

# Tentamen, TEN1

## Konstruktionsmaterial, TMKM86

### 2017-01-11, kl. 14-18

Tentamen omfattar fyra sidor, märkta 1-4. Kontrollera detta!

Tillåtna hjälpmedel: Programmerbar räknedosa.

Anvisningar: Svar lämnas på lösa blad. Endast en uppgift per blad. AID-nummer skrivs på samtliga lösa blad som lämnas in.

Jourhavande lärare: Mikael Segersäll, 013-281145, 0700-850697. Besöker salen cirka 15.30 på tentamensdagen.

Administratör: Ingmari Hallkvist, 013-281169

Tentamen består av fem stycken uppgifter om vardera 10 poäng, totalt 50 poäng.

Betygsgränser	0-21 poäng	U
	22-29 poäng	3
	30-39 poäng	4
	40-50 poäng	5

Linköping december 2016,  
Mikael Segersäll  
Avdelningen för Konstruktionsmaterial  
Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling (IEI)

För samtliga uppgifter gäller det att ett felaktigt resonemang eller tveksamheter kan leda till poängavdrag.

# 1 Mekaniska egenskaper och materialval

- a) Skissa en dragprovkurva för ett duktilt metalliskt material och visa i din skiss hur materialparametrarna sträckgräns, brottgräns, E-modul, brottförlängning och seghet kan erhållas från kurvan. Beskriv även med ord vad respektive parameter betyder. (5 poäng)

Se föreläsning 1 eller kursbok för skiss av dragprovkurvan.

Sträckgräns: ett materials motstånd mot plastisk deformation. Övergången mellan elastisk och plastisk deformation.

Brottgräns: den högsta spänningen på dragprovkurvan och den högsta spänning materialet kan klara av. Efter brottgränsen påbörjas midjebildning.

Brottförlängning: den plastiska förlängningen innan provstaven går i två bitar. Är ett mått på duktiliteten.

Seghet: arean under kurvan. Är ett mått på den energi materialet kan ta upp innan brott sker.

- b) Förutom metaller har materialgrupperna keramer, polymerer och kompositer tagits upp i kursen. Beskriv kortfattat typiska mekaniska egenskaper för dessa tre materialgrupper. (3 poäng)

Se kapitel 1-2 i kursbok.

Keramer: hög styrka men låg duktilitet. Ofta starkare i tryck jämfört med drag.

Polymerer: låg styrka jämfört med stål och generellt duktila.

Kompositer: hög styrka i förhållande till sin vikt.

- c) Antag att du ska föreslå ett lämpligt material till en behållare som ska transportera flytande kväve som har en temperatur på cirka  $-200^{\circ}\text{C}$ . Diskutera viktiga materialegenskaper som krävs för denna applikation samt vilka material som kan tänkas uppfylla dessa krav. (2 poäng)

Viktiga materialegenskaper för denna applikation är att materialet inte blir sprött vid låga temperaturer. Därmed är materialgruppen polymerer inte lämplig. Vad gäller metalliska material finns det material som påverkas av låga temperaturer, t.ex. material med BCC-struktur, och material som inte påverkas lika mycket, t.ex. material med FCC-struktur. Ett material som skulle kunna vara aktuellt är en aluminiumlegering då aluminium har FCC-struktur och även har relativt hög styrka vilket även är viktigt för applikationen. Se kapitel 6-10 i kursbok.

## 2 Stål

- a) Jämför stål och gjutjärn utifrån deras kemiska sammansättning och mikrostruktur samt diskutera den resulterande skillnaden mellan grupperna vad gäller draghållfasthet och duktilitet. (3 poäng)

Se föreläsning 7 och kapitel 13 i kursbok. Både stål och gjutjärn är legeringar mellan järn och kol. Skillnaden är att kolhalten är högre hos gjutjärn, ofta 2-4 %. Vidare brukar gjutjärn även innehålla kisel som legeringsämne. De flesta gjutjärn innehåller grafit vilket stål innehåller. Grafit är sprött vilket leder till många gjutjärn är spröda i förhållande till stål. Både draghållfasthet och duktilitet är lägre hos gjutjärn än hos stål på grund av den spröda grafiten.

- b) Rostfria stål blir rostfria tack vare ett speciellt legeringselement, vilket? Förklara dessutom vad det är som händer i materialet för att korrosion förhindras. (3 poäng)

Krom. Krom reagerar med syre och bildar ett tunt passivt lager med kromoxid vilket skyddar mot ytterligare korrosion. Vid eventuella repor i kromoxidskiktet kan ett nytt skikt bildas relativt snabbt. Se kapitel 13-10 i kursbok

- c) Perlit är en strukturbeståndsdel i stål som består av faserna ferrit ( $\alpha$ ) och cementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Man säger ofta att perliten är en lamellstruktur, visa med en skiss vad som menas med detta. Vidare påverkar lamellavståndet stålets mekaniska egenskaper, på vilket sätt? Beskriv sedan även hur man genom värmebehandling kan påverka lamellavståndet. (4 poäng)

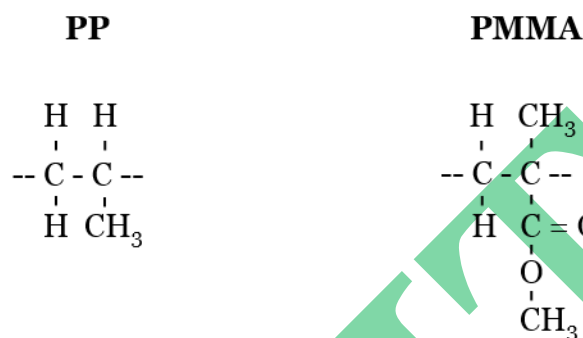
Se figur 12-15 i kursbok för en principskiss av perlit. Mindre lamellavstånd leder till en högre hållfasthet. Om man kyler ett stål från austenitområdet till perlitområdet sker en fasomvandling från austenit till perlit. Detta sker genom diffusion. Vid snabb nedkyllning hinner atomerna inte diffundera lika långa sträckor

## 3 Polymerer

- a) Tre huvudgrupper av polymera material har tagits upp i kursen. Beskriv skillnaden i egenskaper på dessa grupper utifrån deras inre struktur och bindningar. (6 poäng)

Se föreläsning 9 och kursbok kapitel 16.

- b) Polypropen (PP) och polymetylmetaakrylat (PMMA) är två vanliga termoplaster. PP används bland annat till plastthinkar medan PMMA, som kanske är mer känd som Plexiglas<sup>®</sup>, ofta används som ett alternativ till glas. Till exempel är det yttre höljet i många billyktor gjorda av PMMA. Figur 1 visar hur molekykedjestrukturen ser ut för PP respektive PMMA. Diskutera utifrån denna bild hur egenskaper som E-modul och glasomvandlingstemperatur påverkas av molekykedjestrukturen. (4 poäng).



Figur 1. Molekykedjestrukturer för termoplasterna PP och PMMA.

Se föreläsning 9 och kapitel 16 i kursbok. Stora sidogrupper (som i detta fall  $\text{CH}_3$  och  $\text{CH}_3+\text{O}+\text{CH}_3$  grupperna) leder till att molekykedjan får svårt att veckla ut sig och rotera. Stora sidogrupper hakar lätt i varandra och försvårar deformation av polymeren. Att kedjan kan veckla ut sig och rotera är mycket viktigt för E-modul och  $T_g$  vilket därmed leder till att en stor sidogrupp ofta resulterar i högre E-modul och  $T_g$ .

## 4 Kristallfel och härdningsmekanismer

- a) De flesta metalliska material har en ordnad kristallstruktur, det vill säga att atomerna sitter i ett ordnat mönster. Två typer av kristallstrukturer är kubisk rymdcentrerad (BCC) och kubisk ytcentrerad (FCC) struktur. Skissa dessa två strukturer och beskriv även kortfattat vad som menas med begreppen tätpackad riktning/plan. (3 poäng)

Se figur 3-7 i kursbok för skiss av FCC och BCC. En tätpackad riktning är en riktning där det finns atomer "hela sträckan". Ett tätpackat plan är ett plan där packningstätheten i planet är högre än ett visst värde.

- b) Vilken/vilka av BCC och FCC har tätpackade plan/riktningar? Beskriv även hur detta påverkar möjligheten till dislokationsrörelse i strukturen. (3 poäng)

För BCC är det  $\langle 111 \rangle$ -riktningarna och för FCC  $\langle 110 \rangle$ -riktningarna som är tätpackade. I en BCC-struktur finns inga tätpackade plan medan det är

{111}-planet som är tätpackat i FCC. Dislokationer glider helst i ett tätpackad plan längs en tätpackad riktning, så kallat glidsystem. Då BCC inte har några tätpackade riktningar försvårar detta för dislokationsrörelse i denna struktur. Hos FCC finns som sagt både tätpackat plan och riktning vilket leder till förenklad dislokationsrörelse. Detta är en av anledningarna till att FCC-strukturer är lätta att bearbeta då de visar god duktilitet tack vara sin FCC-struktur.

- c) Även om metaller ofta har en ordnad struktur finns det "fel" i strukturen, så kallade kristallfel. Nämn fyra typer av kristallfel och koppla var och en av dessa till en härdningsmekanism som kristallfelet ger upphov till. För full poäng krävs även en förklaring av respektive härdningsmekanism (4 poäng)

Punktfel: lösningshärdning.

Linjefel: deformationshärdning.

Ytfelet: korngränshärdning.

Volymfel: utskiljningshärdning.

Se föreläsningar och kursbok för förklaringar av respektive härdningsmekanism.

## 5 Diffusion och korrosion

- a) Med diffusion menas en orienterad förflyttning av atomer och att detta sker kan användas som ett kraftfullt verktyg inom materialtekniken. Välj en process där diffusion används för att förändra ett materials egenskaper och beskriv detaljerat hur detta går till samt hur egenskaperna påverkas. (3 poäng)

T.ex. sätthärdning, utskiljningshärdning, åldring eller anlöpning. Se föreläsningar och kursbok för detaljerade beskrivningar av dessa.

- b) Två typer av diffusionsmekanismer har tagits upp i kursen, vilka? Beskriv även skillnaden på dessa två mekanismer. (2 poäng)

Interstitiell och vakansdiffusion. Se föreläsning 4 och kapitel 5-3 i kursboken för beskrivningar av dessa två mekanismer.

- c) Beskriv vad som menas med begreppet korrosion. Diskutera även vilka materialgrupper som är känsliga för detta och varför. (2 poäng)

Korrosion betyder nedbrytning av material. De flesta material kan brytas ner på något sätt. Polymerer är känsliga för kemisk korrosion genom att till exempel UV-ljus bryter ner molekylkedjorna. I metaller finns metallbindningar och dessa kan "transportera" elektroner. Detta leder till

att elektrokemisk korrosion kan drabba metaller.

- d) Förklara, gärna genom att skissa en bild, vad som krävs för att ett material ska angripas av elektrokemisk korrosion. (3 poäng)

Se kapitel 23-2 och föreläsning 10.

FACIT