinylklorid) har høyere smeltetemperatur enn PP (polypropylen) på grunn av sterkere dipolkrefter mellom molekylene

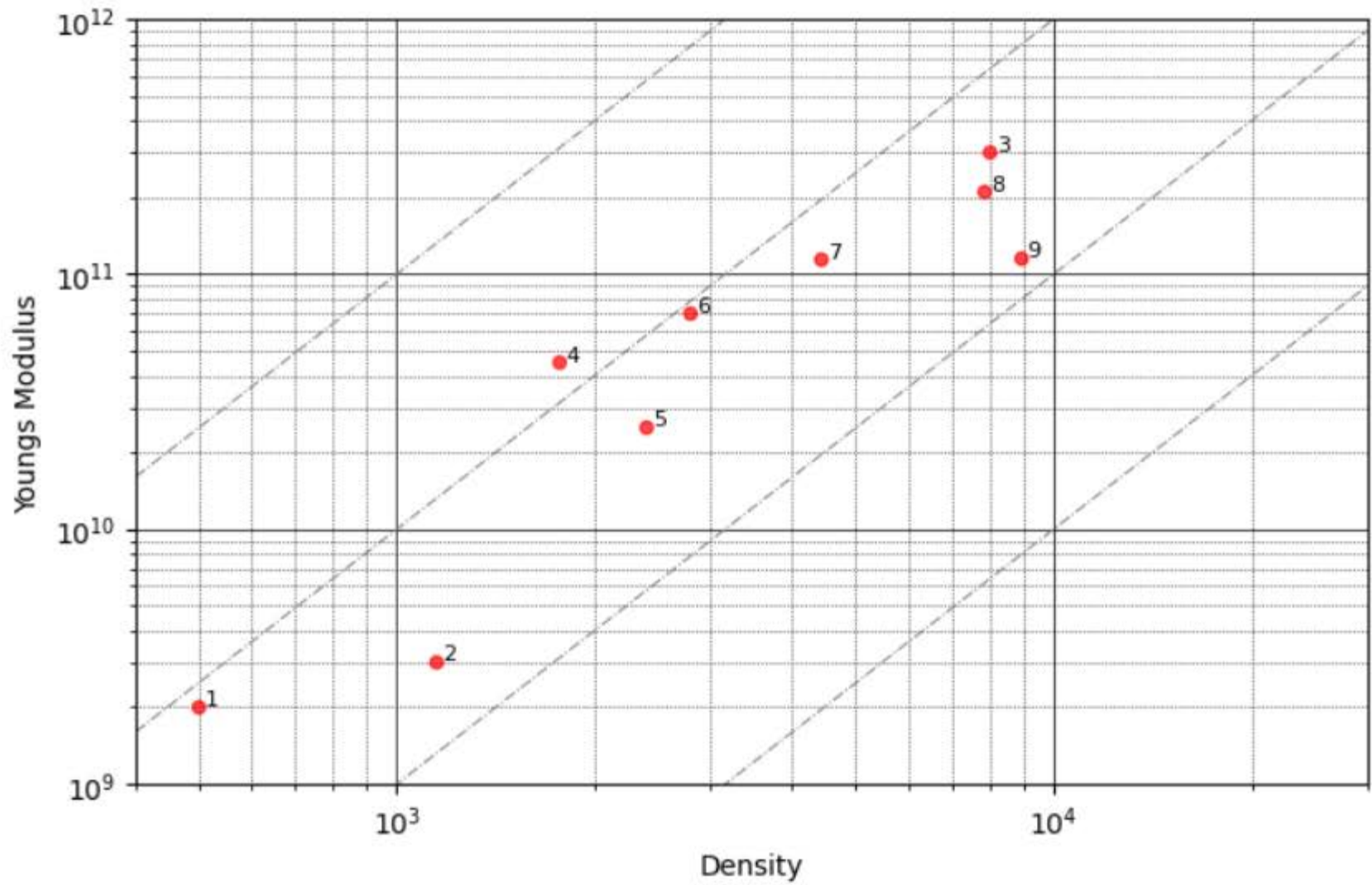
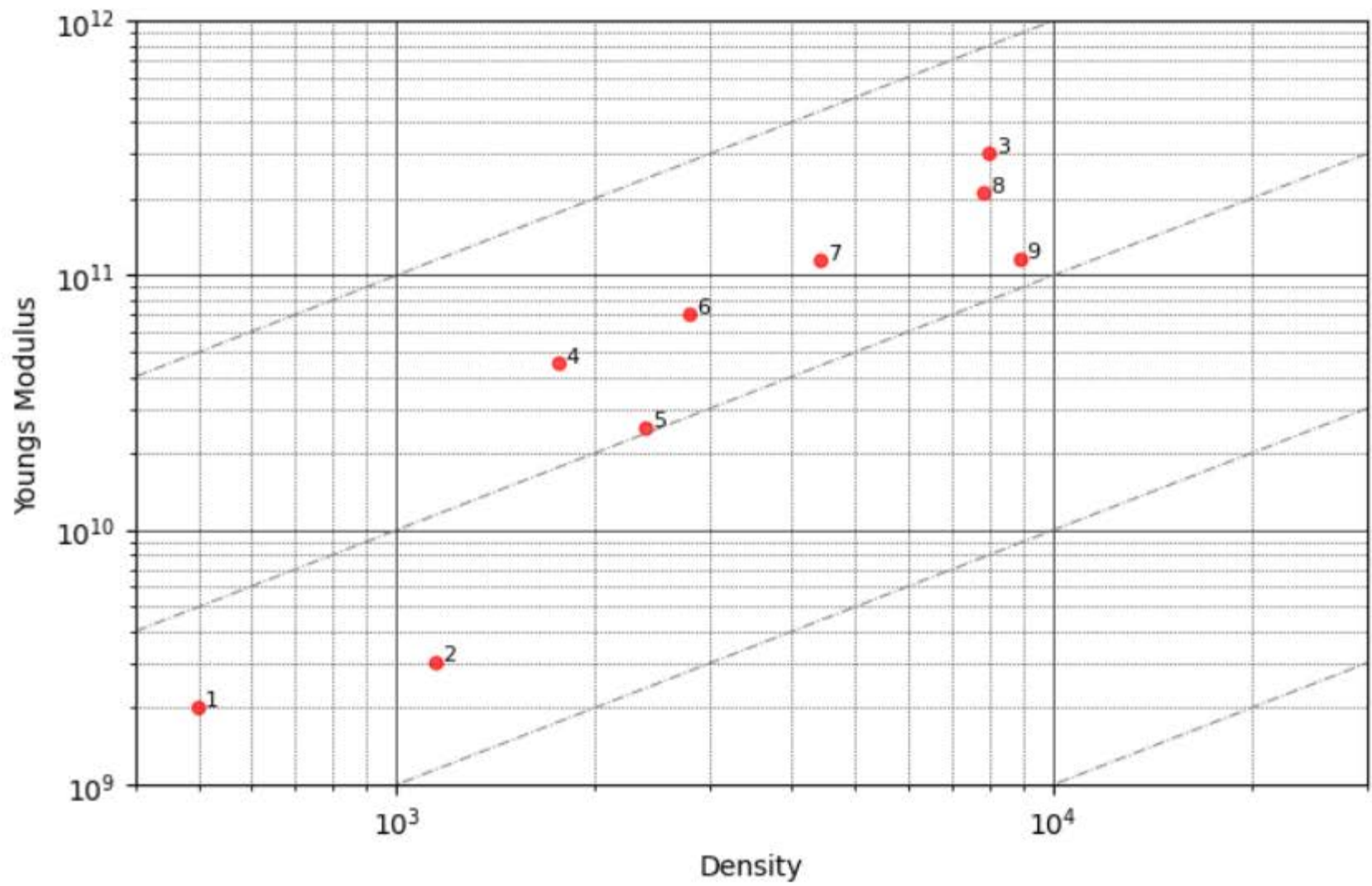
Maks poeng: 2 [Sjekk svar](#)

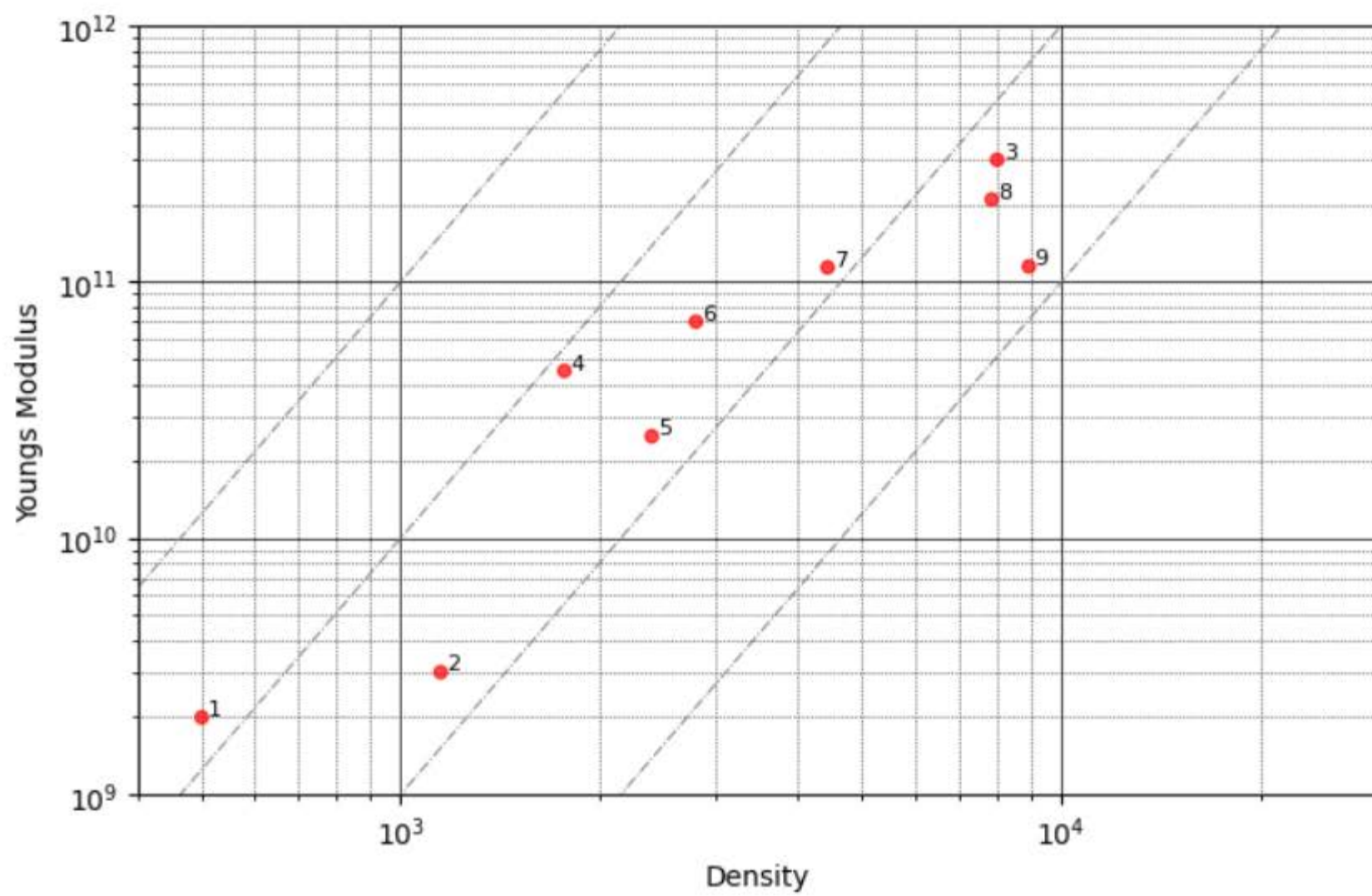
Vedlegg: Fasediagram



Vedlegg: Fasediagram







Vedlegg: Galvanisk serie

- Platinum
- Gold
- Graphite
- Titanium
- Silver
- 316 Stainless steel (passive)
- Inconel (passive)
- Nickel (passive)
- Monel
- Copper-nickel alloys
- Bronzes
- Copper
- Brasses
- Inconel (active)
- Nickel (active)
- Tin
- Lead
- 316 Stainless steel (active)
- Cast iron
- Iron and steel
- Aluminum alloys
- Cadmium
- Commercially pure aluminum
- Zinc
- Magnesium and magnesium alloys