

# Tentamen, TEN1

## Konstruktionsmaterial, TMKM86

### 2018-01-12, kl. 8-12

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

Tillåtna hjälpmedel: Miniräknare. Formelsamling finns på sista sidan.

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

Jourhavande lärare: Mattias Calmunger, 013-281197.

Administratör: Ingmari Hallkvist, 013-281169.

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

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

Linköping december 2017,

Mattias Calmunger  
Avdelningen för Konstruktionsmaterial  
Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling (IEI)

Notera att detta dokument endast ger förslag på hur uppgifterna kan besvaras. För samtliga uppgifter gäller det att om ett svar innehåller ett felaktigt resonemang eller tveksamheter kan det leda till poängavdrag.

# 1 Materialgrupper

Beskriv typiska mikrostrukturer, egenskaper och användningsområden för materialgrupperna

Se kapitel 1-2 i kursboken.

- a) stål. (2 poäng)

Stål: Se föreläsning 7. Materialet är typiskt kristallint, med olika faser och kristallstrukturer, t.ex. ferrit respektive body centered cubic (BCC), samt att det ofta är polykristallint dvs. mikrostrukturen består av flera korn och korngränser. Stål har hög styrka och relativt god duktilitet. Stål används typiskt till balkar, dvs. produkter som ska ha hög styrka.

- b) polymerer. (2 poäng)

Polymerer: Se föreläsning 9. Materialet är typiskt uppbyggt av molekyllängdskedjor som består av monomerer. Typiskt är polymerer billiga samt lätta att forma men de har låg styrka jämfört med stål och är generellt duktila. Polymerer används typiskt till förpackningar, dvs. produkter som är billiga och där kravet på styrka är relativt låg.

- c) kompositer. (2 poäng)

Kompositer: Se föreläsning 9. Materialet är typiskt en kombination av två olika material, ett matrismaterial och ett förstärkande material. Typiskt har kompositer hög styrka i förhållande till sin vikt men är ofta dyra. Kompositer används typiskt till sportartiklar, dvs. produkter som ska vara lätta med styva.

- d) keramer. (2 poäng)

Keramer: Se kapitel 1-2 i kursboken. Materialet är definierat som ett oorganiskt och ickemetalliskt material. Det består ofta av pulver som gjuts till olika former. Keramer har typiskt hög styrka, särskilt i tryck, men låg duktilitet samt hög värmetålighet. Keramer används typiskt som isolatorer, dvs. produkter som leder värme och elektricitet dåligt.

- e) gjutjärn. (2 poäng)

Gjutjärn: Se föreläsning 8. Materialet är typiskt kristallint, med olika strukturbeståndsdelar så som tex. ferrit, perlit och grafitmoduler. Gjutjärn har typiskt god gjutbarhet, stor sprödhet, högre styrka i tryck än i drag samt är ofta billigt.

# 2 Atombindningar och kristallfel

- a) Ange samt rangordna de fyra olika atombindningar, som tas upp i kursen, efter deras styrka och beskriv på vilket sätt bindningens styrka påverkar egenskaper som till exempel styvhet, smältemperatur och värmeutvidgningskoefficient. (4 poäng)

Kapitel 2-5 i kursboken samt föreläsning 2.

Jonbindningar (starkast) – Bildas mellan två atomer då den ena atomen (metall, t.ex. Na) lämnar sina valenselektroner till den andra (icke-metall, t.ex. Cl).

Jonbindningen är en stark bindning tack vare den starka attraktionskraften mellan jonerna. Material med jonbindningar är ofta hårda men spröda, t.ex. keramer.

Kovalenta bindningar (näst starkast) – Bildas då valenselektroner delas mellan två eller flera atomer. Kovalenta bindningar är starka och riktade. Material med kovalenta bindningar är typiskt hårda, spröda och smälter vid mycket hög temperatur, t.ex. kisel.

Metallbindningar (näst svagast) – Uppkommer mellan metallatomer som har låg elektronegativitet. Elektrostatiska attraktionskrafter mellan de positivt laddade metalljonerna och det negativt laddade elektronmolnet. Relativt starka bindningar med rörliga valenselektroner. De rörliga valenselektronerna möjliggör ledning av elektricitet och värme. Metaller har ofta hög smälttemperatur samt är starka och duktila.

Van der Waals bindningar (svagast) – Svaga bindningar som uppstår mellan atomer/molekyler med elektriska dipoler. Verkar ofta som sekundära bindningar mellan molekykedjor i termoplaster och har en stor betydelse för termoplasternas mekaniska och termiska egenskaper.

Styvhet är kopplad till E-modulen: Atombindningar kan förenklat ses som en fjäder med konstant E. Bindningslängden (avståndet mellan atomerna) påverkas av en pålagd kraft, vilken resulterar i en elastisk töjning. Elastisk återhämtning förklaras av de växelverkande atomkrafterna. Starkare bindningar innebär svårare elastisk deformation ger högre E-modul.

Utvidgningskoefficienten påverkas av bindningsstyrkan, ju starkare bindning desto mindre utvidgar sig materialet vid förhöjd temperatur. Samma förhållande gäller för smälttemperaturen.

- b) Diskutera på vilket sätt ett metalliskt materials mekaniska egenskaper kan påverkas av kristallfel. (3 poäng)

Kapitel 4-1, 4-3 – 4, 4-6 – 8 och 8-1 – 5 i kursboken samt föreläsning 3.

Kristallfel så som, punktfel (vakanser, interstitiella och substitutionella atomer), linjefel (dislokationer), ytfel (korngränser) och volymfel (utskiljningar), påverkar alla metalliska materials mekaniska egenskaper på olika sätt. Punktfel: lösningshärdning kommer av att okända atomer löses in i metallgittret vilket skapar spänningar som stärker materialet men gör det också mindre duktilt. Linjefel: dislokationer är till stor del en förutsättning för plastisk deformation i ett metalliskt material, genom dislokationer fås duktilitet men också genom att öka mängden dislokationer kan styrkas ökas då dessa får det svårare att röra på sig. Ytfel: korngränser skapar hinder för dislokationsrörelser vilket ger ett starkare men mindre duktilt material. Volymfel: utskiljningar kan påverka materialet på likande sätt som korngränser, dvs. försvåra dislokationernas rörlighet som resulterar i ett starkare men mindre duktilt material.

- c) Ge ett exempel på ett punktfel, ytfel respektive volymfel. (3 poäng)

Exempel på:

Punktfejl – vakanser, vilket innebär att en gitterpunkt saknar atom. Interstitiella atomer ligger på platser utanför gitterpunkterna. Substitutionella atomer betyder att en atom har byts ut från sin gitterplats mot ett annat atomslag.

Ytfejl – korngränser, vilket innebär den yta som skapas där två kristaller/korn med olika riktningar möts.

Volymfejl – utskiljningar, vilket innebär partiklar av en sekundär fas som bildas i materialet.

### 3 Diffusion och stelning

- a) Beskriv vad som menas med begreppet diffusion inom materialtekniken. (1 poäng)

Kapitel 5 i kursboken samt föreläsning 4.

Diffusion är en orienterad förflyttning av atomer/joner i ett material.

- b) Ett stål med kolhalten 0,15% ska uppkolas i en gasugn med kolrikt medium vid 950 °C. Kolhalten vid ytan är 1,5 %. Beräkna tiden som krävs för att uppnå kolhalten 0,5 % vid 1,5 mm djup. (5 poäng)

Tiden som krävs blir ca 8 timmar. Eftersom kolhalten är 0,15% och temperaturen vid diffusion är 950 °C (1223 K) kommer stålet ha FCC struktur (föreläsning 7 och laboration 1). Redovisning av lösningsgång krävs för full poäng.

- a) Vid stelning av metallsmältor kan kärnbildning ske på två olika sätt, vilka? Vilken kräver störst underkyllning och varför? Beskriv även skillnaden på dessa två. (4 poäng)

Kapitel 9-2 i kursboken och föreläsning 4.

Homogen kärnbildning: sker direkt ur smältan och kräver stor underkyllning.

Heterogen kärnbildning: sker på befintliga ytor och kräver mindre underkyllning.

Skillnaden i behovet av underkyllning beror på att vid heterogen kärnbildning blir den kritiska radien mindre då kärnbildningen sker på en befintlig yta, se figur 9-2 i kursboken.

### 4 Stål och lättmetaller

- a) Stål är en materialgrupp med järn, kol och eventuellt andra legeringsämnen, Sfäroidiserad perlit, lamellär perlit, bainit och anlöpt martensit är fyra olika mikrostrukturer som kan erhållas från värmebehandling av ett eutektoidiskt stål. Beskriv de fyra olika mikrostrukturerna och hur ange hur de kan erhållas. (8 poäng)

Kapitel 12-8 – 12-10 i kursboken samt föreläsning 7.

**Sfäroidiserad perlit:** Sfäroidiserad perlit erhålls då stålet värms upp i en temperatur ca 30 °C lägre än eutektoidiska temperaturen (A1) och hålls där under en längre tid, flera timmar. Mikrostrukturen består av stora sfäriska cementit partiklar i en ferritisk-matrix. Se figur 13-5 i kursboken.

**Lamellär perlit:** Lamellär perlit erhålls då stålet tillåts kyla ner långsamt från austenitområdet. Mikrostrukturen består av ferrit och cementit staplade om vartannat, vilket ger den lamellära strukturen. Se figur 12-15 i kursboken.

**Bainit:** Bainit erhålls då stålet kyls relativt snabbt ner från austenitområdet. Mikrostrukturen består av rundare och grövre cementit jämfört med perlit. Se figur 13-2 i kursboken.

**Anlöp martensit:** Anlöp martensit erhålls när stålet efter att det har snabbkylts från austenitområdet (martensit bildas), värms upp till temperaturer under den eutektoidiska temperaturen. Mikrostrukturen består av en blandning av tunn och nästan rund cementit i en ferrit-matrix. Se figur 13-2 i kursboken.

- b) Till gruppen lätta metalliska material räknas till exempel aluminium, titan och magnesiumlegeringar. Rent aluminium är ett relativt svagt material men genom att legera och värmebehandla aluminiumet kan mycket hög styrka erhållas. Motivera detta utifrån rådande härdningsmekanismer. (2 poäng)

Genom att åldra materialet kan partiklar utskiljas vilket ger utskiljningshärdning, där partiklarna försvårar dislokationernas rörelser och höjer därför spänningen som behövs för att plastiskt deformera materialet ytterligare. För att utskiljningshärdning ska fungera måste en övermättad enfase kunna erhållas så att de övermättade atomerna kan diffundera ut och bilda partiklar i matrisen med tiden och ofta vid förhöjd temperatur.

Åldring söktes men lösningshärdning ger delpoäng.

## 5 Polymerer och korrosion

- b) Polymerer brukar delas in i tre huvudgrupper, vilka? Beskriv även skillnaden mellan dessa i inre struktur och egenskaper. (4 poäng)

Kapitel 16 i kursboken samt föreläsning 9.

**Termoplaster:** dessa polymerer har amorf eller del-kristallin struktur samt svaga Van der Waals bindningar mellan molekylkedjorna. Termoplaster kan smälta och kan lätt formas.

**Härdplaster:** dessa polymerer har täta, starka kovalenta tvärbindingar mellan kedjorna vilket gör dem mindre rörliga. De är starkare men sprödare än termoplaster samt kan ej smältas utan brinner upp.

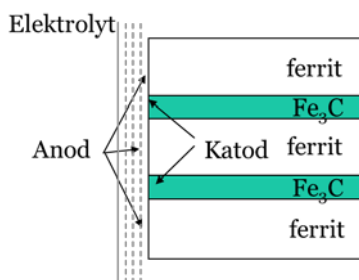
**Elastomerer:** dessa polymerer har tvärbindingar mellan molekylkedjorna men mycket mer glesare än hos härdplasterna. Kedjorna är dessutom upplindade som spiraler och klarar därför stor elastiskt deformation.

- c) Antag att du arbetar på ett företag som bland annat konstruerar detaljer genom att svetsa samman kalldeformerade stålplåtar. Dessa detaljer skulle kunna påverkas av korrosion och du har fått i uppdrag att utreda detta. Sammanfatta de möjliga typer av elektrokemiska angrepp som detaljen skulle kunna utsättas för. (2 poäng)

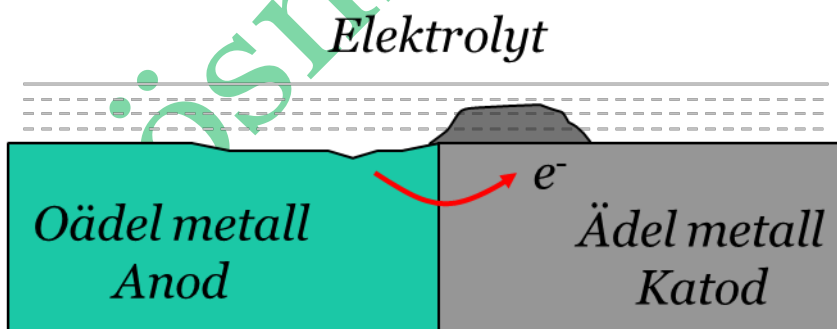
Se kapitel 23-2 och föreläsning 10.

- d) Elektrokemisk korrosion kan ske både på mikro- och makronivå. Ge ett exempel för respektive fall och beskriv varför materialet bryts ner. (4 poäng)

Mikrogalvaniska celler: T.ex. vid ytan (elektrolyt) av ett perlitiskt stål, bestående av ferrit och cementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) med lamellär struktur, där agerar cementiten katod och ferriten anod enligt skillnaden i elektropotentialen och således kommer elektroner/material flyttas från ferriten till cementiten.



Makrogalvaniska celler: T.ex. en oädel metall används som skruv i en ädlare metall, då kommer skruven korrodera och behöver bytas ut efter ett tag. Korrosion uppstår då metaller med olika potential sammankopplas. Större katodytor ökar korrosionshastigheten.



## Formelsamling

### Diffusion

$$J = -D \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

$$\frac{c_s - c_x}{c_s - c_0} = \operatorname{erf} \left[ \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right]$$

$$D = D_0 \cdot e^{-\frac{Q}{RT}}$$

$$R = 8,314 \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$$

Diffusionssystem	Q (J/mol)	D <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> /s)
C i FCC-Fe	137700	2,3x10 <sup>-5</sup>
C i BCC-Fe	87500	1,1x10 <sup>-6</sup>
Fe i FCC-Fe	279200	6,5x10 <sup>-5</sup>
Fe i BCC-Fe	246550	4,1x10 <sup>-4</sup>

