

# VAD ÄR PIR:S PLASTSKOLA?

Föreliggande häfte är en sammanställning av de femton avsnitt som publicerats i tidskriften *Plastforum*.

Plastskolan är tänkt att vara ett underlag för dem som själva eller i grupp vill öka sitt kunnande inom plastområdet. Målgrupp är alla som på något sätt kan vara intresserade att skaffa sig en bred och översiktlig kunskap om plastmaterial och plastbranschen i övrigt.

Plastskolan kan med fördel användas både i grundskolan och gymnasieskolan under förutsättning att de olika stadierna behandlar underlaget olika djupt. Vidare är *Plastskolan* lämplig som komplement vid en rad olika högskolelinjer där önskemål finns om en översiktlig branschinformation.

Dessutom är *Plastskolan* lämplig som introduktion för nyanställda inom plastindustrin.

Anderstorp den 3 november 1997

*Olof Krugloff*

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

### AVSNITTEN I PLASTSKOLAN

- 1 Plast – Vår tids viktigaste material (PF 6/95, sid 46)
- 2 Plasterna och dess släktingar (PF 7-8/95, sid 36)
- 3 Härdplastfamiljen (PF 9/95, sid 70)
- 4 Termoplaster 1: Våra vanligaste termoplaster (PF 10/95, sid 14)
- 5 Termoplaster 2: Stickprov ur bred flora (PF 11/95, sid 15)
- 6 Rik egenskapsflora hos plasterna (PF 12/95, sid 34)
- 7 Viktigt när man konstruerar plastdetaljer: Följ checklista och arbeta systematiskt (PF 1-2/96, sid 46)
- 8 Översikt av bearbetningsmetoder (PF 3/96, sid 60)
- 9 Formsprutning och strängsprutning (PF 4/96 sid 37)
- 10 Fogning, ytbehandling och mekanisk bearbetning (PF 5/96, sid 51)
- 11 ISO 9000 - ett första steg mot ständigt förbättrad kvalitet (PF 6/96, sid 43)
- 12 Fokusera på kundkraven (PF 7-8/96, sid 43)
- 13 Kalkylering för egenskaper och pris (PF 9/96, sid 43)
- 14 Miljö och återvinning (PF 10/96, sid 64)
- 15 Framtid för leverantörer: Samarbete, kvalitetssatsning och internationalisering (PF 11/96, sid 59)



## FÖRKORTNINGAR & BENÄMNINGAR FÖR

# DE VANLIGASTE PLASTMATERIALEN

PE . . . . .etenplast

PE-HD . . .PE, hög densitet

PE-LD . . .PE, låg densitet

PE-LLD . .PE, linjär och låg densitet

PE-MD . .PE, Medeldensitet, mindre vanlig än tidigare

PP . . . . .propenplast

PP-B . . . .propenplast, blockpolymeriserat, även pp sampolymer

PP-H . . . .propenplast, även pp homopolymer

PS . . . . .styrenplast

SB . . . . .styrenbutadienplast, även slagsegmodifierad ps

SAN . . . . .styren-akrylnitrilsampolymer

ABS . . . . .akrylnitril-butadien-styrensampolymer

PVC . . . . .vynylkloridplast

E-PVC . . .emulsions - PVC

S-PVC . . .suspensions - PVC

PVC-P . . .PVC, mjuka typer med mjukgörare (P=plasticerare)

PVC-U . . .PVC, styva typer utan mjukgörare

PMMA . . .polymetylmetakrylat, känt handelsnamn: Plexiglas

CA . . . . .cellulosaacetat (cellulosa- diacetat resp triacetat

CAB . . . . .cellulosaacetatbutyrat

CP . . . . .cellulosapropionat

PA . . . . .amidplast

PA 46 . . .amidplast typ polytrametylen-adipamid

PA 6 . . . .amidplast av caprolactam

PA 66 . . .amidplast av hexametylendiamin och adipinsyra

PA 610 . .amidplast av hexametylendiamin och sebacinsyra

PA 11 . . .amidplast av 11 aminoundecansyra

PA 12 . . .amidplast av dodekansyra

POM . . . . .oxymetylenplast, även formaldehydplast, av acetal plast

POM hom POM, homopolymeriserat

POM sam POM, sampolymeriserat

PBT . . . . .butentereftalatplast, tidigare även PBTB

PET . . . . .etentereftalatplast, tidigare även PETB

PET - A . . .PET, amorf typ, även APET

PET - C . . .PET, delkristallin typ, även CPET

PET - G . . .PET, amorf, glykolmodifierad typ

PC . . . . .karbonatplast

## FÖRKORTNINGAR & BENÄMNINGAR

# FÖR TERMOPLASTISKA ELASTER

TPE . . . . .termoplastisk elast

TPE-A . . .termoplastisk blockamidplast, även PEBA, tidigare TPE

TPE-E . . .termoplastisk copolyesterelast, även TEE, tidigare TPE

TPE-O . . .termoplastisk olefinelast, även TPO

TPE-S . . .styrensampolymerelast, tidigare TPE

TPE-U . . .termoplastisk uretanelast, även TPU

TP-NR . . .termoplastisk naturgummi

Översikt över huvudgrupperna – enligt tidigare vedertaget bruk:

TPE . . . . .termoplastisk elast

TPE . . . . .amidplast - blockamidplast, även PEBA

TPE . . . . .esterelast - copolymerelast

TPE . . . . .styrenbaserad elast - styrensampolymeriserat

TPO . . . . .olefinelast TPU uretanelast

Även följande material och beteckningar förekommer:

S/B/S . . .styren/butadien/styrenblocksampolymer

S/EB/S . .styren/eten-butylen/styrenblocksampolymer

## FÖRKORTNINGAR FÖR

# HÄRDPLASTER

PF . . .fenol-formaldehydplast

UF . . .urea-formaldehydplast, även aminoplast

MF . . .melamin-formaldehydplast

UP . . .omättad esterplast, även oegentligt AP, från armerad plast

EP . . .epoxiplast, även oegentligt AP, från armerad plast

Si . . .silikonplast, kan även betyda beteckning för Si - elast

PUR . . .uretan, samlingsbeteckning för uretanbaserade material

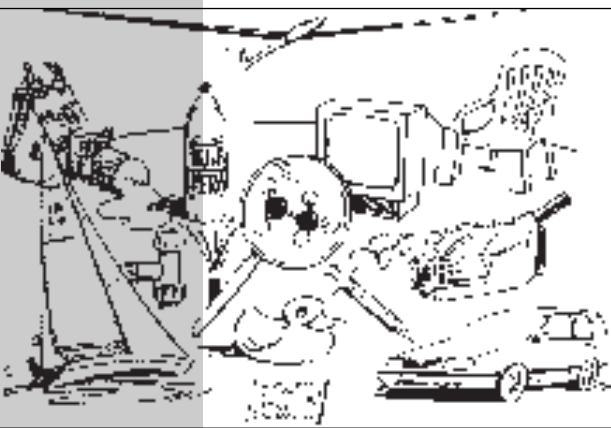
# PLAST

## Vår tids viktigaste material

Här är första avsnittet av *Plastskolan*. Det presenterar plaster som familjebegrepp, plasters allmänna egenskaper och grundläggande sammansättning. Vidare behandlas begreppen monomer och polymer samt olika typer av polymerer.

Plastskolan är tänkt som en lättläst introduktion för alla som behöver grundläggande kunskaper om plaster och plastbearbetning.

Den som följer Plastskolans samtliga avsnitt och deltar i en enkel *brevkurs* får efter kursens avslutning ett *diplom* som bevis på sina dokumenterade grundkunskaper om plast.



Ordet "plast" framkallar olika associationer hos olika personer och deras uppfattning om plast är därför också olika. Värdeskalen sträcker sig från uselt, skräp och känslomässigt motbjudande till excellent, "high tech" och överväldigande.

För några år sedan genomfördes i Sverige en undersökning av attityderna till plast inom grundskolan och gymnasiet. De spontana *negativa* associationerna var miljöförstöring, plastpåsar som skräpar ned i naturen och onödiga engångsgrejor. Vid bearbetningen av undersökningsmaterialet delade man med ledning av svaren in de upplevda nackdelarna i kategorierna; "miljöaspekt", "hälsorisk", "slöseri", "onaturligt", "låg status", "bristande hållfasthet" och "olja som råvara".

De spontana *positiva* associationerna samlades i kategorierna; "praktiskt/användbart", "formbart", "hållbart", "billigt", "unik" och "nedbrytbart".

### Stor materialgrupp

Det breda värdespektrum som hänger samman med plast beror delvis på en alldeles för schablonartad uppfattning om vad ordet innebär. "Plast" är nämligen inte namnet på ett enda material utan på en

mycket stor familj av material med de mest skilda, ofta rent skräddarsydda, egenskaper.

Frågan "Vad anser du om plast?" bör därför undvikas. I stället bör man fråga; "Vad anser du om den eller den plasten eller den eller den kategorin av plaster?"

### Brett användningsområde

Olika plaster har funnit användning inom en rad skiftande områden och i dag utgör plasterna tillsammans en av de allra största materialgrupperna för teknisk användning. Det finns hundratals, kanske tusentals, plaster medan det bara finns vardera några tiotal trä- eller metallmaterial.

Om man ser till antalet tillverkade artiklar är byggnadsindustrin och förpackningsindustrin de största köparna av plastbearbetarnas produkter. Andra stora avnämare är fordonsindustrin, elkraftindustrin och elektronikindustrin. Medicinsk teknik är också ett stort avnämingsområde.

### Viktiga egenskaper

Jämfört med t ex trä och metall har plasterna bl a följande viktiga egenskapsmässiga fördelar:

- Enkla att forma och masstillverka till komplicerade detaljer
- Låg densitet = de är lätta
- God korrosionsbeständighet
- Bra elektriska isolationsegenskaper
- Hög värmeisolerande effekt
- Goda ljud- och svängningsdämpande egenskaper
- Lätta att kombinera till material med "skräddarsydda" egenskaper

Plasterna har emellertid också nackdelar:

- Formförändring vid belastning
- Stor värmeutvidgning
- Dålig värmebeständighet
- Olika plaster har olika kemikalieresistens

### Kräver kunskap

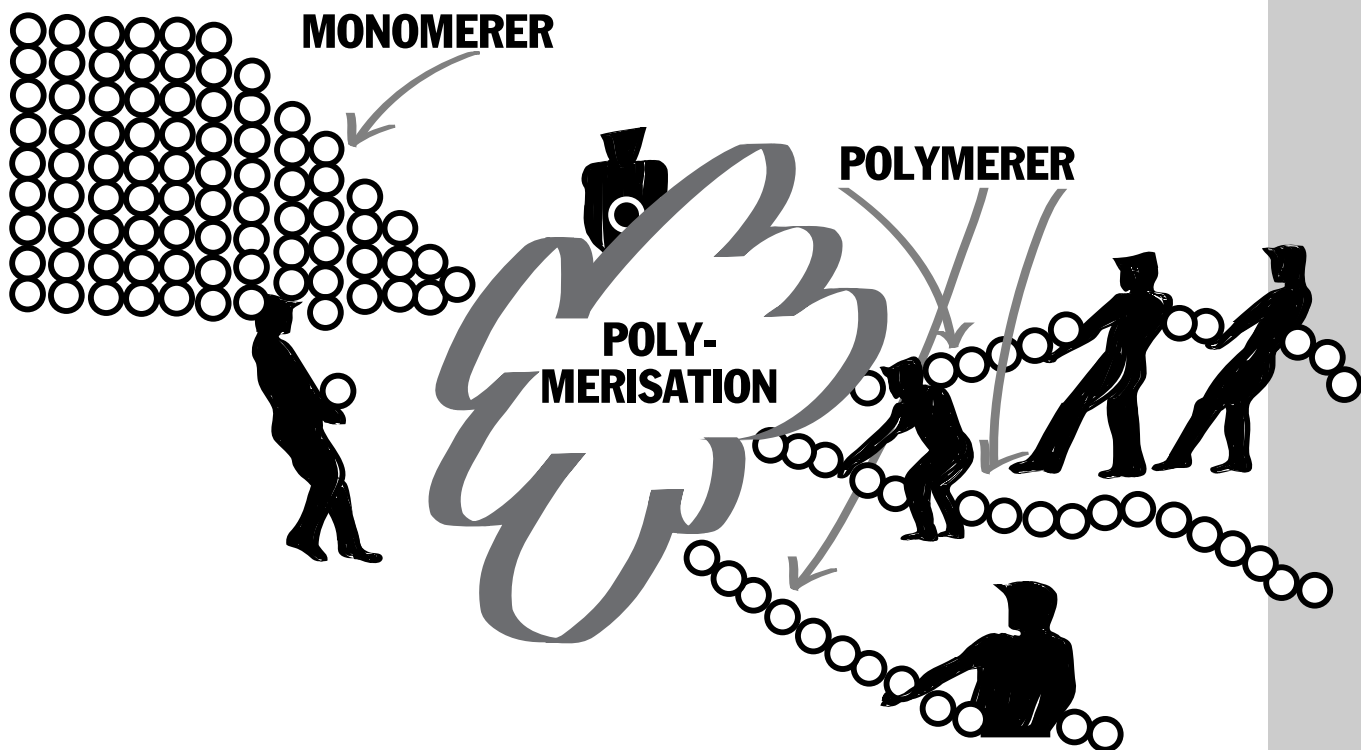
Vilka egenskaper som är till fördel och vilka som är till nackdel i en viss situation bestäms av bl a vilken produkt det gäller, hur den skall utnyttjas, i vilken miljö den skall fungera och hur länge den skall kunna användas. Det krävs därför speciella kunskaper och färdigheter för att välja plast, konstruera i plast och bearbeta plastråvaror till färdiga detaljer. Tyvärr är verkstadstekniskt inriktad kunskap när det gäller konstruktion av detaljer i plast starkt eftersatt i Sverige.

### Polymer plus additiv = plast!

Med **plast** menas ett utgångsmaterial för bearbetning till färdiga produkter. Plasterna tillverkas av **plasttillverkare** medan plastprodukterna tillverkas av **plastbearbetare**. I Sverige finns det omkring 700 plastbearbetande företag med olika inriktningar vad gäller produkter och bearbetningsprocesser.

"**Plast**" är uppbyggd av dels en eller flera **polymerer**, dels ett antal **tillsatssämnen**, s k additiv.

"**Polymerer**" är organiska material (material där kolatomer ingår, normalt tillsammans med syre, väte, kväve eller andra atomer) med kedjeformade molekyler. Molekylernas längd är ofta avsevärt större än hos andra organiska ämnen. Polymererna till-



verkas genom att man kopplar samman ett stort antal mindre molekyler, s k ”**monomerer**”.

Processen kallas ”**polymerisation**”.

Ordet polymer kommer ursprungligen från grekiskan och betyder *fler (poly) delar (merer)*, och det är just vad en polymer består av; tusentals likadana enheter som sammanbundits till långa kedjor. Man kan likna det vid ett pärlhalsband som består av många sammankopplade pärlor.

Polymerkedjor kan framställas syntetiskt och är då huvudbeståndsdelen i plast och gummi.

Mindre känt är att väldigt mycket i naturen består av polymerer. Träd består till största delen av cellulosa, en sorts polymer. Muskler, hud och hår byggs upp av proteiner, en annan sorts polymerer. Till och med skelettet, tänder och snäckskal består av en polymer grundstomme. T o m själva livets grundsten, DNA-kedjan, är en enda jättepolymer.

Polymeren i en plast utgör så att säga plastens bas. Det finns många polymerer och genom att välja polymer åstadkommer man en plast med egenskaper som är karakteristiska för polymeren. Men man kan påverka dessa egenskaper och/eller skapa helt nya genom att tillfoga additiv. Exempel på additiver är **stabilisatorer** (motverkar nedbrytning av materialet), **smörjmedel** (för att underlätta flytningen i formen under bearbetningen), **färgämnen** (pigment), **brandskyddstillsetser**, **antistatmedel**, **mjukningsmedel**, **füllmedel** (för att dryga ut materialet), **armeringsmedel** och **jäsmedel** (för att åstadkomma cellstruktur, t ex skumplast).

Det finns många polymerer och additiv. Antalet användbara kombinationer av ämnena är mycket stort. Det finns därför ett mycket stort antal plaster och plastkvaliteter. Varje plast har sina egenskaper och vilka dessa är i detalj vet oftast endast plasttillverkaren. Den som vill konstruera

en detalj av plast och behöver välja rätt material har det inte lätt! Det krävs gedigen kunskap om utbudet och det kan behövas en ingående diskussion med plasttillverkarna innan man slutligen avgör vilket material man skall använda.

#### Polymerernas ursprung

Polymererna kan indelas på olika sätt. En vanlig indelning med grund i materialens ursprung är:

- Naturpolymerer eller biopolymerer
- Halvsyntetiska polymerer eller omvandlade naturpolymerer
- Syntetiska polymerer

Naturpolymererna uppträder, som namnet anger, i naturen. De är ofta mycket komplicerat uppbyggda. Exempel på den här typen av polymerer är cellulosa, proteiner och stärkelse. Naturpolymerer ingår i t ex ägg, linolja och läder.

De halvsyntetiska polymererna utgörs av modifierade polymerer, såsom cellulosa och bomull. De ingår i t ex plaster som tillverkas av naturkautschuk, äggviteämnen, ligniner och vissa typer av oljor uppblandade med olika ämnen. (Ligniner är en viktig biprodukt inom cellulosaindustrin.)

De syntetiska polymererna tillverkas på laborato- ➤



#### Ord att minnas

Varje avsnitt av Plastskolan innehåller ett antal facktermer. När en term förekommer i ett sammanhang där den presenteras är den satt med fet stil. I det här avsnittet finns följande termer som är viktiga att lägga på minnet och kunna härleda:

- ☛ ADDITIV
- ☛ MONOMER
- ☛ PLAST
- ☛ PLASTBEARBETARE
- ☛ PLASTTILLVERKARE
- ☛ POLYMER
- ☛ POLYMERISATION

rier och i processindustrier. De allra vanligaste utgångsmaterialen är råolja och jordgas. I framtiden kan även energiskogar bli en viktig råvarukälla. När vi i dag talar om plaster avser vi oftast sådana som baseras på syntetiska polymerer.

Det finns slutligen också plaster som baseras på polymerer, som framställs med hjälp av speciella mikroorganismer, t ex näringslösningar av melass.

### Första plasten kom 1530!

Plasternas historia, d v s människans tekniska användning av material som baseras på polymerer, kan härledas tillbaka ända till år 1530. Då kom nämligen den tyske alkemisten B Schobinger med ett recept på hur man kan tillverka "kaseinplast" ur ost. Syftet med det nya materialet var att finna en ersättning för djurhorn vid olika typer av intarsia-, d v s inläggningsarbeten.

1835 markerar ett annat steg i utvecklingen. Då lyckades fransmannen H R Regnault framställa ett PVC-pulver. Emellertid insåg han aldrig vad han

kunde använda det till. (Först 1912 kom den tyske forskaren F Klatte med en metod att tillverka PVC för tekniskt bruk.)

Ett tredje steg togs 1869–70 i USA då man kom på att använda cellulosanitrat i stället för elfenben för att tillverka biljardbollar. Det nya materialet kallades Celluloid.

Utvecklingen av andra plaster med stor industriell användning i dag, t ex fenolplast, ureaplast, melanplast, styrenplast, akrylplast och vinylkloridplast, kom igång på allvar under perioden 1910 – 1940.

Den första plasten som helt grundades på en syntetisk polymer var fenolplasten Bakelit (1909). Sedan duggade materialen tätt fram till 1958, då acetalplasten kom. Därefter har utvecklingen i huvudsak löpt i andra banor, bl a mot s k polymera legeringar och avsevärda förbättringar av de existerande plasternas egenskaper genom förfinad polymerisationsteknik.

"Plastskolan" produceras i samarbete mellan Plastforum och Plastbranschens informationsråd, PIR. För materialets sakinnehåll svarar Olof Krugloff, Plast- & Kemibranscherna samt utbildningsansvarig inom PIR. Fackredaktören, Gunnar Christiernin, svarar för uppläggning, faktsamling och författande. Han är en skrivande ingenjör, som under 1994 och 1995 bl a producerat en lång serie om "Plastmaterial inom elektronik" för fackpressen inom elektronikområdet.

*Avsikten med Plastskolan är att den skall utgöra en bas för en grundläggande och översiktlig information om plastområdet liksom att vara ett underlag för en grundutbildning.*

*Ursprungligen publicerades Plastskolan månadsvis i tidskriften Plastforum med möjligheten att sända in svaren på de frågor som ställs här nedan. Detta är nu inte möjligt i och med att de olika avsnitten sammanställts i ett häfte.*

*Frågorna har bibehållits och kan nu i stället tjäna som självkontroll på att innehållet i texten är till fullo uppfattad. Om det skulle föreligga några oklarheter finns möjligheten att ställa frågor direkt till*

*Olof Krugloff  
PIR/Plast- och Kemibranscherna  
Anderstorp  
telefon 0371-184 80*

### Frågor till lektion 1:

1. Beskriv de komponenter varav en polymer är uppbyggd.

.....

.....

2. Man hör ibland påståenden att "plast är bra" eller "plast är dåligt". Ge exempel på två produkter där några av följande egenskaper kan vara till fördel i ett fall och till nackdel i ett annat.

Mjuk, hård (styv), låg vikt, värmeisolerande .....

.....

.....

3. Vilka är de vanligaste råmaterialen för tillverkning av syntetiska plaster?

.....

.....

4. Vad är det för skillnad mellan innebörden av "plast" och innebörden av "polymer"?

.....

.....

5. Varför tillsätter man additiv vid tillverkning av plaster?

.....

.....

6 Vad är det för skillnad mellan en plasttillverkare och en plastbearbetare?

.....

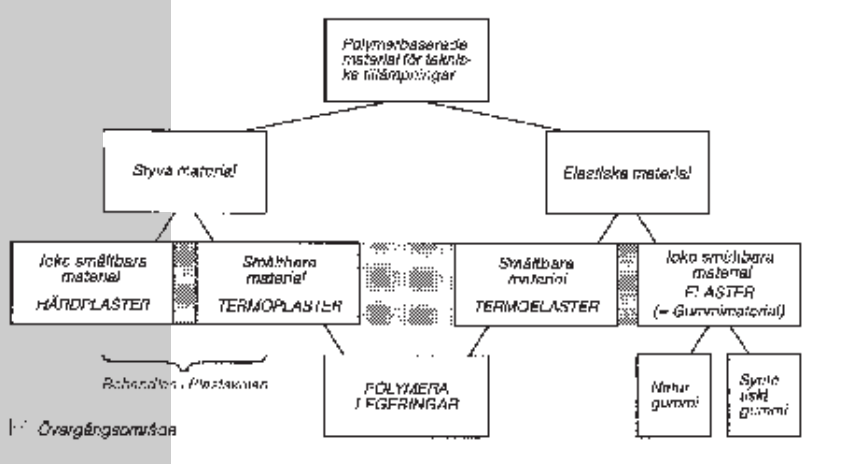
.....

# PLASTERNA och deras släktingar

Här är det andra avsnittet i Plastskolan. Detta ger en bred översikt över den mycket stora materialsläkt inom vilken plasterna i sin tur är en stor familj.



Polymera legeringar kan ges egenskapskombinationer som starkt överträffar egenskaperna hos de enskilda plastmaterial som ingår i legeringen. Här är ett mycket slagtäligt gräsklipparehjul från GE Plastics.



Begreppet "plast" spänner över ett mycket stort antal kemiska föreningar med det gemensamma att var och en består av dels en polymer, dels ett eller flera additiv. Men plasterna är inte en helt fristående familj av föreningar utan ingår tillsammans med några "släktingar" i en materialsläkt, som här kallas "Polymerbaserade material för tekniska tillämpningar", se figur. (Det finns även andra tillämpningar, t ex medicinska, men dessa kommer inte att beröras i Plastskolan.)

De polymerbaserade materialen för tekniskt bruk utgörs av ett mycket stort antal ämnen, av vilka de flesta är plaster. Tyvärr finns det inte någon allmänt erkänd, övergripande systematik; det är svårt att skarpt avgränsa plasterna både inbördes och mot omvärlden. Ett vanligt sätt är dock att dela in materialet i styva och elastiska.

Om ett polymerbaserat material är styvt eller inte hänger samman med styvhetsegenskaperna hos molekylkedjorna i polymeren. Material med styva kedjor är styva medan sådana med böjliga kedjor är elastiska.

De styva materialen indelas i sin tur i icke smältbara material, d v s hårdplaster, och i smältbara material, termoplaster.

De elastiska materialen indelas på motsvarande sätt i smältbara material, d v s termoelaster, och i icke smältbara material, elaster.

Elasterna kallas även gummimaterial och gruppen indelas i sin tur i naturgummi och syntetiskt gummi. Slutligen finns det en speciell kategori, som kallas "polymera legeringar".

Här skall inflikas en kommentar rörande begreppet plast - polymer. Vill man vara stringent skall man säga att en plast består av en polymer och ett eller flera additiv. I dagligt tal är det dock vanligt att man slarvar och kallar även en plast för en polymer. "Polymer" får därmed två betydelser. I Plastskolan tillämpas dock det stringenta alternativet genomgående.



Termoelaster kan bearbetas som termoplaster, men har gummilänkande egenskaper och kan formuleras för att tåla kemikalier och höga temperaturer bättre. Här detaljer av en oljebeständig TPE-typ från DSM.

"Icke smältbar" och "smältbar" är nyckelbegrepp i figuren.

"Smältning" innebär rent allmänt omvandling av ett fast ämne till flytande tillstånd genom tillförelse av värme. Ett icke smältbart material mjuknar inte vid måttlig uppvärmning. Upphettas det tillräckligt mycket sönderdelas det. Måttlig uppvärmning av ett smältbart material innebär däremot att det mjuknar utan att det förändras i kemiskt hänseende. Vid hög uppvärmning bryts dock även det ned.

Plaster kallades i sin barndom för konstharts eller ibland bara för harts. Dessa begrepp lever kvar inom vissa delar av plastbearbetningen. De bör i regel dock undvikas.

De skuggade områdena i figuren mellan rutorna för hårdplaster, termoplaster, termoelaster och elaster markerar övergångsområden. De symboliserar former av material för vilka man inte säkert kan säga att de tillhör någon av huvudkategorierna. Som exempel kan nämnas att det finns några slag av modifierade plaster som före bearbetning till färdiga produkter är termoplaster. Men efter bearbetningen leder fukt i luften till att en kemisk reaktion sätter igång. Denna omvandlar materialet långsamt från termoplast till hårdplast.

## Hårdplast

En **hårdplast** är ett polymert material, vars långa molkeylkedjor försetts med sk tvärbindingar. Man säger att materialet är förnätat. Den härigenom uppkomna molekylstrukturen får en tredimensionell uppbyggnad, som grovt sett kan liknas vid den hos en kraftbur.

Hårdplasternas molekylkedjor är genom förnätningen så starkt sammanflätade att de inte kan lösas från varandra genom uppvärmning. Materialet



Beroende på vilka egenskaper som önskas tillverkas bildäck av både syntetiskt gummi, naturgummi eller kombinationer av dessa elaster.



kan med andra ord inte smälta. En hårdplast kan därför inte formas genom att upphettas.

"Hård" i hårdplast syftar på att materialet görs hårt, dvs hårdas, med hjälp av en **hårdare**. En hårdare är ett ämne som tillsätts till ett polymert material för att skapa tvärbindingar i detta och därigenom göra ämnet hårt.

Hårdplaster förekommer i form av fasta eller flytande material. Beroende på typ av material kan de bearbetas med högtrycksmetoder eller lågtrycksmetoder. De hårdplaster som vi oftast möter i vårt dagliga liv är i regel flytande och bearbetningen till produkter sker därför vid atmosfärtryck.

Flytande hårdplaster används bl a i färg (hårdlack) och till impregnering av olika typer av fiber-material, t ex mattor av glasfiber. Fiberarmerad hårdplast används för tillverkning av t ex rör och tankar, segelflygplan, båtskrov och bilarosser. Hårdplaster används också som gjutmassa för ingjutning av olika komponenter inom elektroniken och elkrafttekniken. De är även vanliga i olika typer av lim.

Hårdplaster kan också bearbetas till slutprodukter genom högtrycksmetoder. Exempel på produkter är kastrullhandtag, askfat och sk "melaminporlin".

Hårdplastgruppen presenteras ytterligare i den tredje plastskoleartikeln, som kommer i nr 9 av Plastforum.

### Termoplast

En **termoplast** är ett polymert material som vid uppvärmning successivt mjuknar så att det blir plastiskt. Anledningen till att materialet mjuknar är att de krafter som håller samman molekykedjorna är så svaga att uppvärmningsenergin räcker för att lösa upp krafterna. Tillförs ytterligare värme smälter materialet.

När materialet är i plastiskt eller smält tillstånd kan det bearbetas till olika slag av produkter. Detaljer av termoplast formas ofta, men inte alltid, vid högt tryck.

I princip kan en termoplast smältas och omarbetas till nya produkter ett obegränsat antal gånger. I praktiken bryts dock materialets långa molekykedjor ned av värme, syre i luften, solstrålning och kemiska föroreningar. Detta resulterar i att det får sämre och sämre egenskaper för varje omsmältning.

Exemplen på detaljer av termoplast är otaliga. Några exempel är höljen till TV-mottagare, datorskärmar, videokameror, mobiltelefoner samt rör, lister, kabelisolering och skaft till tandborstar.

Tidigare gällde att detaljer av termoplast inte klarade så höga temperaturer som produkter av hårdplast. Detta gäller inte i dag. Nu finns det enstaka termoplaster som klarar väl så höga temperaturer som hårdplaster. Tidigare gällde också att endast detaljer av hårdplast kunde förse med armering. Inte heller detta gäller i dag, då såväl hårdplaster som termoplaster kan armeras.

När det gäller att bearbeta plast till färdiga detaljer strävar man sedan 60-talet konsekvent att, där så är möjligt, övergå från hårdplast till termoplast. En anledning är att termoplasterna ofta är lättare och billigare att hantera vid bearbetningen. En annan är att bearbetning av hårdplaster kan vara miljöstöran-

de. Ett viktigt skäl är också svårigheten att återvinna produktionsspill från hårdplasttillverkningen.

Termoplastgruppen presenteras ytterligare i avsnitt 4 av Plastskolan, som kommer i nr 10 av Plastforum.

### Termoelaster

**Termoelaster**, eller termoplastiska elaster, är en ganska ny grupp av material, som egenskapsmässigt ligger mellan plaster och elaster. Materialen kombinerar termoplasternas frihet från härdningsreaktioner med de mjuka och flexibla egenskaper som gummimaterialen uppvisar. Termoelaster används bl a som ersättningsmaterial till vulkat gummi i olika sammanhang. En viktig anledning till detta är att materialen ofta är enklare och därmed billigare att bearbeta till detaljer än vad gummi är. Det finns olika typer termoelaster, med olika egenskaper.

Exempel på produkter av termoelastiska material är skosulor, bälgar, detaljer till bilar, delar till knappsatser för styr- och reglerutrustningar i industrimiljö, samt handtag och höljen till tryckluftsdrivna maskiner.

### Elaster

**Elaster**, eller gummimaterial, är en grupp av material som definieras i första hand med utgångspunkt från sina fysikaliska egenskaper och inte från sin kemiska uppbyggnad eller sitt tillverkningssätt. Kännetecknande för den här typen av material är att de uppvisar stor elastisk återfjädring.

Gummitillverkningen karakteriseras av den sk vulkaniseringen, eller **vulkningen**. Denna innebär att de långa molekykedjorna i utgångsmaterialet tvärbinds, ofta med hjälp av svavel. (Gummimaterialen liknar i det här avseendet hårdplasterna, men gummi har färre tvärbindingar.) Genom att välja materialsam-

mansättning kan gummimaterialen tilldelas egenskaper inom ett mycket brett område, från de allra mjukaste till hårda och styva material.

Elasterna indelas i naturgummi och syntetiskt gummi. Exempel på produkter av naturgummi är vinterdäck och sk energidäck till bilar. Exempel på produkter av syntetiskt gummi är sommardäck, stöt- och vibrationsdämpare (för t ex bilmotorer) och smärre drivremmar.

### Polymera legeringar

**Polymera legeringar**, eller blandningar, är en ganska ung kategori av polymerbaserade material. De består av två eller fler termoplaster, ofta med ett mindre tillskott av en elast eller en termoelast.

Ordet "legering" leder tanken till metallurgin, inom vilken det innebär ett ämne som "innehåller flera element i vilket alla faser har metalliska egenskaper". Men när "legering" används i kombination med "polymer" är innebörden i stället en "blandning av två eller fler separat förekommande polymerer". För att inte missförstånd skall uppstå bör man i polymerfall därför alltid säga "polymer legering" och inte bara "legering".

Bakom utvecklingen av de polymera legeringarna



Termoplasterna är lätta att bearbeta och återvinna och kan formas till komplicerade detaljer med en rad olika bearbetningsmetoder. Här är bara ett exempel av tiotusentals användningsområden - en superlätt och slagtålig mobiltelefon av karbonplast.



Armerade hårdplaster har fått stor användning i kompositkonstruktioner som båtar, tävlingsbilar och flygplan. Här Benetton-stallets F-1 bil som rattades till VM-vinst av Michael Schumacher 1994.

### MER ATT LÄSA OM PLASTER

Här är några förslag till facklitteratur, som alla som arbetar med produktion av detaljer i plast eller som skall börja med sådan verksamhet bör ha tillgång till.

**PERSTORPSBOKEN - Plastteknisk handbok**  
Perstorp/Maskinaktiebolaget Karlebo, 1980. Ca 560 sid. ISBN 91-85026-28-X. Den här boken är en klassiker, som ännu gott och väl förtjänar sin plats på fackbokhyllan. Mycket översiktlig. (Tyvärr planerar man inte någon ny utgåva.)

**C KLASON och J KUBAT: PLASTER - Materialval och materialdata.** Sveriges Verkstadsindustrier, 1987. Compendium i A4-format. Drygt 320 sid. (Kan beställas per tel 08-782 08 00.) Förmåligt standardverk. Lämpligt som handbok.

**O KRUGLOFF: PLASTER - Materialteknisk handbok.**

Föreningen Sveriges Plastfabrikanter m fl, 1994. Compendium i A4-format. Ca 130 sid. (Kan beställas per tel 0371-184 80.)

Förmåligt standardverk, bl a genom sina avsnitt om identifiering av plastmaterial, innebörden i ord och förkortningar, enskilda material samt enkla bearbetningsmetoder.

## Ord att minnas

- ELAST
- ELEKTRISKT LEDANDE PLAST
- HÄRDARE
- HÄRDPLAST
- POLYMER LEGERING
- SILIKON
- TERMOELAST
- TERMOPLAST
- VULKANISERING

ligger i första hand önskemålet att kombinera egenskaper hos olika plaster. En annan drivkraft är att man vill uppnå en viss egenskap, t ex värmetålighet, till ett lägre pris.

Genom att utnyttja polymera legeringar kan man ofta utveckla polymera material med skräddarsydda egenskaper på mycket kortare tid och till betydligt lägre kostnad, än om man utvecklat ett nytt material från grunden.

Exempel på produkter av polymera legeringar är förpackningsmaterial, stötfångare till bilar och andra kvalificerade detaljer.

Det finns en speciell klass av polymera legeringar som heter "Interpenetrating Networks, IPN" (ett slags sammanflätade nätverk).

### Silikoner

**Silikoner**, eller silikonelaster, är i sig inte plaster, men en del av dem kan på liknande sätt som t ex elasterna betraktas som släktingar till plasterna. Silikoner är en familj av föreningar, vilka har

gemensamt att de är uppbyggda av ett skelett av kisel- och syreatomer. Till skelettet binds olika slag av organiska rester, d v s kolväteföreningar.

Silikoner finns i form av oljor, fetter, geléer, elaster, ytlacker och härdplaster.

Exempel på tillämpningar är trådlacker, släpplacker (på t ex bakplåtar), tätningsmedel, smörjmedel och material för skydd mot korrosion.

### Elektriskt ledande plaster

**Elektriskt ledande plaster** är en ny kategori av plaster, som gjorts elektriskt ledande med hjälp av särskilda tillsatser. Man kan tillverka material med allt från god till dålig elektrisk ledningsförmåga (från material som leder ström nästan som koppar till material som har elektriskt isolerande egenskaper). De förekommer i bl a en del typer av små battericeller. I framtiden kommer man kanske också att kunna tillverka transistorer av denna typ av plaster.

## Frågor och uppgifter till lektion 2:

1 Vad kännetecknar en härdplast?

.....

.....

2 Ge ett exempel på en typisk egenskap hos en härdplast.

.....

.....

3 Ge tre exempel på vanliga produkter av härdplast.

.....

.....

4 Vad kännetecknar en termoplast?

.....

.....

5 Ge två exempel på typiska egenskaper hos en termoplast.

.....

6 Ge tre exempel på vanliga produkter av termoplast.

.....

.....

7 Vad kännetecknar en termoelest?

.....

.....

8 Ge två exempel på typiska egenskaper hos en termoelest.

.....

.....

9 Ge två exempel på vanliga produkter av termoelestiska material.

.....

.....

10 Vad kännetecknar en elast?

.....

.....

11 Ge två exempel på typiska egenskaper hos en elast.

.....

.....

12 Ge två exempel på vanliga produkter av elastiska material.

.....

.....

13 Vad kännetecknar en polymer legering?

.....

.....

14 Ge två exempel på typiska egenskaper hos en polymer legering.

.....

.....

15 Ge ett exempel inom bilområdet på användning av en polymer legering.

.....

.....

*Olof Krugloff*

*PIR/Plast- och Kemibranscherna*

*Anderstorp*

*telefon 0371-184 80*

# HÄRDPLASTFAMILJEN

Plastskolans tredje avsnitt ger en mycket bred översikt över hårdplastfamiljen. I nästa avsnitt kommer det att handla om termoplaster.

Hårdplasterna karakteriseras av att de hårdnar under inverkan av härdare och att de, när de väl härdat, inte kan formas på nytt genom att upphettas.

Hårdplastfamiljen indelas i följande undergrupper:

- fenoplast
- aminoplaster
- esterplast
- epoxiplast
- uretanplast
- övriga



Handtag och botten på kaffebyggare var ett typiskt användningsområde för fenoplasten bakelit.

## FENOPLAST

**Fenoplast** är en kortare benämning för fenolaldehydplast, som är ett fast material. Namnet anger att plasten är sammansatt av de kemiska föreningarna fenol och formaldehyd. Fenoplast betecknas med PF, där P står för fenol (som på engelska stavas "phenol") och F för eng "formaldehyd".

Fenoplast är den äldsta syntetiska plasten. Den patenterades år 1909 i USA med varunamnet Bakelite. Den första svenska bakelitprodukten, ett svart handtag till en strömbrytare, kom 1917. Under 20-talet kom bakelitproduktionen igång på allvar i Sverige, inte minst genom behovet av höljen till rundradiomottagare. 1932 lanserades i Sverige världens första telefonapparat med hölje och handmikrotelefon i svart bakelit. (De grundläggande patenten för fenoplast löpte ut under 20-talet och i dag skriver man därför sedan länge bakelit med "litet" b och utan e.)

Produkter av fenoplast innehåller fyllmedel. Om man väljer rätt fyllmedel i fenoplast får materialet goda mekaniska egenskaper och god värmebeständighet. Det har ganska god kemikaliebeständighet och tål vatten mycket bra även om det uppvisar en påtaglig vattenabsorption. Materialet har i sig gul eller brun färg, som mörknar ytterligare när det utsätts för UV-strålning. Det färgas därför enbart i mörka färger.

Fenoplast har ganska goda elektriska egenskaper i torr luft. Detaljer av fenoplast förkolnar vid ytan vid förbränning. En del material är dock självslocknande.

Fenoplast innehåller spår av icke polymeriserad fenol, vilket innebär att materialet kan ge smak. Det får därför inte användas tillsammans med livsmedel.

Fenolresterna har emellertid det goda med sig att de motverkar angrepp av bakterier och mögel.

Fenoplast var tidigare en volymmässigt mycket stor plast. Exempel på användning var handtag och knoppar för hushållsvaror och kokkärl, elektriskt



Egenskaperna hos melaminplaster gör dem särskilt lämpade för elektriska anslutningsdon och liknande.

installationsmaterial, industridetaljer och (svarta) toaletsitsar. En annan vanlig användning var i laminat för inredningar och bordsytor samt skivmönsterkort i prisbilliga elektroniska apparater. Slutligen användes fenoplast i lim, kärnbindemedel inom gjuteriindustrin och som bindemedel i bromsband, slippapper och slipskivor m m.

Användningen av fenoplast har minskat betydligt under senare år. En av de största kvarvarande användningarna i dag är som inredningslaminat (Perstorpsplatta), en annan stor tillämpning är i kas-trullhandtag.

## AMINOPLASTER

**Aminoplast** är en sammanfattande benämning för plaster som baseras på dels karbamidformaldehyd, dels melaminformaldehyd. Aminoplaster är fasta material. Gruppen omfattar därför karbamidplast, UF, och melaminplast, MF. Karbamid heter också urea, vilket U:et i beteckningen påminner om. Plasten heter dock karbamidplast och inte ureaplast.

Aminoplasterna har goda mekaniska egenskaper och god kemikaliebeständighet. De är mycket hårda och har synnerligen god nötningsbeständighet. De har goda elektriska egenskaper, framför allt när det gäller beständighet mot kryptströmmar. Plasterna laddas inte upp på elektrostatisk väg och de samlar därför inte damm. De är emellertid inte så värmetåliga som fenoplast. De är dock självslocknande.

Aminoplasterna är halvgenomskinliga till opaka. De kan färgas i ett mycket stort antal olika färger. Man använder därvid ett färgat fyllmedel, vanligen cellulosa. Plasterna har också god ljusbeständighet.

De polymerer som aminoplasterna tillverkas av används i lim, bindemedel och lack.

Karbamidplast används framför allt för konsumentprodukter, t ex förslutningar, lock, vred och kapsyler. Den polymer av vilken plasten är uppbyggd används bl a som bindemedel till spånkivor.

Melaminplast används till ytskikten hos fenoplastlaminat. Plastens ljusa färg gör att ytorna kan förses med de mest skiftade slag av mönster.

Materialet används i övrigt till tallrikar, uppläggningsfat, tillbringare och skålar. Det kan armeras med glasfiberväv och används då i t ex elektriska detaljer.

## ESTERPLAST

Gruppen **Esterplast** omfattar dels **omättad esterplast** UP (eng: Unsaturated Polyester), dels det härdade materialet, d v s mättad esterplast. Den omättade esterplasten är den polymer som den sedermera härdade plasten byggs upp av.

Omättad esterplast är i sig ett hårt, styvt och ganska sprött material. Innan det används för tillverkning av olika detaljer löses det därför upp med hjälp av styren, ett ämne som också behövs under den efterföljande härdningen.

Detaljer av esterplast är i de allra flesta fall armerade med något slag av fiber, vanligen glasfiber.

Plasten verkar i dessa sammanhang som bindemedel mellan

armeringsfibrerna. Det armerade materialet kallas **armerad plast** eller **AP**. Fibrerna påverkar AP-materialets draghållfasthet. Det polymera materialet bestämmer AP-materialets termiska och elektriska egenskaper samt dess kemikaliebeständighet. Fibrer plus polymermaterial bestämmer tillsammans det armerade materialets mekaniska egenskaper, såsom draghållfasthet och böjhållfasthet.

Armerad plast har olika mekaniska egenskaper i olika riktningar. Riktningsegenskaperna påverkas också av fiberlängd och fiberorientering samt av den metod enligt vilken en detalj tillverkas samt av detaljens geometriska utformning.

Omättad esterplast används till armerad esterplast, d v s AP, till s k pressmassa (se faktaruta), till lacker och som bindemedel i plastspackel.

Fiberarmerad esterplast används till bl a båtskrov, båtmaster, flaggstänger, bilkarosser, flygplansdelar, tankar för olika slag av vätskor, rör för vatten och avloppsvatten samt till höljen för maskiner och elektriska apparater.

Pressmassa (se faktaruta) var tidigare ett vanligt utgångsmaterial för tillverkning av detaljer till elektrotekniska apparater. Pressmassan har med åren minskat kraftigt i användning och efterföljts av s k **SMC-material** (se faktaruta), vilka i sin tur nu mer och mer ersätts av s k **glasmattetermoplast, GMT**.

Lacker som baseras på omättad polyester används för t ex köksinredningar.

## EPOXIPLAST

**Epoxiplast, EP**, är ett vanligen flytande material, som, liksom omättad polyester, i stor utsträckning används som bindemedel till armeringar av t ex glasfiber, kolfiber och s k aramidfiber. (I svenskan förekommer ibland stavningen epoxy. Använd

inte denna eftersom epoxy är engelska. Enligt svensk standard är det epoxi som gäller.)

Oarmerad epoxiplast har goda mekaniska och elektriska egenskaper samt synnerligen god kemikaliebeständighet. Materialet kan användas inom ett brett temperaturområde. Vidare har det goda krympningsegenskaper vid gjutning vilket gör det lämpat för gjutning av framför allt större detaljer.

Glasfiberarmerad epoxiplast har till större delen bättre egenskaper än glasfiberarmerad esterplast. Det är emellertid dyrare och något besvärligare att hantera under bearbetning av detaljer, något som begränsar materialets spridning.

De stora användningsområdena för epoxiplast är i laminat och armerad plast, vidare i lacker, lim, som gjutmassa och som bindemedel. Glasfiberarmerad epoxiplast är det i dag vanligaste materialet i s k mönsterkort för elektroniska kvalitetsprodukter. Det används också i karosser till tävlingsbilar samt i fiskepönn och skidor.

Lacker och lim, baserade på epoxiplast, har mycket god vidhäftning till de flesta material. Så t ex kan man använda epoxilim för att till och med limma metaller. Epoxilacker uppvisar inte bara god vidhäftning utan också god kemikaliebeständighet och seghet. De används därför i bl a rostskyddsfärger för tankar och konservburkar samt rör inom den kemiska industrin. De används också i form av brännlack för t ex hushållsmaskiner.

Epoxigjutplast används med eller utan fyllmedel för ingjutning och inkapsling av elektriska och elektriska komponenter.

Som bindemedel används epoxiplast till olika slag av golv och till slitbanor på broar. Ett slitkikt av epoxiplast är lättare än ett motsvarande skikt av asfalt eller betong.

## URETANPLASTER

**Uretanplasterna** bildar en stor och, med tanke på materialens egenskaper, mycket inhomogen grupp inom bl a härdplastfamiljen. Utgångsmaterialen är flytande. Gruppen spänner över en mängd material, från komfort- och isolerskum, mjuka elastomerer till styva och hållfasta härdplaster. Den har beteckningen PUR, vilken står för PolyUREtaner.

Uretanhärdplast är hård men samtidigt flexibel. Materialet har god värme- och nötningsbeständighet och det har goda elektriska egenskaper. De är vanligtvis inte transparenta och de utvecklar vid förbränning rök ungefär som vid förbränning av ylle. Vanliga användningar är till gjutmassa och för inkapsling, elektrisk isolering samt modell- och prototyp-tillverkning. Uretanhärdplast används ibland i stället för epoxiplast eftersom materialet

**PRESSMASSA** är ett tidigare mycket vanligt material, som till 30 à 50% består av en härdplast, vanligen fenoplast, och ett armeringsmaterial, mest i form av trämjöl. Begreppet pressmassa används då som grov synonym till härdplast. Dess motsats utgjordes av formsprutmassa, som användes som grov synonym till termoplast.

## SMC-MATERIAL

(eng: Sheet Moulding Compound; vedertagen svensk översättning saknas) är baserat på en glasfibermatta, som impregnerats med esterplast med tillsatser av gelémedel, släppmedel, färg m m. Den impregnerade mattan förses med två tunna ytterfolier av en termoplast. När "paketet" tillverkas är konsistensen mellan folierna närmast klabbig men genom gelémedlet övergår denna efter några dagar till att bli närmast geléartad. Folierna rivs då av varefter innehållet skärs till för att därefter placeras i en press och pressas till önskad form. Man får på detta sätt en fiberarmerad, s k formsprutad, produkt.

Glasfiberarmerad esterplast och kolfiberarmerad epoxiplast används ofta i lätta, starka och styva karosser för sport- och tävlingsbilar.



## Ord att minnas

- Aminoplast, (UF och MF)
- Armerad plast, AP
- Esterplast
- Glasmatte-termoplast, GMT
- Fenoplast, PF
- Karbamidplast, UF
- Kaseinplast, CS
- Kompositer, kompositmaterial
- Laminat
- Omättad esterplast, UP
- Pressmassa
- SMC-material
- Uretanplaster, PUR

medför mindre miljöproblem än epoxiplasten.

(Flexibla varianter av uretanplast används till höljen, stoppningar i möbler och madrasser, till byggelement, vibrationsdämpare, transportrullar, mjuka och styva karossdetaljer, slitdetaljer i pumpar och till tätningar och drivremmar. En del varianter används också till limning och lackning.)

### ÖVRIGA

Innehållet i gruppen "Övriga" är inte lika väl definierat som innehållen i de andra hårdplastgrupperna. Ett exempel på en plast under "Övriga" är **kaseinplast, CS**, ett material som numera saknar betydelse. Materialet gick tidigare också under benämningen konsthorn och användes till bl a knappar och flytspackel.

Kaseinplast är en omvandlad naturplast, som framställs ur kasein i mjölk. Kaseinplast ruttnar emellertid i fuktig atmosfär, vilket ledde till ilska och tidningsrubriker när det började lukta illa i bl a flytspacklade bostäder. Mycket fick renoveras och spacket försvann från marknaden.

### VARUNAMN

Plasttillverkare har i regel varunamn på sina plaster. Ett har tidigare nämnts, nämligen *Bakelit*. Namnet är en försvenskning av Bakelite (Union Carbide USA och Rütgerswerke i Tyskland.) Exempel på svenska varunamn på fenoplastprodukter är *Perstorps Fenolpressmassa* (Perstorp AB) och *Cascophen* (AB Casco; lim).

Exempel på varunamn för produkter av aminoplast är *Perstorps Ureapressmassa* och *Perstorps Melaminpressmassa*.

Exempel på varunamn på polyesterprodukter är *Leguval* (Bayer, Tyskland) och *Palatal* (BASF, Tyskland).

Ett exempel på ett varunamn på en epoxiprodukt är *Araldite* (Ciba-Geigy AG, Schweiz; lim).

Ett exempel på ett varunamn på en produkt av en elastomer variant av uretanplast är *Bayflex* (Bayer, Tyskland). Materialet används på bilar till bl a infattningar av fönster och backspeglar på bilar och till takkantlister.

### GJUTMASSOR

Hårdplaster används ofta till ingjutning av detaljer för att skydda dem mot mekanisk åverkan och mot miljöpåverkan (fukt, korrosiva gaser, damm). Exempel på föremål som skyddas på det här sättet är elektriska och elektroniska detaljer, t ex smärre transformatorer och elektroniska reläer. De vanligaste hårdplastgjutmassorna är epoxiplast, esterplast och uretanplast.

### PAPPERSLAMINAT

Papperslaminat är en viktig hårdplasttillämpning som skymtat tidigare i texten. Ett vanligt sådant laminat består av ett inre paket av fenoplastimpregnerade pappersark med ytterark av melaminplastimpregnerat blekt papper (Perstorpsplatta). Yttertyrorna kan vara vita eller förses med de mest skilda slag av mönster.

Det finns även laminat som baseras på andra material än papper och på andra plaster än fenoplast och melaminplast. Glasfiberlaminerad epoxiplast har tidigare nämnts som exempel på material för mönsterkort inom elektroniken.

Ett mycket omfattande tillämpningsområde för ett antal plaster är *lim och lacker och ytbehandling*. Detta behandlas dock av bl a utrymmesskäl inte i Plastskolans.

### AP OCH KOMPOSITMATERIAL

Armerad plast, AP, och framför allt **kompositmaterial**, är material om vars innebörder det finns delade meningar. De flesta torde vara överens om att benämningarna syftar på långfiberarmerade material, d v s material med fibrer längre än ca 10 mm.

"Armerad plast" och "kompositmaterial" uppfattas av många som synonymer. Så t ex anser nog många plastbearbetare som tillverkar ett kuggghjul av en glasfiberarmerad plast att de arbetar med kompositmaterial. Andra anser att "kompositmaterial" syftar på krävande tillämpningar baserade på framför allt kol- eller sk aramidfibrer.

Tyvär ger standardnomenklaturen i *Plast- och gummiteknisk ordlista* inte besked på den här punkten. Definitionen på "kompositmaterial" är mycket allmän hållen. En god rekommendation är därför att varje gång begreppet nämns så gäller det att förvisa sig om i vilken betydelse det just då används.

### Frågor och uppgifter till lektion 3:

- 1 Vad kännetecknar en fenoplast?
- 2 Ge tre exempel på vad fenoplasten vanligen använts till.
- 3 Vilka två slag av aminoplast finns det?
- 4 Vad kännetecknar de två aminoplasterna?
- 5 Ge tre exempel på vad var och en av aminoplasterna används till.
- 6 Vad är det för skillnad mellan omättad esterplast och mättad esterplast?
- 7 Vad kännetecknar armerad esterplast?
- 8 Ge tre exempel på vad esterplast används till.
- 9 Vad kännetecknar epoxiplast?
- 10 Ge tre exempel på vad en epoxiplast används till.
- 11 Vad kännetecknar uretanplasterna i stort?
- 12 Ge ett exempel på vad uretanhårdplast används till.
- 13 Hur är laminat av typen Perstorpsplatta uppbyggt?
- 14 Hur bör man tolka ordet "kompositmaterial" när det nämns utan förtydligande?

*Olof Krugloff*  
*PIR/Plast- och Kemibranschern*  
*Anderstorp*  
*telefon 0371-184 80*

# TERMOPLASTER 1:

## Våra vanligaste termoplaster

Det fjärde avsnittet av Plastskolan ger en bred översikt av de volymmässigt största kategorierna av termoplaster: Olefin-, vinyl- och styrenplaster. I nästa avsnitt avslutas termoplasterna med ett svep över ett antal andra kategorier och plaster.

Termoplasterna karakteriseras av att de normalt har förgrenad eller linjär molekylstruktur (se faktaruta), att de kan formas genom uppvärmning och att de ofta bearbetas till produkter med hjälp av högtrycksmetoder.

Termoplasterna representerar en mycket stor undergrupp inom familjen plaster. Det tillverkas i dag avsevärt fler produkter av termoplaster än av hårdplaster. Och termoplasterna fortsätter att ta marknaden från hårdplasterna.

Termoplastgruppen indelas vanligen i följande kategorier:

- ☛ olefinplaster
- ☛ vinylplaster
- ☛ styrenplaster
- akrylplaster
- acetalplaster
- amidplaster

- termoplastiska esterplaster
- fluoretenplaster
- cellulosaplaster
- övriga, bl a karbonatplast.

Var och en av de uppräknade kategorierna innehåller i sin tur ett antal plaster. Termoplastfamiljen omfattar kanske mellan 120 och 130 stycken. Hårdplastmaterialen är bara ett tiotal. Men antalet varunamn för termoplaster är mycket större. Det rör sig om åtskilliga tusen. (Se även faktaruta angående plaster, plastmaterial och varunamn.)

De tre volymmässigt största kategorierna av termoplaster inom svensk plastbearbetning är olefinplaster, vinylplaster och styrenplaster. Dessa är markerade med ☛ i uppräknningen ovan och presenteras i den här artikeln. De övriga, markerade med ■, behandlas i avsnitt 5 av Plastskolan.



Olefinplasterna får allt större användning i krävande konstruktioner. Här polypropen i stötfångaren på Saab 900.

### MOLEKYLSTRUKTURER

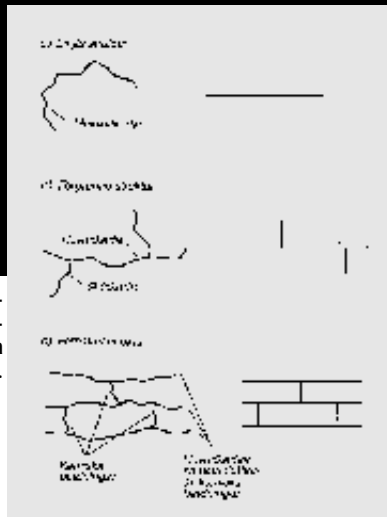
Plasterna är uppbyggda av långa molekylkedjor, s k *makromolekyler*. Dessa delas efter strukturen in i kategorierna linjär struktur, förgrenad struktur och förnätad struktur.

En *linjär struktur*, se fig a, är den allra enklaste. Den utgörs i idealfallet av en lång kedjemolekyl, se t v i figuren. Linjen kan symboliseras med en rät linje (t h i bilden). Den linjära strukturen förekommer i polymererna hos några termoplaster.

En *förgrenad struktur*, fig b, är baserad på en lång huvudkedja. Från denna utgår ett antal förhållandevis korta sidokedjor. Dessa utgör i regel inte några avsiktligt tillfogade kedjor utan är mer att betrakta som resultat av störningar i materialets tillverkningsprocess. Avståndet mellan sidogrupperna varierar normalt slumpmässigt. Likaså varierar de riktningar i vilka grupperna pekar. Det finns dock fall där man genom att använda s k *stereospecifika katalysatorer* kan ordna sidogrupperna på önskat sätt.

Den förgrenade strukturen är vanlig i polymerer i termoplaster.

En *förnätad struktur*, fig c, kännetecknas av att den har en tredimensionell nätverksstruktur med kemiska tvärbindingar mellan huvudkedjorna. Alla hårdplaster är baserade på förnätade strukturer.



Grundläggande strukturformer hos molekylkedjor i polymera material.

### Olefinplaster

**Olefinplasterna** är en kategori av plaster som baseras på en typ av kolväteföreningar, som kallas olefiner. Sådana kännetecknas av att deras molekyler har en eller flera dubbelbindningar och att de därigenom är mycket reaktionsbenägna.

Kategorin omfattar:

- etenplaster
- propenplast
- sampolymerer

**Etenplaster** är en grupp av plaster, som är baserade på polyeten, PE. Etenplasternas övergripande fördelar är att de är slagtåliga, även i kyla, att de har goda elektriska egenskaper, försumbar vattenabsorption och att de är resistent mot de flesta kemikalier samt att de är billiga i tillverkning. Exempel på nackdelar är att de uppvisar begränsad belastningstålighet, dålig värmetålighet och begränsad klimattålighet.

Gruppen etenplaster omfattar framför allt lågdensitetspolyeten, PE-LD med densiteter mellan 0,91

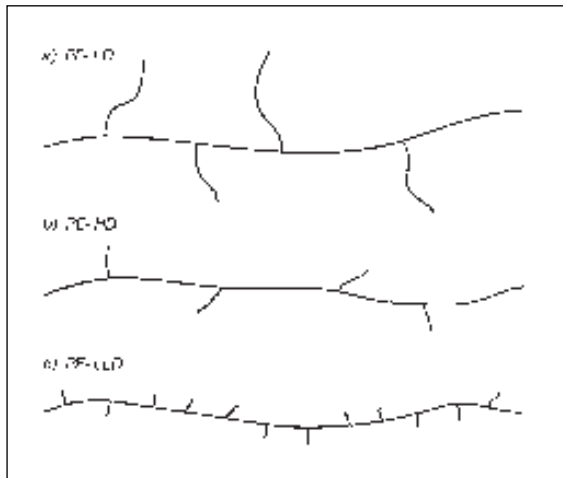


Fig 1. Principen för molekylstrukturerna hos PE-LD, PE-HD och PE-LLD.

till 0,92 gram per kubikcentimeter, och högdensitetspolyeten, PE-HD, med densiteter mellan 0,940 till 0,965 gram per kubikcentimeter. (Varianter med en densitet mellan 0,92 och 0,94 gram per kubikcentimeter kallades tidigare medeldensitetspolyeten, PE-MD.) Dessutom finns en variant, som kallas **linjär lågdensitetspolyeten**, PE-LLD.



Lågdensitet-polyeten, PE-LD, påträffas bland annat i olika typer av filmer. Här i en bärkasse med inblandning av återvunnen PE-LD.

PE-LD, PE-HD och PE-LLD har något olika molekylstrukturer, egenskaper och användningar. (Beträffande allmänt om strukturer, se faktaruta.) Strukturen hos **lågdensitetspolyeten**, eller etenplast med låg densitet, illustreras i fig 1 a. Den kännetecknas av en huvudkedja med ganska glest sittande, långa sidokedjor. Dessa fungerar delvis som s k lågmolekylära additiv, d v s som mjukgörare. Följden är att materialet är en smula mjukare än släktingen PE-HD, som har en något annorlunda sidokedjorstruktur. En annan inverkan av de långa sidokedjorna är att materialet är något mer genomskinligt än PE-HD. Lågdensitetspolyeten används till bl a förpackningsfilm, byggfilm (fuktspärr), leksaker, flaskor och kabelisolering samt innerfilm i kartongförpackningar för mjölk och juice.

Strukturen hos **högdensitetspolyeten**, eller etenplast med hög densitet, illustreras i fig 1 b. I detta fall är sidokedjorna kortare, vilket gör att huvudkedjorna kan packas tätare intill varandra. Detta gör att materialet är mindre flexibelt än sin lågdensitetsmotsvarighet och att det har opaka egenskaper, d v s

att det ser mjölkaktigt ut. Det används till bl a backar för läskedrycksflaskor, godispåsar, flaskor för motorolja, bensindunkar, bensintankar och leksaker.

Strukturen hos **linjär lågdensitetspolyeten**, eller linjär etenplast med låg densitet, illustreras i fig 1 c. I det här fallet är sidokedjorna korta och sitter tätt intill varandra. Detta medför att materialet är mycket segt. Det används i bl a glassbägare och leksaker. Det används också som seghetsreglerande tillsats i PE-LD-film för framför allt bärkassar.

**Propenplast**, PP, är ett vitt, mjölkigt material, som i form av tunna filmer är transparent. Det är styvare, hårdare och uppvisar bättre hållfasthet än polyeten. Det har goda elektriska egenskaper och ganska god kemikalieresistens men är mindre tåligt mot slag än polyeten. Vidare är det sprött vid temperaturer från omkring 0 och nedåt.

PP används till bl a fläktpropellrar, instrumentpaneler, flaskor, rör, behållare, rattar, elektriska isolerdetaljer samt höljen till köksmaskiner och hårtorkar.

**Sampolymerer**, eller **copolymerer** är uppbyggda av blandningar av polymerer, t ex av polyeten och polypropen. Det ger material med specifika egenskaper, som t ex slagtålighet vid kyla. Sampolymerer används i ökande omfattning i bilar.

Begreppet sampolymer är inte knutet till enbart olefinplasterna. Det är ett vitt begrepp som kan avse många andra kombinationer än PE och PP.

## Vinylplaster



Vinylplasten klarar mycket tuffa klimatförhållanden och kan ges både flexibel och styv karaktär. På bilden styv PVC i olika typer av profiler, bland annat för fönsterramar.

**Vinylplast** är en sammanfattande benämning för ett antal plaster som baseras på en polymer som innehåller en viss typ av molekylgrupper, s k vinylgrupper. Exempel på vinylplaster är vinylkloridplast, PVC, vinylacetatplast, PVAC, och vinylidenkloridplast, PVDC.

## PLASTER OCH VARUNAMN

Inom plastområden finns det kring varje enskilt material flera olika benämningar som man måste skilja noga mellan:

- ★ namnet på den polymer som en plast är baserad på och som ger upphov till namnet på den aktuella plasten
- ★ beteckningen för polymeren ovan
- ★ namn på plastkategorier
- ★ varu- eller handelsnamn för olika plasttillverkares produkter.

Ordet *plast* används ofta i flera av betydelserna ovan. Ibland syftar det på en viss polymer, ibland på en plast, ibland på en plastkategori och ibland på en viss produkt från en viss plasttillverkare. I regel avslöjar sammanhanget vad ordet betyder vid ett visst tillfälle. Ett förtydligande är dock här på sin plats.

Ryggraden i *plast* utgörs av en polymer. Materialet namnes efter sin polymer eller genom densa beteckning. Plasttillverkarna utgår från olika polymerer och sätter till additiv enligt mer eller mindre hemliga recept. De får härigenom specifika produkter, som tilldelas unika *varunamn* eller *handelsnamn*. I många fall framställs en produkt med ett visst varunamn dessutom i många varianter eller kvaliteter. Produktfloran på marknaden blir därigenom mycket stor och samtidigt mycket svåröverskådlig.

De varunamnsförsedda plastmaterialen används av plastbearbetare för tillverkning av slutprodukter, t ex förpackningar, höljen, rör och elinstallationsdetaljer.

Det är inte ovanligt att varunamn missbrukas. Ett varunamn på en mycket vanlig produkt kommer med tiden att användas som namn på arten av produkt. Exempel är Assistent (egentligen en matberedningsmaskin från Electrolux), Vespa (en skoter från italienska Piaggio) och Teflon (DuPont). Sådana användningar bör undvikas. Möjligen kan bildning av typen Teflonpanna accepteras (stort T samt bindestreck mellan de två orden!), även om sådana strängt taget inte är tillåtna.

Mycket tyder på att varunamn får allt mindre betydelse i fackkretsar. Man använder i stället benämningarna på plasten, t ex fluorplast. Och inför beställning av plastråvara vänder man sig i första hand direkt till olika leverantörer för att orientera sig bland utbudet hos dessa.

Det finns en mycket stor flora av varunamn för plaster. Den som vill orientera sig bland dessa hänvisas till följande källor:

1. Plast- och kemikalieleverantörers Förening: PKL 93/94 Plaster. Guide med bl a varunamnsförteckning. (Ytterligare upplysningar: PIR, tel 08-402 13 60)
2. Modern Plastics, Special Buyers' Guide Issue & Encyclopedia (avsnittet "Trade Name Directory"). (Ytterligare upplysningar: Olof Krugloff, PIR, tel 0371-184 80).
3. SAECHTLING: Kunststoff Taschenbuch. 5:e upplagan, 1992. (Avsnittet "Handelsnahmen".) Carl Hanser Verlag. ISBN 3-446-16498-7.

#### ORD ATT MINNAS

- ☛ ABS-plast
- ☛ ASA
- ☛ Copolymer
- ☛ Etenplast (PE)
- ☛ Expanderad styrenplast (EPS)
- ☛ Förgrenad molekylstruktur
- ☛ Förnätad molekylstruktur
- ☛ Högdensitetspolyeten (PE-HD)
- ☛ Linjär lågdensitetspolyeten (PE-LLD)
- ☛ Linjär molekylstruktur
- ☛ Lågdensitetspolyeten (PE-LD)
- ☛ Makromolekyl
- ☛ Olefinplaster
- ☛ Plast
- ☛ Polyeten (PE)
- ☛ Polystyren (PS)
- ☛ Polytetrafluoreten (PTFE)
- ☛ Polyvinylklorid (PVC)
- ☛ Propenplast (PP)
- ☛ Sampolymer
- ☛ Slagtålig styrenplast (SB)
- ☛ Stereospecifika katalysatorer
- ☛ Styrenbaserad plast/ABS
- ☛ Styrenbaserad plast/SAN
- ☛ Styrenplast (PS)
- ☛ Varunamn
- ☛ Vinylacetatplast (PVAC)
- ☛ Vinylidenkloridplast (PVDC)
- ☛ Vinylplaster
- ☛ Vinylkloridplast (PVC)

**Vinylkloridplast** är baserad på **polyvinylklorid, PVC**. Ren PVC har vanligen formen av ett vitt pulver. Det går att framställa en rad olika PVC-varianter, bl a därför att tillsats av olika mängd mjukgörare ger material med vitt skilda flexibilitetsegenskaper, från mjuka och flexibla material till hårda och styva. Vinylkloridplasten har goda elektriska egenskaper och utmärkt kemisk beständighet. Med hjälp av lämpliga stabilisatorer kan PVC även ges ganska god klimattålighet. Materialet är emellertid styvt och sprött vid låga temperaturer. När det brinner frigörs klor, vilket är en nackdel från miljösynpunkt. Det har gjort att materialet utsatts för kritik i miljödebatten.

Vinylkloridplast används i bl a rör, byggpaneler, tapeter, golvmaterial, kabelisolering, cellplastdetaljer (styv eller mjuk cellplast), bilpaneler och bilinnerklädslar. Materialet används också för skyddsbeläggning på plåt av stål och aluminium.

**Vinylacetatplast** är ett smak- och luktfritt, fast material. Det har god vidhäftning mot andra material och används därför i lim och som bindemedel i färger.

**Vinylidenkloridplast** har mycket god beständighet mot syror, alkalier och en del lösningsmedel. Materialet har en struktur som ger god gastäthet. Det används därför främst i laminat för vakuumpförpackningar eller förpackningar som ska vara täta mot syre och andra gaser. Exempel är inertgasfyllda s k multivacförpackningar för födoämnen som skall hindras från att angripas av luftens syre.

#### Styrenplaster

**Styrenplast** är en sammanfattande benämning på en grupp plaster som är uppbyggda av materialet **polystyren, PS**. De utgör tillsammans en grupp med ett mycket brett egenskapsregister. Ren polystyren är ett glasklart, hårt och styvt material med goda elektriska egenskaper och liten vattenabsorption. Materialet är dock sprött samtidigt som det lätt bildar mikrosprickor. Det har dålig resistens mot oljor, lösningsmedel och diskmedel och det tål inte UV-strålning. Styrenplast används till främst förpackningar, engångsartiklar, och cellplast, s k **expanderad polystyren, EPS**.

Det finns några vanliga varianter av polystyren, nämligen slagtålig styrenplast, SB, styrenbaserad plast/SAN och styrenbaserad plast/ABS

**Slagtålig styrenplast** är en PS-variant som gjorts motståndskraftig mot slag genom att den sampolymeriserats med butadien, därav beteckningen SB. Materialet är i sig opakt men kan färgas i ett stort antal färger. Det används till bl a höljen till TV- och radiomottagare, högtalarlådor, bilinredningar och kärl till alkaliska batterier.

**Styrenbaserad plast/SAN** består av slagtålig styrenplast, som modifierats med akrylnitril. Materialet är hårt och styvt och har bättre kemikalieresistens än polystyren. Det är transparent och kan färgas i de flesta kulörer. Det används till bl a hus-



God klarhet och genomsynlighet har traditionellt gjort förpackningar till ett stort användningsområde för polystyren.

hållsartiklar, kylskåpsdetaljer, tandborstskåp, koppar, brickor och förpackningar till kosmetiska preparat.

**Styrenbaserad plast/ABS** är en PS-variant, som består av SAN som modifierats med butadien. Materialet uppvisar en god kombination av mekaniska och kemiska egenskaper till ett ganska lågt pris. Det är i sig vitt men kan färgas i ett antal olika färger. ABS används till bl a höljen till telefonapparater, dammsugare, köksmaskiner och kontorsmaskiner. ABS är den vanligaste plasten för plastföremål som skall metalliseras.

Butadienet ersätts ofta med akrylester. Man får då en PS-variant, som betecknas **ASA**.

#### Frågor och uppgifter till lektion 4:

- 1 Vad kännetecknar termoplasten i förhållande till hårdplast? Ange tre skillnader.
- 2 Vad kännetecknar en förgrenad molekylstruktur?
- 3 Vilka är de volymmässigt tre största kategorierna av termoplasten inom den svenska plastbearbetarsektorn?
- 4 Ange två enkla sätt genom vilka man kan skilja ett stycke lågdensitetspolyeten från ett stycke högdensitetspolyeten.
- 5 Vad är det för kemiskt ämne i vinylkloridplast som givit upphov till diskussionen om plastens miljöfarlighet?
- 6 Vad är det för skillnad mellan namnet på ett plastmaterial och varunamnet på en produkt baserat på dess plast?

*Olof Krugloff  
PIR/Plast- och Kemibranscherna  
Anderstorp  
telefon 0371-184 80*

# TERMOPLASTER 1:

## Våra vanligaste termoplaster

Det fjärde avsnittet av Plastskolan ger en bred översikt av de volymmässigt största kategorierna av termoplaster: Olefin-, vinyl- och styrenplaster. I nästa avsnitt avslutas termoplasterna med ett svep över ett antal andra kategorier och plaster.

Termoplasterna karakteriseras av att de normalt har förgrenad eller linjär molekylstruktur (se faktaruta), att de kan formas genom uppvärmning och att de ofta bearbetas till produkter med hjälp av högtrycksmetoder.

Termoplasterna representerar en mycket stor undergrupp inom familjen plaster. Det tillverkas i dag avsevärt fler produkter av termoplaster än av hårdplaster. Och termoplasterna fortsätter att ta marknaden från hårdplasterna.

Termoplastgruppen indelas vanligen i följande kategorier:

- ☛ olefinplaster
- ☛ vinylplaster
- ☛ styrenplaster
- akrylplaster
- acetalplaster
- amidplaster

- termoplastiska esterplaster
- fluoretenplaster
- cellulosaplaster
- övriga, bl a karbonatplast.

Var och en av de uppräknade kategorierna innehåller i sin tur ett antal plaster. Termoplastfamiljen omfattar kanske mellan 120 och 130 stycken. Hårdplastmaterialen är bara ett tiotal. Men antalet varunamn för termoplaster är mycket större. Det rör sig om åtskilliga tusen. (Se även faktaruta angående plaster, plastmaterial och varunamn.)

De tre volymmässigt största kategorierna av termoplaster inom svensk plastbearbetning är olefinplaster, vinylplaster och styrenplaster. Dessa är markerade med ☛ i uppräknningen ovan och presenteras i den här artikeln. De övriga, markerade med ■, behandlas i avsnitt 5 av Plastskolan.



Olefinplasterna får allt större användning i krävande konstruktioner. Här polypropen i stötfångaren på Saab 900.

### Olefinplaster

**Olefinplasterna** är en kategori av plaster som baseras på en typ av kolväteföreningar, som kallas olefiner. Sådana kännetecknas av att deras molekyler har en eller flera dubbelbindningar och att de därigenom är mycket reaktionsbenägna.

Kategorin omfattar:

- etenplaster
- propenplast
- sampolymerer

**Etenplaster** är en grupp av plaster, som är baserade på polyeten, PE. Etenplasternas övergripande fördelar är att de är slagåtliga, även i kyla, att de har goda elektriska egenskaper, försumbar vattenabsorption och att de är resistent mot de flesta kemikalier samt att de är billiga i tillverkning. Exempel på nackdelar är att de uppvisar begränsad belastningstålighet, dålig värmetålighet och begränsad klimattålighet.

Gruppen etenplaster omfattar framför allt lågdensitetspolyeten, PE-LD med densiteter mellan 0,91

### MOLEKYLSTRUKTURER

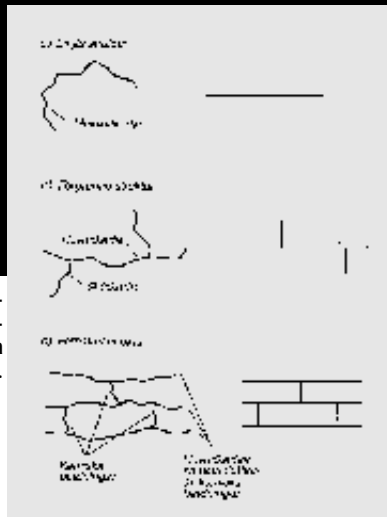
Plasterna är uppbyggda av långa molekylkedjor, s k *makromolekyler*. Dessa delas efter strukturen in i kategorierna linjär struktur, förgrenad struktur och förnätad struktur.

En *linjär struktur*, se fig a, är den allra enklaste. Den utgörs i idealfallet av en lång kedjemolekyl, se t v i figuren. Linjen kan symboliseras med en rät linje (t h i bilden). Den linjära strukturen förekommer i polymererna hos några termoplaster.

En *förgrenad struktur*, fig b, är baserad på en lång huvudkedja. Från denna utgår ett antal förhållandevis korta sidokedjor. Dessa utgör i regel inte några avsiktligt tillfogade kedjor utan är mer att betrakta som resultat av störningar i materialets tillverkningsprocess. Avståndet mellan sidogrupperna varierar normalt slumpmässigt. Likaså varierar de riktningar i vilka grupperna pekar. Det finns dock fall där man genom att använda s k *stereospecifika katalysatorer* kan ordna sidogrupperna på önskat sätt.

Den förgrenade strukturen är vanlig i polymerer i termoplaster.

En *förnätad struktur*, fig c, kännetecknas av att den har en tredimensionell nätverksstruktur med kemiska tvärbindingar mellan huvudkedjorna. Alla hårdplaster är baserade på förnätade strukturer.



Grundläggande strukturformer hos molekylkedjor i polymera material.

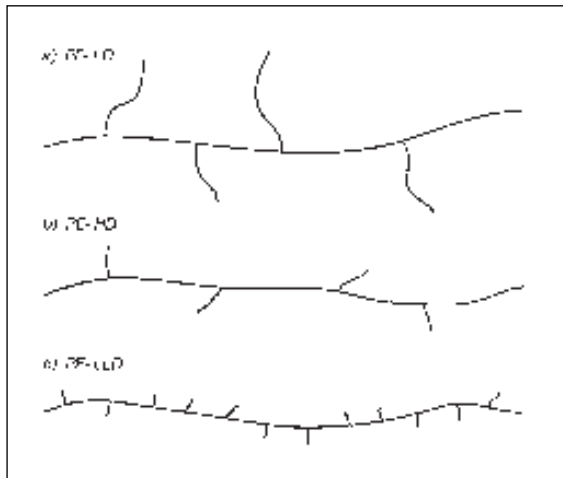


Fig 1. Principen för molekylstrukturerna hos PE-LD, PE-HD och PE-LLD.

till 0,92 gram per kubikcentimeter, och högdensitetspolyeten, PE-HD, med densiteter mellan 0,940 till 0,965 gram per kubikcentimeter. (Varianter med en densitet mellan 0,92 och 0,94 gram per kubikcentimeter kallades tidigare medeldensitetspolyeten, PE-MD.) Dessutom finns en variant, som kallas **linjär lågdensitetspolyeten**, PE-LLD.



Lågdensitet-polyeten, PE-LD, påträffas bland annat i olika typer av filmer. Här i en bärkasse med inblandning av återvunnen PE-LD.

PE-LD, PE-HD och PE-LLD har något olika molekylstrukturer, egenskaper och användningar. (Beträffande allmänt om strukturer, se faktaruta.) Strukturen hos **lågdensitetspolyeten**, eller etenplast med låg densitet, illustreras i fig 1 a. Den kännetecknas av en huvudkedja med ganska glest sittande, långa sidokedjor. Dessa fungerar delvis som s k lågmolekylära additiv, d v s som mjukgörare. Följden är att materialet är en smula mjukare än släktingen PE-HD, som har en något annorlunda sidokedjorstruktur. En annan inverkan av de långa sidokedjorna är att materialet är något mer genomskinligt än PE-HD. Lågdensitetspolyeten används till bl a förpackningsfilm, byggfilm (fuktspärr), leksaker, flaskor och kabelisolering samt innerfilm i kartongförpackningar för mjölk och juice.

Strukturen hos **högdensitetspolyeten**, eller etenplast med hög densitet, illustreras i fig 1 b. I detta fall är sidokedjorna kortare, vilket gör att huvudkedjorna kan packas tätare intill varandra. Detta gör att materialet är mindre flexibelt än sin lågdensitetsmotsvarighet och att det har opaka egenskaper, d v s

att det ser mjölkaktigt ut. Det används till bl a backar för läskedrycksflaskor, godispåsar, flaskor för motorolja, bensindunkar, bensintankar och leksaker.

Strukturen hos **linjär lågdensitetspolyeten**, eller linjär etenplast med låg densitet, illustreras i fig 1 c. I det här fallet är sidokedjorna korta och sitter tätt intill varandra. Detta medför att materialet är mycket segt. Det används i bl a glassbägare och leksaker. Det används också som seghetsreglerande tillsats i PE-LD-film för framför allt bärkassar.

**Propenplast**, PP, är ett vitt, mjölkigt material, som i form av tunna filmer är transparent. Det är styvare, hårdare och uppvisar bättre hållfasthet än polyeten. Det har goda elektriska egenskaper och ganska god kemikalieresistens men är mindre tåligt mot slag än polyeten. Vidare är det sprött vid temperaturer från omkring 0 och nedåt.

PP används till bl a fläktpropellrar, instrumentpaneler, flaskor, rör, behållare, rattar, elektriska isolerdetaljer samt höljen till köksmaskiner och hårtorkar.

**Sampolymerer**, eller **copolymerer** är uppbyggda av blandningar av polymerer, t ex av polyeten och polypropen. Det ger material med specifika egenskaper, som t ex slagtålighet vid kyla. Sampolymerer används i ökande omfattning i bilar.

Begreppet sampolymer är inte knutet till enbart olefinplasterna. Det är ett vitt begrepp som kan avse många andra kombinationer än PE och PP.

## Vinylplaster



Vinylplasten klarar mycket tuffa klimatförhållanden och kan ges både flexibel och styv karaktär. På bilden styv PVC i olika typer av profiler, bland annat för fönsterramar.

**Vinylplast** är en sammanfattande benämning för ett antal plaster som baseras på en polymer som innehåller en viss typ av molekylgrupper, s k vinylgrupper. Exempel på vinylplaster är vinylkloridplast, PVC, vinylacetatplast, PVAC, och vinylidenkloridplast, PVDC.

## PLASTER OCH VARUNAMN

Inom plastområden finns det kring varje enskilt material flera olika benämningar som man måste skilja noga mellan:

- ★ namnet på den polymer som en plast är baserad på och som ger upphov till namnet på den aktuella plasten
- ★ beteckningen för polymeren ovan
- ★ namn på plastkategorier
- ★ varu- eller handelsnamn för olika plasttillverkares produkter.

Ordet *plast* används ofta i flera av betydelserna ovan. Ibland syftar det på en viss polymer, ibland på en plast, ibland på en plastkategori och ibland på en viss produkt från en viss plasttillverkare. I regel avslöjar sammanhanget vad ordet betyder vid ett visst tillfälle. Ett förtydligande är dock här på sin plats.

Ryggraden i *plast* utgörs av en polymer. Materialet namnes efter sin polymer eller genom densa beteckning. Plasttillverkarna utgår från olika polymerer och sätter till additiv enligt mer eller mindre hemliga recept. De får härigenom specifika produkter, som tilldelas unika *varunamn* eller *handelsnamn*. I många fall framställs en produkt med ett visst varunamn dessutom i många varianter eller kvaliteter. Produktfloran på marknaden blir därigenom mycket stor och samtidigt mycket svåröverskådlig.

De varunamnsförsedda plastmaterialen används av plastbearbetare för tillverkning av slutprodukter, t ex förpackningar, höljen, rör och elinstallationsdetaljer.

Det är inte ovanligt att varunamn missbrukas. Ett varunamn på en mycket vanlig produkt kommer med tiden att användas som namn på arten av produkt. Exempel är Assistent (egentligen en matberedningsmaskin från Electrolux), Vespa (en skoter från italienska Piaggio) och Teflon (DuPont). Sådana användningar bör undvikas. Möjligen kan bildning av typen Teflonpanna accepteras (stort T samt bindestreck mellan de två orden!), även om sådana strängt taget inte är tillåtna.

Mycket tyder på att varunamn får allt mindre betydelse i fackkretsar. Man använder i stället benämningarna på plasten, t ex fluorplast. Och inför beställning av plastråvara vänder man sig i första hand direkt till olika leverantörer för att orientera sig bland utbudet hos dessa.

Det finns en mycket stor flora av varunamn för plaster. Den som vill orientera sig bland dessa hänvisas till följande källor:

1. Plast- och kemikalieleverantörers Förening: PKL 93/94 Plaster. Guide med bl a varunamnsförteckning. (Ytterligare upplysningar: PIR, tel 08-402 13 60)
2. Modern Plastics, Special Buyers' Guide Issue & Encyclopedia (avsnittet "Trade Name Directory"). (Ytterligare upplysningar: Olof Krugloff, PIR, tel 0371-184 80).
3. SAECHTLING: Kunststoff Taschenbuch. 5:e upplagan, 1992. (Avsnittet "Handelsnahmen".) Carl Hanser Verlag. ISBN 3-446-16498-7.

#### ORD ATT MINNAS

- ☛ ABS-plast
- ☛ ASA
- ☛ Copolymer
- ☛ Etenplast (PE)
- ☛ Expanderad styrenplast (EPS)
- ☛ Förgrenad molekylstruktur
- ☛ Förnätad molekylstruktur
- ☛ Högdensitetspolyeten (PE-HD)
- ☛ Linjär lågdensitetspolyeten (PE-LLD)
- ☛ Linjär molekylstruktur
- ☛ Lågdensitetspolyeten (PE-LD)
- ☛ Makromolekyl
- ☛ Olefinplaster
- ☛ Plast
- ☛ Polyeten (PE)
- ☛ Polystyren (PS)
- ☛ Polytetrafluoreten (PTFE)
- ☛ Polyvinylklorid (PVC)
- ☛ Propenplast (PP)
- ☛ Sampolymer
- ☛ Slagtålig styrenplast (SB)
- ☛ Stereospecifika katalysatorer
- ☛ Styrenbaserad plast/ABS
- ☛ Styrenbaserad plast/SAN
- ☛ Styrenplast (PS)
- ☛ Varunamn
- ☛ Vinylacetatplast (PVAC)
- ☛ Vinylidenkloridplast (PVDC)
- ☛ Vinylplaster
- ☛ Vinylkloridplast (PVC)

**Vinylkloridplast** är baserad på **polyvinylklorid, PVC**. Ren PVC har vanligen formen av ett vitt pulver. Det går att framställa en rad olika PVC-varianter, bl a därför att tillsats av olika mängd mjukgörare ger material med vitt skilda flexibilitetsegenskaper, från mjuka och flexibla material till hårda och styva. Vinylkloridplasten har goda elektriska egenskaper och utmärkt kemisk beständighet. Med hjälp av lämpliga stabilisatorer kan PVC även ges ganska god klimattålighet. Materialet är emellertid styvt och sprött vid låga temperaturer. När det brinner frigörs klor, vilket är en nackdel från miljösynpunkt. Det har gjort att materialet utsatts för kritik i miljödebatten.

Vinylkloridplast används i bl a rör, byggpaneler, tapeter, golvmaterial, kabelisolering, cellplastdetaljer (styv eller mjuk cellplast), bilpaneler och bilinnerklädslar. Materialet används också för skyddsbeläggning på plåt av stål och aluminium.

**Vinylacetatplast** är ett smak- och luktfritt, fast material. Det har god vidhäftning mot andra material och används därför i lim och som bindemedel i färger.

**Vinylidenkloridplast** har mycket god beständighet mot syror, alkalier och en del lösningsmedel. Materialet har en struktur som ger god gastäthet. Det används därför främst i laminat för vakuumpförpackningar eller förpackningar som ska vara täta mot syre och andra gaser. Exempel är inertgasfyllda s k multivacförpackningar för födoämnen som skall hindras från att angripas av luftens syre.

#### Styrenplaster

**Styrenplast** är en sammanfattande benämning på en grupp plaster som är uppbyggda av materialet **polystyren, PS**. De utgör tillsammans en grupp med ett mycket brett egenskapsregister. Ren polystyren är ett glasklart, hårt och styvt material med goda elektriska egenskaper och liten vattenabsorption. Materialet är dock sprött samtidigt som det lätt bildar mikrosprickor. Det har dålig resistens mot oljor, lösningsmedel och diskmedel och det tål inte UV-strålning. Styrenplast används till främst förpackningar, engångsartiklar, och cellplast, s k **expanderad polystyren, EPS**.

Det finns några vanliga varianter av polystyren, nämligen slagtålig styrenplast, SB, styrenbaserad plast/SAN och styrenbaserad plast/ABS

**Slagtålig styrenplast** är en PS-variant som gjorts motståndskraftig mot slag genom att den sampolymeriserats med butadien, därav beteckningen SB. Materialet är i sig opakt men kan färgas i ett stort antal färger. Det används till bl a höljen till TV- och radiomottagare, högtalarlådor, bilinredningar och kärl till alkaliska batterier.

**Styrenbaserad plast/SAN** består av slagtålig styrenplast, som modifierats med akrylnitril. Materialet är hårt och styvt och har bättre kemikalieresistens än polystyren. Det är transparent och kan färgas i de flesta kulörer. Det används till bl a hus-



God klarhet och genomsynlighet har traditionellt gjort förpackningar till ett stort användningsområde för polystyren.

hållsartiklar, kylskåpsdetaljer, tandborstskåp, koppar, brickor och förpackningar till kosmetiska preparat.

**Styrenbaserad plast/ABS** är en PS-variant, som består av SAN som modifierats med butadien. Materialet uppvisar en god kombination av mekaniska och kemiska egenskaper till ett ganska lågt pris. Det är i sig vitt men kan färgas i ett antal olika färger. ABS används till bl a höljen till telefonapparater, dammsugare, köksmaskiner och kontorsmaskiner. ABS är den vanligaste plasten för plastföremål som skall metalliseras.

Butadienet ersätts ofta med akrylester. Man får då en PS-variant, som betecknas **ASA**.

#### Frågor och uppgifter till lektion 4:

- 1 Vad kännetecknar termoplasten i förhållande till hårdplaster? Ange tre skillnader.
- 2 Vad kännetecknar en förgrenad molekylstruktur?
- 3 Vilka är de volymmässigt tre största kategorierna av termoplasten inom den svenska plastbearbetarsektorn?
- 4 Ange två enkla sätt genom vilka man kan skilja ett stycke lågdensitetspolyeten från ett stycke högdensitetspolyeten.
- 5 Vad är det för kemiskt ämne i vinylkloridplast som givit upphov till diskussionen om plastens miljöfarlighet?
- 6 Vad är det för skillnad mellan namnet på ett plastmaterial och varunamnet på en produkt baserat på dess plast?

*Olof Krugloff  
PIR/Plast- och Kemibranscher  
Anderstorp  
telefon 0371-184 80*

# STICKPROV UR BRED FLORA

Plastskolans femte avsnitt fortsätter och avslutar den översikt över termoplasterna som påbörjades i den förra artikeln. Nästa avsnitt kommer att handla om viktiga begrepp för att ange plasters egenskaper.

I avsnitt 4 i Plastskolan presenterades de tre vanligaste kategorierna av termoplast, nämligen olefinplaster, vinylplaster och styrenplaster. Presentationen av termoplasterna, som av utrymmesskäl är långtifrån heltäckande, fortsätter här med ytterligare några kategorier och typer av plaster:

- akrylplaster
- acetalplast
- amidplaster
- termoplastiska esterplaster
- fluoretenplaster
- karbonatplast
- modifierad fenylenoxidplast
- sulfonplaster
- fenylensulfidplast
- aryleterketonplaster
- cellulosaplast
- LC-plaster
- stärkelsebaserade plaster

## Akrylplaster

**Akrylplaster**, eller **polyakrylater**, är en grupp, vars vanligaste plast är **metylmetakrylatplast**, PMMA. Denna dominerar gruppen så starkt att man vanligen sätter likhetstecken mellan akrylplast och PMMA. Detta material kännetecknas av hårdhet och hög ytglans, utmärkta optiska egenskaper, goda elektriska egenskaper och av att det är mycket klimatbeständigt. Materialet är en vanlig plast för metallisering. Det har medelgod resistens mot oorganiska ämnen, men begränsad tålighet mot organiska lösningsmedel. PMMA tål varken sur miljö, alkohol eller en rad andra lösningsmedel. Materialet har en påtaglig vattenupptagning, vilket begränsar dess användning som optisk fiber.

PMMA:s mycket goda optiska egenskaper innebär framför allt att materialet leder ljus mycket bra. Den s k **ljusgenomsläppligheten** är ca 92%. (Se faktaruta.)

Materialet förekommer dels som halvfabrikat, dels i form av färdiga produkter, t ex i husvagnsfönster, takljuskupoler, skyltar, armaturer, skyddsskivor för instrument samt reflektorer i bak- och stoppljus hos bilar. Linser i kameror är ett exempel på en avancerad optisk användning av akrylplast.

## Acetalplast

**Acetalplast** är baserad på polymeren polyoximetylen, POM. Plast av POM kallas förutom acetalplast också för **oximetylenplast** eller **formaldehydplast**.

Acetalplast uppvisar en utmärkt kombination av seghet, styvhet, utmattningshållfasthet och fjädringsegenskaper. Materialet har bra friktions- och slitsegenskaper. Det är styvt, dimensionsstabilt och

kan, beroende på stabilisering och krav på livslängd, användas vid temperaturer upp till mellan +85°C och +105°C.

POM har en i förhållande till amidplaster liten fuktupptagning och är därför från den synpunkten ett dimensionsstabilt material.

Acetalplast är en av de plaster som på en del håll inom verkstadsindustrin betraktas som något av ett universalmaterial för mekaniska konstruktioner, som skall klara såväl statiska som dynamiska påkänningar. Här gäller det dock att se upp eftersom plasten, i likhet med andra material, inte bara har fördelar utan också nackdelar. Materialet är nämligen känsligt för slagpåverkan, speciellt vid tjockare gods. En annan nackdel är att det är mindre lämpat för konstruktioner med skarpa hörn och andra brottanvisningar.

POM (liksom amidplaster) kan även uppvisa s k **”stick-slip”** egenskaper, d v s ge upphov till gnissel vid lagerapplikationer av typen plast mot metall (betr ”stick-slip”, se faktaruta). Detta kan vara värt att notera eftersom POM är så vanlig i just mekaniska sammanhang.



Ett snabbväxande användningsområde för amidplast av typ PA 6 eller PA 6.6 är insprutningsrör för bilmotorer. De är lätta och starka och har en slät insida som ger bra gasflöde. Ofta är plasten armerad med glasfibrer. Foto: Bayer AG.

## Amidplaster

**Amidplaster** är baserade på polyamid och betecknas därför PA. Den här gruppen av plaster benämns också **nylon** efter varunamnet på den första kommersiellt tillgängliga amidplasten, som utvecklades av amerikanska DuPont under 30-talet. Numera används nylon som ett vedertaget begrepp för amidplaster.

Det finns många olika olika varianter av amidplast. Dessa betecknas med PA och en eller flera efterföljande siffror. Exempel är PA 4.6, PA 6, PA 6.6, PA 6.10, PA 11 och PA 12. Siffrorna anger karakteristiska egenskaper i uppbyggnaden av de olika materialens molekylkedjor. (För att innebörden av sifferangivelserna skall förstås måste de kemiska strukturformlerna för respektive plast redovisas. Men kemiska formler ligger vid sidan om syftet med den här kursen.) Allmänt gäller att ju mindre sifferangivelsen är desto mer framträder materialet som just en amidplast. Omvänt gäller att ju större angiv-

## OPTISKA EGENSKAPER

Det finns några termoplast med utpräglat goda optiska egenskaper. En av de viktigaste av dessa är **transparens, ljustransmission eller ljusgenomsläpplighet**. Ett fullständigt transparent material släpper igenom allt det ljus som matas in i det, d v s materialets ljusgenomsläpplighet är 100%.

De i dag vanligaste ”optoplasterna” är akrylplast, PMMA, och karbonatplast, PC. Ljusgenomsläppligheten för PMMA är ca 92% och för PC ca 88%. Å andra sidan har PC något bättre egenskaper än PMMA vad beträffar optisk dubbelbrytning. (Dubbelbrytning innebär att en ljusstråle, som faller in i ett optiskt ledande medium bryts i två ljusstrålar med något olika egenskaper.)

Det finns för närvarande inte några hårdplaster som i optiskt hänseende kan mäta sig med de bästa optoplasterna.

velsen är desto mer liknar materialet etenplast.

Amidplast uppvisar en bra kombination av mekaniska och kemiska egenskaper. Materialen är t ex motståndskraftiga mot nötning. Däremot varierar bl a deras mekaniska och elektriska egenskaper med fukthalten i materialet. Denna kan för de vanligaste amidplasterna uppgå till ca 8 viktsprocent. Eftersom dessutom fukthalten alltid står i jämvikt med luftfuktigheten kommer fukthalten att variera efter klimatiska förhållanden. Det är också viktigt att notera att variationer i fukthalt ger upphov till motsvarande dimensionsförändringar.

Amidplaster används för framställning av fibrer för textila material och för s k formgods av olika slag, t ex lager och kugghjul. Andra exempel är maskinkåpor, block, taljor och gevärskolvar.



Etentereftalatplast, PET, har de flesta dagliga kontakt med i form av flaskor för kolsyrade drycker. De stora flaskorna är gastäta och praktiskt taget okrossbara. De kan göras mycket tunna och lätta och har nästan lika bra optiska egenskaper som glas.

### Termoplastiska esterplaster

Gruppen **termoplastiska esterplaster**, som noga måste skiljas från hårdplasten esterplast, omfattar framför allt plasterna **etentereftalatplast**, PET (äldre benämning PETP, och **butentereftalatplast**, PBT (tidigare även PBTP). Bägge materialen har snarlika egenskaper men PET är något styvare än PBT. En annan skillnad uppträder vid en del bearbetningsprocesser, vid vilka PET kräver speciella arrangemang för torkning. Både PET och PBT kännetecknas i övrigt av hög styhet och hårdhet, god nötningssensitivitet, relativt god kemikalieresistens, goda dielektriska egenskaper och relativt god värmetålighet.

PET finns idag på marknaden i dels en transparent, dels en opak kvalitet. Den transparenta varianten används främst till flaskor och kvalificerade filmmaterial (bandspelarband, röntgenfilm och avancerad elisolering i högspänningskablar).

Den opaka varianten används i första hand för tekniska artiklar, t ex kugghjul, bobiner för elektriska lindningar, elektriska detaljer, mekaniska och elektriska detaljer i motorutrymmet hos bilar och till bottenplattor hos bilar.

### Fluoretenplaster

**Fluoretenplaster**, eller kortare **fluorplast** omfattar några plaster, av vilka här endast **polytetrafluoreten**, PTFE, skall nämnas. Det är ett dyrt material med en rad förnämliga egenskaper, såsom utomordentlig kemikaliebeständighet, låg friktion, utomordentliga elektriska egenskaper och mycket god termisk beständighet. Däremot har det måttliga mekaniska egenskaper, t ex vad gäller motståndskraft mot nötning. Materialet används främst i elektriska och elektroniska sammanhang, framför allt i samband med höga frekvenser, vidare i självsmörjande lager, som ytbeläggning i kemisk apparatur och i kokkärl samt till isoler- och rörtätningstejper.

### Karbonatplast

**Karbonatplast** är baserad på polymeren **polykarbonat**, PC. Plastens förnämsta egenskaper är att den är ytterst seg med tanke på slagpåverkan, d v s den

är ytterst slagseg, och att den har mycket goda optiska egenskaper, t ex beträffande ljusgenomsläpplighet, dubbelbrytning (se faktaruta) och möjligheter till infärgning.

Karbonatplastens goda optiska egenskaper vad gäller bl a dubbelbrytning har medfört att materialet har trängt undan akrylplaster, PMMA, i en del teknisk/optiska sammanhang.

Ett exempel är CD-skivor, där PC i hög grad ersatt PMMA trots att PMMA generellt sett är mer glasklart (utan färgstick) och har en större ljusgenomsläpplighet.

Karbonatplast är vidare synnerligen dimensionsstabil, d v s materialet kan användas för detaljer för vilka man kräver hög måttnoggrannhet. PC har vidare utmärkta dielektriska egenskaper och god utomhusbeständighet. Ytterligare en egenskap är att materialet kan armeras med t ex glasfiber.

Karbonatplast har också några nackdelar. Materialet är med tanke på slagseggheten känsligt för yttre påverkan av bl a lösningsmedel och genom repor. Detta innebär att ett antal vanliga sådana medel kan minska slagseggheten starkt utan att detta på förhand låter sig anas av utseendet hos detaljerna.

Karbonatplast används i sammanhang där man vill utnyttja materialets stora slagsegghet. Exempel på användningar är olika artiklar för hem, t ex armaturer, hushåll och tekniskt bruk. Materialet har också funnit stor användning i skyddsprodukter av olika slag, exempelvis skyddsglas hos banker och postkontor. Andra skyddsexempel är sköldar (för kravallpolisen), skyddshjälmarna och cykelhjälmarna. Ytterligare exempel är som "skyddsglas" till utomhusarmaturer och till baklyktor och strålkastare på bilar.

Ytterligare exempel på användningar av karbonatplast är filmkassetter och detaljer i starkströmsarmaturer.

### Modifierad fenylenuoxidplast

**Modifierad fenylenuoxidplast**, PPO/SB, är baserad på polymeren **polyfenylenuoxid**, PPO, uppblandad med slagttålig styrenplast, SB (se förra artikeln). Modifieringen, d v s tillsatsen av SB, gör att det är lätt att tillverka detaljer av materialet och att detta får en rad tekniskt intressanta egenskaper. Det kännetecknas av framför allt god dimensionsstabilitet, god värmetålighet samt beständighet mot hett vatten, d v s god s k hydrolystålighet. Andra framträdande egenskaper är god nötningssensitivitet, goda elektriska egenskaper, liten vattenabsorption och god motståndskraft mot syror. PPO/SB låter sig slutligen infärgas i många färger. Materialet angräps



Karbonatplast, PC, har fått stor användning i CD-skivor, bl a på grund av materialets optiska egenskaper. Men PC är också slagseggt och väderbeständigt och används därför bl a i lamphöljen, skyddshjälmarna, kravallsköldarna och bilstrålkastare.

dock av många organiska lösningsmedel och vid mekanisk belastning finns det risk för spänningssprickor.

I förbigående kan nämnas att omodifierad PPO inte är intressant i tekniska sammanhang. Anledningen är att det vid bearbetning lätt bygger upp höga egenspanningar inne i materialet.

PPO/SB går ofta under namnet Noryl. Trots att detta är ett varunamn har det i branschen kommit att användas som benämning på PPO/SB, vilket formellt sett är förbjudet.

Exempel på användningar av PPO/SB är höljen till TV-mottagare, kaffeautomater, och parkeringsautomater. Andra applikationer är i bobiner för elektriska lindningar och till instrumentpaneler.

### Sulfonplaster

Det finns på marknaden i dag tre huvudtyper av sulfonplaster, nämligen **sulfonplast**, **etersulfonplast** och **arylsulfonplast**. Sulfonplasten är baserad på polymeren **polysulfon**, PSU, medan etersulfonplasten är baserad på **polyetersulfon**, PES. Arylsulfonplast är baserad på **polyarylsulfon**, PAS. Alla tre har tämligen likartad uppbyggnad men de ingående komponenterna ingår i något olika proportioner. "Sulfon" i benämningarna och S:en i beteckningarna anger att polymererna innehåller svavel.

Alla sulfonplaster uppvisar liten deformation vid belastning, goda dielektriska egenskaper, transparens samt god beständighet mot hett vatten.

Materialen tål höga temperaturer, från ca +140°C till +200°C (i vatten max +140°C).

Temperaturlågheten bestäms av dels vilken sulfonplast det gäller, dels hur länge de är uppvärmda. Arylsulfonplasten har den högsta värmetåligheten av de tre och sulfonplasten den lägsta. Samtliga är självslocknande.

Sulfonplasterna är känsliga för många lösningsmedel, vilka inverkar så att materialen blir benägna att uppvisa spänningssprickor. Materialen har vidare begränsad tålighet mot UV-strålning, varför detaljer av sulfonplaster för användning utomhus bör ytbehandlas. Slutligen är sulfonplaster genomgående dyra.

Sulfonplaster används inom t ex den medicinska tekniken och då närmast för detaljer som skall tåla att ångsteriliseras. De används också till delar som skall tåla att värmas upp av mikrovågsenergi samt till lamphus för halogenlampor och inredningsdetaljer i flygplan. Film och folie av etersulfonplast används slutligen till flexibla förbindningar i elektroniska apparater och system.

### Fenylensulfidplast

**Fenylensulfidplast** är baserad på polymeren **polyfenylensulfid**, PPS. Den här plasten är ett mycket styvt material med god utmattningshållfasthet och som tål att användas vid temperaturer upp till +200°C. Den är mycket motståndskraftig mot kemikalier och angrips vid temperaturer upp till +190°C inte av några kända lösningsmedel. Materialet har vidare bra utmattningshållfasthet och god dimensionsstabilitet. Det finns i glasfiberfyllda kvaliteter. Detaljer som tillverkas av dessa uppvisar mycket liten krympning efter att de formats. En nackdel är dock att materialet är ganska sprött och därför har dålig slagseghet. Det angrips också av starka, oxiderande syror. Vidare måste det formas och bearbetas

vid höga temperaturer.

Fenylensulfidplast används till t ex detaljer i pumpar som skall vara motståndskraftiga mot korrosion, vidare till bildetaljer för vilka man kräver kemikalieresistens vid höga temperaturer. Materialet används också i elektriska anslutningsdon. Det används slutligen till detaljer för vilka man kräver stor precision och måttnoggrannhet. Ett exempel på en sådan tillämpning är boetten till elektroniska armbandsur.

### Aryleterketonplaster

**Aryleterketonplaster** är en kategori av plaster, som är baserade på t ex följande polymerer: **polyeterketon**, PEK, **polyetereterketon**, PEEK, **polyetereterketonketon**, PEKEKK, och **polyeterketoneterketonketon**, PEKEKK. Alla plasterna i den här kategorin är uppbyggda av samma grundkomponenter men i olika proportioner.

Aryleterketonplasterna har god mekanisk hållfasthet. De är styva, även vid stark värme. De tål höga temperaturer under lång tid, högre än +250°C. De uppvisar också god slagseghet, även i kyla. De har vidare goda nötnings- och friktionsegenskaper, fullt jämförbara med motsvarande för acetalplast (POM) och amidplast (PA). Det finns speciella kvaliteter med så liten friktion att de i det här avseendet kan jämföras med fluorplast (PTFE), vilket innebär en friktionskoefficient på ned till 0,06.

Materialen används för både industriella tillämpningar och inom hushållsområdet. Exempel är axelager respektive utloppsventil i en varmluftsspis (ventilen skall klara +280°C). Slutligen skall nämnas att de här plasterna kan metalliseras och de används då till t ex lamphus för glödlampor.

### LC-plaster

**LC-plaster** är namnet på en ny kategori av termoplaster. "LC" står för engelskans "Liquid Crystal", d v s "flytande kristall". Andra benämningar i sammanhanget är LCP-material (P: plast), **LC-polymerer**, **flytande kristall-polymerer** och **liquid crystalline polymers**.

LC-plasterna är baserade på s k aromatiska polyesterar med en styv, stavformig molekylstruktur. (Aromatiska, eller cykliska, föreningar är en grupp organiska föreningar, vars molekyler innehåller atomer eller små atomgrupper ordnade i slutna kretsar, s k ringar.) Denna struktur uppträder både när materialet är i smält form och i fast form. Den leder till att den här typen av material är självarmerande. Dessa kallas därför också för **självarmerande plaster**.

LC-plasterna kännetecknas av att de i sig själva, d v s utan extra armering, har mycket goda styvhetsegenskaper. De har hög formbeständighet i värme, god slagseghet, goda elektriska egenskaper samt påverkbar termisk utvidgningskoefficient. De är vidare självslocknande. De är slutligen mycket tåliga mot lösningsmedel och andra kemikalier. Egenskaperna är dock utpräglade **anisotropa**, d v s olika i olika riktningar. Vid tillverkningen av en detalj av LC-plast är det svårt att förutsäga kristallorienteringen och det är därför också svårt att säga vilka egenskaper som detaljen kommer att uppvisa åt olika håll.

LC-plasterna befinner sig ännu på utvecklingsstadiet. Flera företag i världen arbetar inom området ►

ORD ATT MINNAS  
Acetalplast  
Akrylplast (PMMA)  
Amidplast (PA)  
Anisotropa egenskaper  
Aryleterketonplaster  
Arylsulfonplast  
Butentereftalatplast (PBT)  
Cellulosaacetat (CA)  
Cellulosaacetatbutyrat (CAB)  
Cellulosaacetatpropionat (CAP)  
Cellulosanitrat (CA)  
Cellulosaplast  
Etertereftalatplast (PET)  
Etereterketonplast (PEK)  
Etersulfonplast  
Fenylensulfidplast  
Fluorplast, t ex PTFE  
Fluoretenplast, t ex PTFE  
Flytande kristall-polymerer  
Formaldehydplast  
Karbonatplast (PC)  
LC-plaster  
LCP-material  
LC-polymerer  
Liquid crystalline polymers  
Ljusgenomsläpplighet  
Ljustransmission  
Majsplast  
Metylmetakrylatplast (PMMA)  
Modifierad fenylenoxidplast (PPO/SB)  
Noryl  
Nylon  
Oxymetylenplast (POM)  
Polyamid (PA)  
Polyarylsulfon (PAS)  
Polyetereterketon (PEEK)  
Polyetereterketonketon (PEKEKK)  
Polyeterketon (PEK)  
Polyeterketoneterketon (PEKEKK)  
Polyeterketonketon (PEKK)  
Polyetersulfon (PES)  
Polyfenylensulfid (PPS)  
Polykarbonat (PC)  
Polysulfon (PSU)  
Polytetrafluoreten (PTFE)  
Potatisplast  
Självarmerande plaster  
Stick-slip  
Stärkelsebaserade plaster  
Sulfonplast  
Termoplastiska esterplaster  
Transparens  
Vetoplast

#### STICK-SLIP

”Stick-slip” är en engelsk benämning på en effekt som ger upphov till bl a gnissel när två ytor ligger an mot varandra och samtidigt rör sig i förhållande till varandra. Effekten, som saknar allmänt vedertagen svensk översättning, innebär att den kraft som behövs för att starta rörelsen är större än den kraft som behövs för att underhålla rörelsen. Den resulterar i en materialsvängning vid hög frekvens inom det hörbara området och upplevs som ett gnissel.

”Stick-slip” kan uppträda i t ex sammanhang där en detalj av acetalplast rör sig mot en välpolerad och osmord stål- eller metallyta.

men utbudet av material på marknaden är ännu ganska litet. Exempel på LCP-produkter är tråd till textilier samt en del elektriska, mångpoliga anslutningsdon.

LCP-materialen torde vara lämpade för framför allt applikationer som kännetecknas av stora mekaniska och termiska påkänningar. En tänkbar framtida användning är dessutom för sampolymerisering med t ex propenplast, vilket ger ett mycket styvt material. Andra användningar skymtar inom medicinen, där man också tar fasta på materialens kemikalieresistenta egenskaper.

#### Cellulosaplaster

Gruppen **cellulosaplaster** är sk halvsvetiska polymerer och omfattar framför allt plasterna **cellulosaacetat, CA, cellulosaacetatbutyrat, CAB, och cellulosaacetatpropionat, CAP**. De här materialen framställs av naturprodukter, såsom cellulosa och bomull, och de är därför särskilt intressanta med tanke på önskemålen att minska uttagen av kol och olja.

Cellulosaplasterna kännetecknas av att de har goda mekaniska egenskaper, att de är transparenta och av att de kan färgas i nästan alla färger. De har emellertid en del besvärande nackdelar, som att de sväller eller upplöses när de utsätts för t ex alkoholer och klorerade kolväten. Vidare angräps de av starka baser och syror. De används för bl a kåpor till maskiner, verktygsskaft, glasögonbågar, fotografisk film, textilfibrer, lampglober och rör.

Som ett kuriosum kan nämnas att den moderna fasen av plastutvecklingen började med ett cellulosa-material, nämligen **cellulosanitrat, CN**. Detta lanserades under 1800-talets senare del under namnet Celluloid (nu inte längre varunamn), och användes till bl a biljardbollar och fotografisk film. Senare utnyttjades materialet även till bordtennisbollar, kammar och glasögonbågar. CN är dock mycket lättantänd och saknar därför i dag teknisk betydelse.

#### Stärkelsebaserade plaster

Plaster kan tillverkas utgående från stärkelse från t ex majs, potatis och vete. Man talar därför ibland om **majspplast, potatisplast och vetepplast**. Försök



Stärkelsebaserade plaster kan tillverkas av t ex potatis, majs och vete. De tillverkas med argumentet att de kommer från förnybara råvarukällor och marknadsförs ofta som ett komposterbart alternativ till oljebaserade plaster.

inom området pågår sedan några år på olika ställen i världen. Så t ex försöker man att här i Sverige tillverka plast på basis av stärkelse från vete och potatis.

Den huvudsakliga drivkraften bakom försöken att utveckla stärkelsebaserade plaster sägs ligga i omsorgen om miljön. För det första strävar man efter att tillverka plaster av andra utgångsmaterial än kol och olja. För det andra vill man få fram plaster som inte skall ställa till med besvär när de produkter som tillverkats av dessa plaster en gång väl har tjänat ut.

De stärkelsebaserade plaster man hittills fått fram besväras av två nackdelar. Den första består i att de uppvisar en uttalad anisotropi. Som exempel kan nämnas att man har försökt att göra kulspeppennor med skaft av majsplast. Men de anisotropa egenskaperna gör att det är svårt att bibehålla pennorna raka. Den andra nackdelen är att plasterna är mycket fukt känsliga under både tillverkning och användning.

Det är i dag omöjligt att säga något om framtiden för de stärkelsebaserade plasterna och deras användning i tekniska sammanhang. Om det inte sker något tekniskt genombrott är en försiktig gissning att de i framtiden kommer att visa sig representera en återvändsgränd.

#### Frågor och uppgifter till lektion 5

1 Det finns plaster som används inom delar av verkstadsindustrin och som på sina håll betraktas som något av universalmaterial. För en av dessa påtalas just detta förhållande här i artikeln.

- Vad heter denna plast?
- Vilken beteckning har den?
- Vilken effekt kan uppträda i samband med denna plast?

2 Ange några fördelar och nackdelar för plasten enligt 1.

3 I artikeln nämns en plast som används framför allt när man behöver ett polymermaterial som skall klara höga temperaturer, upp till +220°C. Vad heter denna plast och vilken beteckning har den?

4 I artikeln nämns en plast med utomordentliga elektriska egenskaper och likaså mycket goda

egenskaper med tanke på elektronik som arbetar vid höga frekvenser. Vad heter denna plast och vilken beteckning har den?

5 I artikeln nämns två plaster som är mycket vanliga i optiska tillämpningar? Vilka är dessa plaster och vilka beteckningar har de?

6 Vilken plast används ofta till ”stomme” hos en CD-skiva eller CD-ROM-skiva?

7 Hur erfar en människa ”stick slip”?

Olof Krugloff  
PIR/Plast- och Kemibranscherna  
Anderstorp  
telefon 0371-184 80

# RIK EGENSKAPSFLORA HOS PLASTERNA

Plastskolans sjätte avsnitt ger en bred översikt över den flora av begrepp som används för att karakterisera plaster. När det gäller termoplaster kan man många gånger förenkla för sig genom att dela upp plasterna i amorfa och delkristallina material.

"Vid diskussioner om plasters egenskaper och val av plaster för olika produkter finns det i regel inte några entydiga och heltäckande råd att komma med", säger Olof Krugloff hos PIR. "Samtalen präglas i stället av ord som bör och lämpligt." (Foto: Gudrun Edel-Rösnes.)



Av de två närmast föregående avsnitten i Plastskolan framgår tydligt att det finns ett mycket stort antal termoplaster. Dessa kännetecknas i sin tur av ett stort antal olika egenskaper. Antalet kombinationsmöjligheter av plast och egenskap är därför mycket stort. Hur orienterar man sig i den här kunskapsmassan? Finns det inte

några genvägar för att lättare skaffa sig en översikt?

"Jo, det finns det", svarar Olof Krugloff, utbildningsansvarig inom Plastbranschens Informationsråd, PIR. "Med en enkel regel kan man träffa rätt i kanske åtta fall av tio. Jag återkommer strax till den här regeln."

## Strukturen styr egenskaperna

"Plastmaterialens egenskaper bestäms av deras molekylära uppbyggnad", fortsätter Olof Krugloff. "Exempel på egenskaper är styvhet, värmetålighet, transparens samt beständighet mot lösningsmedel, andra kemikalier och UV-strålning. Ett flertal av egenskaperna har en kraftigare eller svagare koppling till en bland termoplaster vanlig indelning i dels amorf, dels delkristallin struktur. Dessa strukturer beror i sin tur av den molekylära strukturen i de två fallen." (Innebörden av "amorf" och "delkristallin" behandlas i separata avsnitt i anslutning till denna artikel; red anm.)

## Amorf och delkristallin

"Den regel jag tänker på består i uppdelningen av termoplaster i amorfa material och delkristallina material", säger Olof Krugloff vidare. "Om jag vet att en viss plast är t ex amorf, vet jag också ett antal huvudegenskaper hos plasten ifråga. Och omvänt, om jag behöver en plast för en viss konstruktionsuppgift och jag vet att jag behöver ett material med t ex god beständighet vad gäller dragspänningar och god resistens mot lösningsmedel, så väljer jag en delkristallin plast."

"Jag vill betona att uppdelningen i amorfa och delkristallina material endast kan användas som ett ungefärligt rättesnöre. Det finns alltså undantag. En termoplast kan vara baserad på en polymer, som tillhör endera av kategorierna. Men om det i materialet finns additiv, armeringsfiber eller fyllmedel kan en del egenskaper ha påverkats så att delar av

regeln inte längre gäller. De amorfa materialens begränsade lösningsmedeltålighet påverkas dock inte av olika tillsatser."

"Jag kan som exempel nämna att en 'ren' amorf termoplast i sig själv har dåliga friktionsegenskaper. Men genom att vid framställningen av en viss sådan plast tillsätta antingen silikonolja eller fluorplast i form av fina partiklar kan man få ett material som i friktionshänseende mer liknar en delkristallin plast. Något motsvarande gäller beträffande armering. En termoplast med glasfiberarmering kan i en del fall uppvisa bättre nötningsegenskaper än den oarmerade varianten. Men i andra fall kan det vara tvärtom." (Beträffande friktion och nötning, se faktaruta; red anm.)

## Översikt över egenskaper

Plasterna karakteriseras av en mängd olika egenskaper, som kan samlas i ett antal huvudkategorier. De viktigaste av dessa är:

- mekaniska
- termiska
- kemiska
- elektriska (inkl högfrekvens)
- optiska
- akustiska
- sammanfogningsegenskaper
- brandtekniska
- miljöegenskaper

Till denna uppräkningslista kan fogas bearbetnings-egenskaper, som i sin tur har en viss koppling till vissa mekaniska egenskaper (t ex **slagseghet**, som ger ett uttryck för segheten hos ett material vid snabbt verkande last) och till geometribetingade egenskaper, såsom godsanhopningar, sammanflytningslinjer och små krökningsradier i godsdelar som utsätts för stor mekanisk belastning. Prisbestämmande egenskaper får slutligen inte heller glömmas bort i sammanhanget.

Antalet egenskaper är alltså stort. Det ligger långt utanför det möjligas gränser att i en enda artikel behandla alla egenskaperna i de här kategorierna, (se faktaruta). Behandlingen måste därför här inskränka sig till att bli mycket översiktlig.

När man diskuterar egenskaper hos material, t ex plaster, bör man skilja mellan allmänna begrepp, som används även av icke-specialister, och väldefinierade facktermer, som används av specialister. (I Plastskolan används i första hand allmänna begrepp.) I ett första steg utgår man från en allmän benämning på egenskapen, t ex **styvhet**, d v s förmågan att motstå deformation. I nästa steg inför man fysikaliska eller hållfasthetstekniska begrepp som man använder för att så att säga ringa in egenskapen ifråga.

Ett hållfasthetsbegrepp som ger uttryck för styvheten är **elasticitetsmodul**, eller **E-modul**. Ju större E-modulen för ett material är desto styvare är materialet. Hållfasthetsbegreppen kan vidare användas

**AMORFT OCH DELKRISTALLINT**  
Begreppen "amorf" och "kristallin" används inom kemien som beteckning för två grundläggande uppbyggnader av fasta material. Amorf struktur utgör motsatsen till kristall-, d v s gitterstruktur. "Amorf" och "kristallin" har lånats över till polymervetenskapen, där de används med något annorlunda betydelser.

för att kvantifiera olika egenskaper hos ett material. Vill man välja mellan olika material kan man gå in i tabeller och se vilka alternativ som bäst svarar mot de krav man har.

Nu är det inte så enkelt att en egenskap alltid speglas helt och hållet av ett och samma begrepp. Egenskaper och begrepp kan i en del fall vara inflätade i varandra, varför det kan fordras betydande kunskaper och stor erfarenhet när det gäller att välja material och bearbetningsmetoder.

### Elasticitet och plasticitet

”När man har att göra med plaster måste man ha klart för sig att det gäller material som uppvisar egenskaper som ligger mellan de rent elastiska och de rent plastiska”, berättar Olof Krugloff.

”**Elasticitet** innebär att ett stycke material efter påtvingad formförändring strävar att återta sin ursprungliga form. **Plasticitet** innebär i stället att materialet så att säga finner sig i den påtvingade förändringen, d v s att det bibehåller sin nya form efter det att de formförändrande krafterna avlägsnats.”

”Man säger därför att plasterna är **viskoelastiska material**. Det här är något som man skall ha särskilt klart för sig när det gäller termoplast. Kännetecknande för ett viskoelastiskt material är att det formförändras till en viss andel när det utsätts för mekanisk belastning. Formförändringen kan indelas i en temporär och en permanent del. Den temporära delen av ändringen återgår när lasten avlägsnas. Den permanenta delen blir kvar. Hur stor denna är bestäms av belastningens storlek och varaktighet och av omgivningstemperaturen.”

### Kort- och långtidsegenskaper

”Eftersom de mekaniska egenskaperna hos plaster är starkt tidsberoende bör man skilja mellan **korttidsegenskaper** och **långtidsegenskaper**”, betonar Olof Krugloff. ”När det gäller korttidsegenskaperna måste man i många fall dessutom skilja mellan olika deformationshastigheter.”

Med korttidsegenskaper avses sådana som är uppmätta med låg deformationshastighet och under tidsrymder från bråkdelar av sekunder till några timmar.

Korttidsegenskaperna är enkla att bestämma. De anges ofta i tabellverk över plasters mekaniska egenskaper. De kan också bestämmas med hjälp av t ex dragprov. Exempel på korttidsegenskaper är brottöjning, draghållfasthet, slagseghet, E-modul, fuktupptagning och därav betingade egenskapsför-

ändringar, materialets beteende vid kortare uppvärmning, ljusgenomsläpplighet och elektriska egenskaper.

Långtidsegenskaper är i regel sådana som uppträder vid belastningar som varar från några månader till några år. Vid dimensionering av detaljer i plast är det ofta betydligt säkrare att utgå från materialets långtidsegenskaper än dess korttidsegenskaper.

Plasters långtidsegenskaper redovisas ofta genom diagram, framför allt s k **isokrona diagram**. Denna typ av diagram visar hur en egenskap förändras under längre tid, ofta dessutom vid olika temperaturer. (Isokrona diagram är ett av de mest värdefulla hjälpmedlen vid dimensionering av detaljer i plast. ”Isokron” är sammansatt av två grekiska ord: ”Iso”, som betyder ”lika” och ”kron”, som betyder ”tid” eller ”tids-”; red anm.)

Det tar mycket längre tid och är betydligt dyrare att få fram långtidsegenskaperna för ett plastmaterial jämfört med vad det tar att få fram materialets korttidsegenskaper.

Exempel på långtidsegenskaper är E-modul och deformation vid långa belastningstider (ett år till flera år) och vid olika temperaturer. Hit hör också åldringsegenskaper, bl a brottöjning (t ex ökad sprödhet), sprickbenägenhet (sänkning av långtidstöjbarheten), missfärgning, dimensionsförändring (krympning) och förändring av elektriska egenskaper.

Vid bestämning av långtidsegenskaper för ett plastmaterial måste man ta med inverkan av olika mekanismer för påverkan. Exempel är kemiska reaktioner som aktiveras av värme eller ljus och som kan leda till permanenta molekyllära förändringar, som i sin tur påverkar materialets egenskaper.

### Två temperaturhänsyn

”Vid konstruktion av detaljer i plast måste man dels veta vilken temperatur detaljerna skall klara, dels hur länge de skall klara att arbeta i denna temperatur”, slår Olof Krugloff fast. ”Vi har här att göra med två mekanismer, en kort- och en långfristig. Vi måste nämligen skilja mellan å ena sidan ett materials beteende vid uppvärmning och å andra sidan den kemiska förändring som materialet genomgår när det används under längre tid vid den avsedda temperaturen.”

I korttidsfallet mjuknar plastmaterialet med ökande temperatur, för att så småningom bli så mjukt att det kan formas. Värms det ytterligare smälter det. När materialet kallnar återgår det till sitt ursprungli-

### FRIKTION OCH NÖTNING

**Friktion** definieras som motstånd mot glidning mellan kroppar.

Friktionen byggs upp av två komponenter. Den ena utgörs av atomärt eller molekyllärt betingade krafter mellan de av kropparnas materialpunkter som har direkt kontakt med varandra. Den andra komponenten uppkommer genom att ojämnheter i det hårda materialet ”plöjer” genom ytan hos det mjukare. Inverkan av de båda komponenterna kan minskas genom att man smörjer kontaktytan mellan materialen.

En intressant aspekt på plastmaterial i lagerapplikationer är att man i många fall inte behöver tillföra något smörjmedel. Detta gäller framför allt vid detaljer av fluor- och etenplaster. I andra fall, där man behöver smörja, kan man ibland använda mineralolja. Det behövs dock specialistkunskap för att avgöra om ett visst plastlager behöver smörjas och i så fall med vad. OBS: Smörj aldrig med silikonolja i apparater med elektriska eller elektroniska funktioner. Silikonoljan har nämligen en benägenhet att bilda tunna filmer som kan breda ut sig och komma in mellan elektriska kontakter och där ställa till med stora problem.

**Nötning** innebär förlust av material från en yta under inverkan av friktionskrafter.

### EGENSKAPER HOS PLASTER

Här följer en koncentrerad översikt över egenskaper och begrepp i samband med plaster. För ytterligare information hänvisas till speciallitteratur om dels plaster, dels hållfasthetslära.

- Mekaniska egenskaper: Densitet, E-modul, draghållfasthet, böj- och draghållfasthet, brottöjning, slagseghet, skårslagseghet, kultrycks- och vattenupptagning (ett material som tar åt sig vatten sväller).
- Termiska egenskaper: Längdutvidgningskoefficient, specifikt värme, värmeledningstal,

- glasomvandlingstemperatur, smälttemperatur, formbeständighetstemperatur i värme, vicatemperatur, försprödningstemperatur, UL-temperatur och maximitemperatur vid kontinuerlig användning. (Anm: Med smälttemperatur avses den temperatur vid vilken kristalliniteten i en delvis kristalliserad polymer upphör vid uppvärmning.)
- Kemiska egenskaper indelas i dels motståndskraft mot lösningsmedel, dels motståndskraft mot syror, baser, oxiderande m fl ämnen.
- Elektriska egenskaper: Volymresistivitet, ytresistivitet,

- genomslagshållfasthet, kapacitivitetstal (tidigare kallad dielektricitetstal), dielektrisk förlustfaktor, ljusbågshårdighet och krypströms-hållfasthet.
- Optiska egenskaper: spektral transmission, transmissionsgrad (jfr ljusgenomsläpplighet), brytningsindex, dämpning och dispersion (de tre sista särskilt viktiga begrepp vid optisk kommunikation över plastfiber).
- Akustiska egenskaper: Vågutbredningshastighet och dämpning.
- Sammanfogning: Egenskaper vid limning, nitning, presspassning,

- skruvning, snäppning och svetsning.
- Brandtekniska egenskaper: Oxygenindex, motstånd mot bildning av elektriska bryggor, egenskaper enligt UL-prov och varmtärdprov.
- Miljöegenskaper: Egenskaperna inom den här kategorin täcker hela förloppet från det att material utvinns ur råvaruresurser, förädlas till tekniska material, används i processer och produkter, återanvänds samt förbränns eller deponeras.

ORD ATT MINNAS  
 Amorfa termoplaster  
 Brotjöjning  
 CR-material  
 Delkristallina termoplaster  
 Elasticitet  
 Elasticitetsmodul  
 E-modul  
 Formkrampning  
 Formåtergivning  
 Friktion  
 Fysikaliska förnätningpunkter  
 Glasomvandling  
 Glasomvandlings-temperatur  
 Isokrona diagram  
 Kedjelängd  
 Korttidsegenskaper  
 Långtidsegenskaper  
 MFI-tal  
 Molekylmassa  
 Måttoggrannhet  
 Nötning  
 Plasticitet  
 Slagseghet  
 Smältindex  
 Smälttemperatur  
 Styvhet  
 Viskoelektiska egenskaper

ga tillstånd. De två huvudkategorier av termoplaster mjuknar på olika sätt, vilka illustreras av de generaliserade diagrammen i fig 1 och 2.

Om ett plastmaterial används vid förhöjd drifttemperatur kommer det att åldras snabbare än avsett. Detta är en följd av att den extra uppvärmningen sätter igång en rad kemiska processer i materialet, främst oxidativa sådana där luftens syre angriper materialet. (Det finns dock en del plaster som kan användas vid något förhöjd temperatur när de omges av andra ämnen än luft, t ex detaljer av amidplast nedsänkta i olja.)

”Vid konstruktion av en detalj i plast måste konstruktören rikta särskild uppmärksamhet på de här bägge mekanismerna” säger Olof Krugloff. ”Vid analysen av de termiska betingelser i vilka produkten skall fungera under hela sin livstid måste man ta hänsyn till temperaturprofilen för produkten under hela denna tid. Sättet att ange de termiska kraven för en produkt kan se ut så här:

Den totala livslängden för den aktuella produkten skall vara säkert tio år. Den skall klara att utsättas för +60°C i korta intervall om tillsammans två år. Därutöver skall den klara +30°C i totalt åtta år.”

### Glasomvandling

Plaster kännetecknas av något som kallas **glasomvandling**, som innebär att ett material övergår från ett hårt och styvt (glas)tillstånd till ett gummiliknande tillstånd. Övergången äger rum inom ett ca 20°C till ca 30°C brett temperaturområde. Man säger att omvandlingen äger rum vid den s k **glasomvandlingstemperaturen**, som är en temperatur inom detta område. Det finns flera metoder att bestämma denna, som tillsammans med **smälttemperaturen** utgör två mycket viktiga begrepp vid angivande av egenskaper hos termoplaster. Som exempel skall här E-modulen som funktion av temperatur visas.

I fig 1 visas E-modulens temperaturfunktion för amorfa termoplaster. Förloppet kännetecknas av att modulen, dvs styvheten, börjar minska drastiskt när temperaturen hos ett materialstycke närmar sig glasomvandlingstemperaturen. Användningsområdet för detaljer av amorfa termoplaster sträcker sig därför upp till strax under den temperatur vid vilken kurvan för materialet börjar att dala snabbt.

I fig 2 visas motsvarande förlopp för delkristallina material. Nu gäller det att komma ihåg att ett sådant material kan uppfattas som att det består av dels amorft material, dels kristallint material. Glasomvandlingen i ett delkristallint ämne äger rum enbart i det amorfa materialet, varför förloppet är annorlunda jämfört med det för rent amorfa material. För delkristallina plaster utgör därför glasomvandlingstemperaturen inte någon övre temperatursgräns. Denna ligger i stället ett stycke under den högre belägna smälttemperaturen.

Glasomvandlingstemperaturen kan för delkristallina plaster ligga långt under rumstemperatur. Detta gäller för t ex etenplast, propenplast och acetalplast.

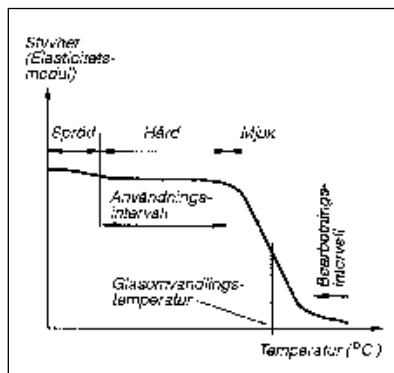


Fig 1. E-modulens variation med temperaturen för amorfa termoplaster. Observera den branta kurvflankan till höger.

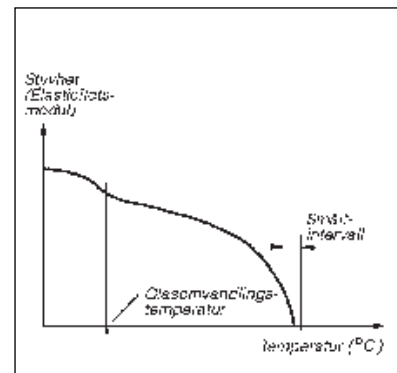


Fig 2. E-modulens variation med temperaturen för delkristallina termoplaster. Observera att glasomvandlingstemperaturen ligger långt under smältintervallet.

Sådana plaster kan ändå uppvisa tillräcklig styvhet vid både rumstemperatur och högre temperaturer.

### Titta på kedjelängden

”Ett sätt att systematisera en del egenskaper hos plaster består i att man utgår från molekylernas **kedjelängd** eller **molekylmassa**”, säger Olof Krugloff vidare. ”Bägge orden ger uttryck för samma sak, nämligen längden, i atomer räknat, av molekylkedjan hos en polymer. Ju längre kedja desto bättre är hållfasthetsegenskaperna. Kedjelängden anges i praktiken med hjälp av ett begrepp kallat **smältindex**, eller MFI-tal (eng: Melt Flow Index). Ju högre smältindex är för en plast desto mer lättflutet är materialet. Smältindex kan därför närmast uppfattas som ett viskositetsbegrepp. Samtidigt gäller att slagseghet och brottjöjning avtar med ökande MFI-värde. (Med **brotjöjning** avses den totala ökningen av mätlängden hos ett provstycke under dragprov. Mätt i brottögonblicket och uttryckt i procent av den ursprungliga mätlängden.) Termoplaster med högt smältindex används bl a för tillverkning av visst tunnväggigt gods medan plaster med lågt index används för tillverkning av tjockväggigt gods.”

”En termoplast består emellertid inte av en polymer med en enda kedjelängd. Materialet består i stället av kedjor med något olika kedjelängder. Molekyler med olika längd fördelar sig på olika sätt. Bredden hos den kurva som beskriver fördelningen är viktig i en del sammanhang. Vid tillverkning av plana lock till t ex vissa typer av hemelektronisk utrustning använder man i första hand material med smal fördelningskurva, s k **CR-material** (CR, eng: Controlled Rheology)”, slutar Olof Krugloff.

### Provningsmetoder

För att man skall kunna jämföra egenskaperna hos olika plaster med varandra arbetar man bl a inom EU för att få fram olika metoder för att bestämma dessa egenskaper. I en del fall finns det flera metoder för samma egenskap och då gäller det att den som läser data för en plast vet vilken metod som tillverkaren använt för en viss sifferuppgift. Metoderna presenteras i olika facklitteratur, som används inom branschen.

Den som vill följa standardiseringsarbetet inom området hänvisas till Standardiseringen i Sverige, SIS, tel 08-613 52 00.

## AMORFA TERMOPLASTER

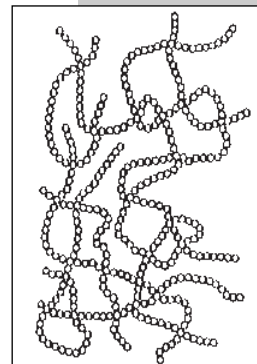
**Amorfa termoplaster** kännetecknas av att deras polymerer är slumpmässigt och oregelbundet inflätade i varandra så att de bildar molekylnystan, jfr fibrer i bomullsvadd (se fig). Den här typen av polymerer har inte någon bestämd smältpunkt utan mjuknar successivt vid uppvärmning. Detaljer av amorft termoplast kan i princip användas under lång tid vid temperaturer upp till den temperatur där de börjar att mjukna.

Plaster baserade på amorfa polymerer uppvisar god **formåtergivning** och **måttnoggrannhet** samt en obetydlig krympning vid formningen, s k **formkrympning**. Plasternas styvhet förändras mycket litet när temperaturen ökar. De flesta av materialen

är transparenta i sitt grundtillstånd. Sådana som är modifierade eller som innehåller kompletteringsämnen är dock opaka, t ex ABS-plast.

Nackdelar är att de har begränsad resistens mot lösningsmedel. De uppvisar en utpräglad känslighet för olika slag av organiska ångor samt generellt risk för spänningssprickbildning vid dragbelastning. De har större friktion än de delkristallina plasterna. De är därför mindre lämpade som material i t ex påtagligt belastade och/eller snabbt roterande kugghjul.

Exempel på amorfa plaster är styrenplaster (slag-tålig styren, styrenbaserad plast/SAN och styrenbaserad plast/ABS), vinylkloridplast, akrylplast, sulfonplaster, modifierad fenylloxidplast, karbonatplast, en del termoplastiska esterplaster, aryleterke-tonplast samt cellulosa-plaster.



Schematisk bild av molekylnystan hos amorft termoplast.

## DELKRISTALLINA TERMOPLASTER

**Delkristallina termoplaster** kännetecknas av att de är uppbyggda av polymerer, vars kedjemolekyler är inordnade i regelbundna strukturer. I materialet finns "förtätade" områden där delar av olika kedjor ligger tätt packade intill varandra. Krafterna mellan kedjorna är större inom dessa områden än mellan de delar av kedjorna som befinner sig i de oregelbundna, amorfa partierna.

De här områdena, inom vilka molekylerna i olika kedjor attraherar varandra kraftigt, kan liknas vid knutarna i ett fisknät men med den skillnaden att de förra går att lösa upp genom tillförsel av värme.

De här förtätade områdena brukar kallas **fysikaliska förtätningspunkter** därför att de ger materialet egenskaper som i någon mån påminner om de termiska egenskaper som hårdplasterna uppvisar. Likheten består i att området för smältning ligger avsevärt högre upp i temperatur än hos amorfa material.

Detaljer av delkristallina plaster kan under lång tid användas inom ett temperaturintervall som är något mer diffust än motsvarande intervall för de amorfa plasterna. Längden hos intervallet bestäms av materialet, vilka stabiliserande additiv det innehåller, samt av den livslängd man önskar för den aktuella detaljen.

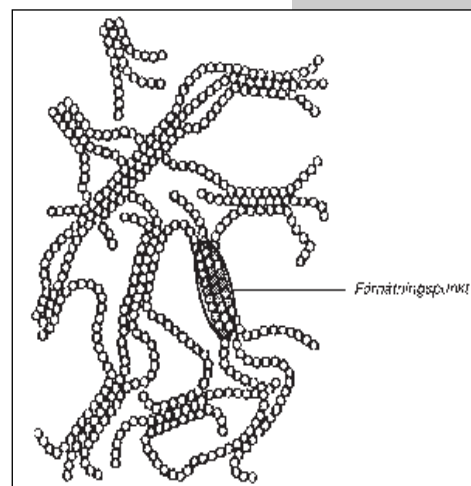
Ingen polymer kan kristallisera till 100 procent.

Det finns sådana som når 90 procent. De återstående, icke kristalliserade procenten utgörs av oregelbundet uppbyggd, d v s amorft, materia. Kristalliseringsgraden ligger dock vanligen under 90 procent och är olika för olika material.

Delkristallina termoplaster har i stort sett motsatta egenskaper jämfört med amorfa. De delkristallina materialen kännetecknas av framför allt högre lösningsbeständighet än de amorfa. De tål kraftigare och mer långvarig dragpåverkan utan risk för bildning av spänningssprickor och de uppvisar goda friktions- och nötnings egenskaper jämfört med de amorfa termoplasterna. De delkristallina plasterna är vanligen opaka.

Delkristallina plaster har dock generellt en större formkrympning än de amorfa materialen och denna är dessutom mer processdataberoende. Därav följer en större benägenhet för formfel, främst skevning, hos de tillverkade detaljerna.

Exempel på delkristallina plaster är olefinplaster, acetalplast, amidplaster, en del termoplastiska esterplaster, fluoretenplaster, fenylsulfidplast (PPS) och LC-plaster.



Schematisk bild av molekylnystan hos delkristallin termoplast.

### Frågor och uppgifter till lektion 6

1. Varför underlättar man för sig genom att dela in termoplasterna i amorfa och delkristallina material?
2. Ange tre egenskaper som kännetecknar amorfa termoplaster.
3. Ange tre egenskaper som kännetecknar delkristallina termoplaster.
4. Vad innebär begreppet glasomvandlingstemperatur?
5. Om man ser till E-modulens funktion av temperaturen, hur kan man med hjälp av denna ange det termiska användningsområdet för:  
A. amorfa termoplaster

B. delkristallina termoplaster

6. Hur skiljer sig mjukningsegenskaperna vid uppvärmning av amorfa termoplaster och delkristallina termoplaster från varandra?
7. Vad innebär begreppet viskoelasticitet?
8. Vilken koppling har viskoelasticiteten till termoplasterna?

Olof Krugloff  
PIR/Plast- och Kemibranscherna  
Anderstorp  
telefon 0371-184 80

# FÖLJ CHECKLISTA OCH ARBETA SYSTEMATISKT

Plastskolans sjunde avsnitt slår fast att den som skall konstruera en detalj i ett polymermaterial måste arbeta metodiskt. En checklista är då till god hjälp. Artikeln kommenterar en sådan lista, som utarbetats av Olof Krugloff hos Plast- & Kemi-branscherna.



"En konstruktör av en detalj i ett polymert material måste nog analysera vad detaljen skall klara att utsättas för under hela dess livstid" säger Olof Krugloff. "I en del fall, när påkänningar på materialet resulterar i nedbrytningseffekter som summeras under materialets hela livstid, måste analysen vara extra detaljerad." (Foto: Gudrun Edel-Rösnes.)

När man ska konstruera detaljer av polymera material måste man tänka på att alla dessa material är speciella i många avseenden. Så t ex skiljer de sig från metaller genom att de är viskoelastiska, dvs de formförändras under last. Vidare bestäms deras egenskaper av vilka temperaturer de används i, både kortsiktigt och långsiktigt. Ett annat kännetecken är att de kan förändras av sk kemisk korrosion och i allmänhet påverkas av olika kemikalier.

## Gå steg för steg

Detaljer av plast konstrueras på tok för ofta på slentrian. "Vi tog den här plasten och valde den här bearbetningsmetoden förra gången så det kan vi nog göra nu också" är enligt uppgift en vanlig bedömning. Har man tur går det bra. Men missar man kostar det tid och pengar att reparera misstagen. Inte minst kan felaktiga konstruktioner leda till missnöjda kunder och ge företaget dåligt rykte på marknaden.

Skall man lyckas med att konstruera detaljer av polymera material måste man gå systematiskt tillväga och steg för steg närma sig målet. Många gånger måste man arbeta interaktivt, dvs ta ett steg, pröva, ändra någon detalj och ta om steget osv. I Sveriges Verkstadsindustriers, VIs, utmärkta kompendium "Plaster - Materialval och materialdata" rekommenderar man följande arbetsgång för konstruktionsarbetet:

- definition av funktionerna
- upprättande av kravprofil
- grovsällning av material
- upprättande av egenskapsprofiler för möjliga material
- konstruktiv detaljutformning

- val av bearbetningsmetod
- val av material
- framtagning av verktyg
- tillverkning av provserier – kontroll av verktyg och produkter
- justering och trimning av verktyg.

Tidsåtgången och kostnaden för hela den här processen måste vägas mot den extra tid och de merkostnader en förenklad process kan resultera i. Det torde vara betydligt bättre att satsa på det säkra i stället för att utsätta sig för en onödig risk, framför allt om man inte är erfaren konstruktör av detaljer i polymera material.

## Två vägar

"När man står inför att konstruera en detalj i ett polymert material kan man välja mellan två tillvägagångssätt" berättar Olof Krugloff, utbildningsansvarig inom Plast- & Kemi-branscherna. "Det ena går ut på att man metodiskt analyserar alla väsentliga faktorer och förhållanden för den blivande produkten – från tillverkningen till att materialen i den skall återvinnas eller att produkten skall slutförvaras eller förbrännas."

"Den andra metoden innebär att man utgår från ett material med kända egenskaper i de flesta avseenden. Man ser därefter hur dessa egenskaper svarar mot kraven i specifikationen för den tilltänkta produkten."

"Vilken metod man väljer i det praktiska fallet bestäms av vilka förhållanden som råder. Huvudsaken är att man arbetar systematiskt och målmedvetet" slår Olof Krugloff fast. "I det här arbetet har man därför stor nytta av en checklista."

## Motiv för checklista

Vad vinner man genom att använda en **checklista**?

"Man vinner framför allt två saker" svarar Olof Krugloff. "För det första tvingas man att verkligen sätta sig in i vilka påkänningar den blivande produkten kommer att utsättas för under sin livstid. Den här kunskapen är ju en förutsättning för att man skall kunna konstruera produkten på rätt sätt."

"Den andra vinsten består i att man tvingas definiera produktens livstid. Det här är mycket viktigt, inte minst med tanke på den termiska belastning som produkten kommer att utsättas för under sin funktionstid. De polymera materialen har nämligen den egenheten att påverkan på dem adderas vid varje temperaturhöjning. De integrerar så att säga sin termiska nedbrytning över tiden. När summan av verkan under alla höjningsperioder (temperatur och tid) blir tillräckligt stor så börjar tydliga åldringstecken att uppstå, inte bara synliga ytdefekter utan också försämring av t ex hållfasthetsegenskaperna, främst kanske brottöjning och slagseghet."

## Checklistans utseende

Återstoden av avsnittet behandlar en checklista för konstruktörer av detaljer i polymera material. Bakom listan står Olof Krugloff.

Listan är uppdelad i följande sju kategorier av egenskaper:

- mekaniska
- termiska
- klimatiska
- kemiska
- elektriska
- optiska
- bearbetningsmässiga
- miljömässiga.

Den inbördes ordningen mellan kategorierna avspeglar inte någon betydelseordning. Vilka kategorier som är viktigast bestäms av den aktuella tillämpningen. Men praktiskt taget oberoende av applikationen så torde klimatkategorierna vara en av de allra viktigaste.

Flertalet av egenskapskategorierna ovan kan i sin tur indelas i typ av påkänning samt egenskap att ta hänsyn till. Listan har formen av en tabell med korta uppgifter i båda avseendena. Här presenteras innehållet i tabellen i stora drag och med korta kommentarer.

## Mekaniska egenskaper

Syftet med kategorin ”Mekaniska egenskaper” i checklistan är att få konstruktören att inse vilka mekaniska påkänningar, såväl statiska som dynamiska, som den blivande detaljen kommer att utsättas för under hela sin livstid. En viktig, men svårhanterad, parameter i detta sammanhang är **slagpåkänningen**. Det är nämligen mycket svårt att överföra data från laboratorieprov på olika material till data som har praktisk innebörd i verkligheten.

En annan mycket viktig mekanisk parameter, som av någon anledning ofta glöms bort, är **belastningstiden**. Eftersom polymera material är viskoelastiska påverkas de när de utsätts för krafter under kortare eller längre tid.

De mekaniska egenskapernas beroende av **temperaturen** är ytterligare en viktig faktor. När temperaturen ökar i ett polymert material ökar nedbrytningen inne i materialet och därmed också dess egenskaper. När man analyserar den termiska nedbrytningens inverkan på de mekaniska egenskaperna måste man göra detta med tanke på såväl **topp-temperatur** som **medeltemperatur** och detta under den blivande produktens hela livstid.

Det finns material med vitt skilda, termomekaniska egenskaper. Det finns sådana som klarar en kraftig termisk belastning under lång tid, t ex tio år. Och det finns sådana som endast klarar en sådan belastning under fem minuter.

Två andra viktiga mekaniska parametrar är **friktion** och **nötning**. Det är dessa som i hög grad bestämmer om man skall använda ett amorft eller ett delkristallint material.

Viktiga funktionssamband vid konstruktionsarbetet är **krypmodul**, **isokroner** (spännings/töjningsdiagram för speciellt valda tider, sådana diagram erhålls genom krypförsök), **elasticitetsmodul** och **mekanisk dämpning**, samtliga som funktion av temperaturen.

## Termiska egenskaper

Vid analys av de termiska påkänningar som ett polymert material skall tåla under hela sin livslängd skiljer man mellan reversibla och icke reversibla påkänningar. **Reversibla** påkänningar hänger samman med korttidsegenskaperna för olika material.

**Icke reversibla** är sådana som hänger samman med materialets långtidsegenskaper.

Exempel på parametrar som är knutna till de reversibla egenskaperna är **längdutvidgningskoefficient**, **volymutvidgningskoefficient**, **värmeledningsförmåga**, **specifikt värme**, **glasomvandlings-temperatur** och **smälttemperatur**.

De icke reversibla egenskaperna är sådana som innebär en permanent förändring av en egenskap och en permanent krympning.

Egenskaper som förändras till följd av en långvarig termisk påverkan är t ex **slagsegghet**, **brottöjning**, **mekanisk hållfasthet**, **elektriska egenskaper** och **energiupptagning**.

Många av de här egenskaperna kan dock påverkas genom att man använder plaster med olika tillsatser.

Den som skall beställa en serie produkter från en plastbearbetare måste därför dels ta reda på vilka egenskaper han eller hon vill framhålla, dels noga ange dessa egenskaper i offertmaterial och beställningsunderlag till plastbearbetarna.

## Klimatområde

Viktiga klimatfaktorer är **värme**, **solbestrålning**, **radioaktiv bestrålning** och **fuktvariationer**. Om ett polymert material utsätts för denna typ av påverkan svarar det nämligen med en större eller mindre permanent nedsättning av olika egenskaper, t ex mekaniska och elektriska. (Anm: Exponering för radioaktiv strålning kan förekomma vid applikationer i t ex satelliter och kärnkraftsammanhang eller där detaljen eller dess innehåll steriliseras genom t ex gammastrålning.)

Vid analysen av värmefaktorn behöver konstruktören kunna uppskatta temperaturprofilen för den blivande produkten under hela dess livstid. Ett resultat av en sådan analys kan se ut t ex så här:

”Produktens totala livslängd skall säkert vara tio år. Den skall klara att utsättas för +60°C i intervall om tillsammans två år. Därutöver skall den klara att utsättas för +30°C i totalt åtta år.”

Motsvarande analyser skall, när så erfordras, utföras för de andra faktorerna. Fuktfaktorn fordrar en särskild kommentar.

Fukt kan uppfattas som en **mjukgörare** för polymera material. En del material är mer känsliga för fukt än andra. Det här innebär att ett och samma material som används i t ex tropisk regnskog (hög fuktighet) och i en öken (låg fuktighet) uppvisar delvis olika egenskaper. Ett polymert material som drar åt sig fukt sväller medan ett som avger fukt krymper. Fuktinnehållet kan påverka inte bara materialets geometriska dimensioner utan också en rad andra egenskaper, t ex ytfinish och elektriska egenskaper.

## Kemiska egenskaper

Även när det gäller kategorin kemiska egenskaper bör konstruktören analysera den blivande produktens påkänningar under hela dess livslängd. Här måste han eller hon också tänka på den kemiska belastningen produkterna kan utsättas för när de till- ➤

## ORD ATT MINNAS

I artikeln förekommande viktiga begrepp, av vilka flertalet dock ej förklaras. Intresserade hänvisas till facklitteratur.

- Belastningstid
- Brottöjning
- Checklista
- Elasticitetsmodul
- Elektriska egenskaper
- Energiupptagning
- Friktion
- Fuktvariationer
- Glasomvandlingstemperatur
- Högfrekvensdämpning
- Högfrekvensegenskaper
- Icke reversibla termiska påkänningar
- Isokroner
- Isolationsegenskaper (elektriska)
- Karakteristisk impedans
- Kemisk korrosion
- Kemresistenstabeller
- Kritisk töjning
- Krypmodul
- Längdutvidgningskoefficient
- Medeltemperatur
- Mekanisk dämpning
- Mekanisk hållfasthet
- Mjukgörare
- Nötning
- Radioaktiv bestrålning
- Resistens mot kemikalier och lösningsmedel
- Reversibla termiska påkänningar
- Slagpåkänning
- Slagsegghet
- Smälttemperatur
- Solbestrålning
- Specifikt värme
- Temperatur
- Topptemperatur
- Volymutvidgningskoefficient
- Värme
- Värmeledningsförmåga

## PLASTER INOM ELEKTRONIKEN

Den här artikeln är en något bearbetad version av en artikel i nr 5 1995 av tidningen Elektronik i Norden, som främst vänder sig till yrkesverksamma elektroniktekniker i de nordiska länderna. Polymera material vinner allt större spridning i elektronikprodukter av de mest skilda slag. (Så t ex kan en modern portföljdator viktmsäsigst bestå av upp till ca 40 % plast). Av den anledningen medverkade upphovsmännen bakom Plastskolan till en 18 artiklar lång serie i Elektronik i Norden under 1994 och 1995. Ytterligare upplysningar om serien kan erhållas från tidningens expedition, tel 08-29 97 40. Fråga efter Anette Hammarström.

verkas i sig själva, när de tillsammans med övriga detaljer och komponenter sätts samman till färdiga slutprodukter och när de används på de sätt som avses.

Nyckelparametern här är **resistens mot kemikalier och lösningsmedel**. Vid analysarbetet kommer man i kontakt med s k **kemresistenstabeller**, mot **kritisk töjning** (risk för sprickbildning) och **kemisk korrosion**.

När det gäller kemresistenstabellerna manar Olof Krugloff till försiktighet. Innehållen i sådana tabeller stämmer inte alltid så väl med verkligheten. Han rekommenderar därför en kontakt med plasttillverkaren i varje enskilt polymermaterialfall.

Risken för kemisk korrosion är störst i materialområden som utsätts för elektrisk påkänning, vidare vid metallinsatser (skruvar, nitar m m) och vid kombinationer av material (spänningsskorrosion).

### Elektriska egenskaper

När det gäller de polymera materialens elektriska egenskaper, och de elektriska påkänningar de skall klara, har bilden ändrats under de senaste decennierna. Inom elektroniken var det tidigare framför allt **isolationsegenskaperna** som ägnades störst intresse. I dag har **högfrekvensegenskaperna** ryckt fram som en allvarlig medtävlare. Höga frekvenser, och/eller s k mycket snabba pulser, ställer nu delvis nya krav på de polymera materialen.

Exempel på viktiga storheter i dag är **högfrekvensdämpning** och **karaktéristisk impedans**. Vidare tillkommer allt högre krav på att materialens egenskaper skall vara jämna. Så t ex får inte impedansen hos en ledare på ett kretskort variera för mycket längs ledaren.

### Optiska egenskaper

Till ett polymermaterials optiska egenskaper räknas hur det ter sig för ögat (färg, opacitet, transparens m m). Andra egenskaper är transmission av optisk energi (ljusledare), transmission av information (optiska fibrer), spegling, brytning, stråldelning, filtrering och våglängdsfiltrering (optiska komponenter).

Inom det här området finns det ännu så länge stora kunskapsluckor. Så t ex vet man inte tillräckligt om hur en optisk fiber beter sig när den matas med hög optisk energi. Och inte heller vet man tillräckligt om hur materialen åldras.

### Bearbetningsmetoder

En mycket viktig faktor är kunskap som berör bearbetningen av ett polymermaterial till en färdig detalj. Misstag här leder till betydande fördröjningar och dryga kostnader. Den här punkten i Olof Krugloffs checklista manar därför till en klok sammanjämkning av främst detaljutformning, val av polymermaterial och val av bearbetningsmetod. En del kombinationer av utformning, material och metoder är bra och andra mindre bra. Det finns också kombinationer som över huvudtaget inte är möjliga.

Viktiga parametrar vid metodvalet är bl a storleken och detaljutformningen hos den produkt som skall tillverkas, seriens storlek, valet av material samt verktygskostnader.

### Miljöaspekter

Miljöaspekterna är den sista punkten i checklistan. Den har kommit till som en följd av det ökade miljömedvetandet under senare år. Allmänt gäller att en konstruktör i dag rent generellt bör förvissa sig om att han inte väljer att utgå från i naturen sällsynta material eller material som är allt för energikrävande för att fås fram i tekniskt användbar form.

Konstruktören bör välja material som inte utsätter miljön i produktions- och underhållslokaler för några olämpliga belastningar. Inte heller bör materialen påverka miljön hos de platser där slutprodukterna används. Slutligen bör produkterna innehålla återvinningsbara material i största möjliga utsträckning. I annat fall bör de kunna brännas upp eller slutförvaras i specialdeponier, utan risk för miljöförstöring.

### Fabrikantdata

Den konstruktör som skall utforma polymera detaljer behöver många gånger detaljerade data rörande en mängd olika storheter. Olof Krugloff rekommenderar att konstruktören i varje enskilt fall tar dessa data ur datahandböcker som tillverkaren av det aktuella materialet tillhandahåller och **inte** ur allmänna tabellverk. Han påpekar också att tillverkarnas material ofta är väl sammanställda. Så t ex innehåller materialen i regel inte bara tabeller och diagram utan också beskrivningar av olika parametrar och hur dessa används. En del beskrivningar är till och med till en del näst intill konstruktionshandböcker.

## Frågor och uppgifter till lektion 7

1. Ange tre viktiga skillnader mellan polymera material och metaller.
2. Vilka är de tio stegen i VIs rekommenderade arbetsgång vid konstruktion av detaljer av plast?
3. Vilka två huvudvägar kan man principiellt välja mellan när man står inför att konstruera en ny detalj av plast?
4. Vilka två viktiga fördelar kan man uppnå genom att använda en checklista när man skall konstruera en detalj av plast?
5. Vilka sju kategorier av egenskaper ingår i Olof Krugloffs checklista i artikeln?

*Olof Krugloff  
PIR/Plast- och Kemibranscherna  
Anderstorp  
telefon 0371-184 80*