

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

PEetenplast

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

PPpropenplast

PP-Bpropenplast, blockpolymeriserat, även pp sampolymer

PP-Hpropenplast, även pp homopolymer

PSstyrenplast

SBstyrenbutadienplast, även slagsegmodifierad ps

SANstyren-akrylnitrilsampolymer

ABSakrylnitril-butadien-styrensampolymer

PVCvynylkloridplast

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

CAcellulosaacetat (cellulosa- diacetat resp triacetat

CABcellulosaacetatbutyrat

CPcellulosapropionat

PAamidplast

PA 46 . . .amidplast typ polytrametylen-adipamid

PA 6amidplast 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

POMoxymetylenplast, även formaldehydplast, av acetal plast

POM hom POM, homopolymeriserat

POM sam POM, sampolymeriserat

PBTbutentereftalatplast, tidigare även PBTB

PETetentereftalatplast, tidigare även PETB

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

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

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

PCkarbonatplast

FÖRKORTNINGAR & BENÄMNINGAR

FÖR TERMOPLASTISKA ELASTER

TPEtermoplastisk 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:

TPEtermoplastisk elast

TPEamidplast - blockamidplast, även PEBA

TPEesterelast - copolymerelast

TPEstyrenbaserad elast - styrensampolymeriserat

TPOolefinelast 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

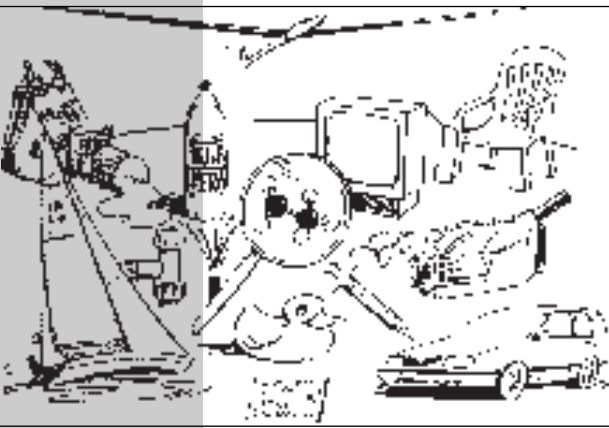
PLAST

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

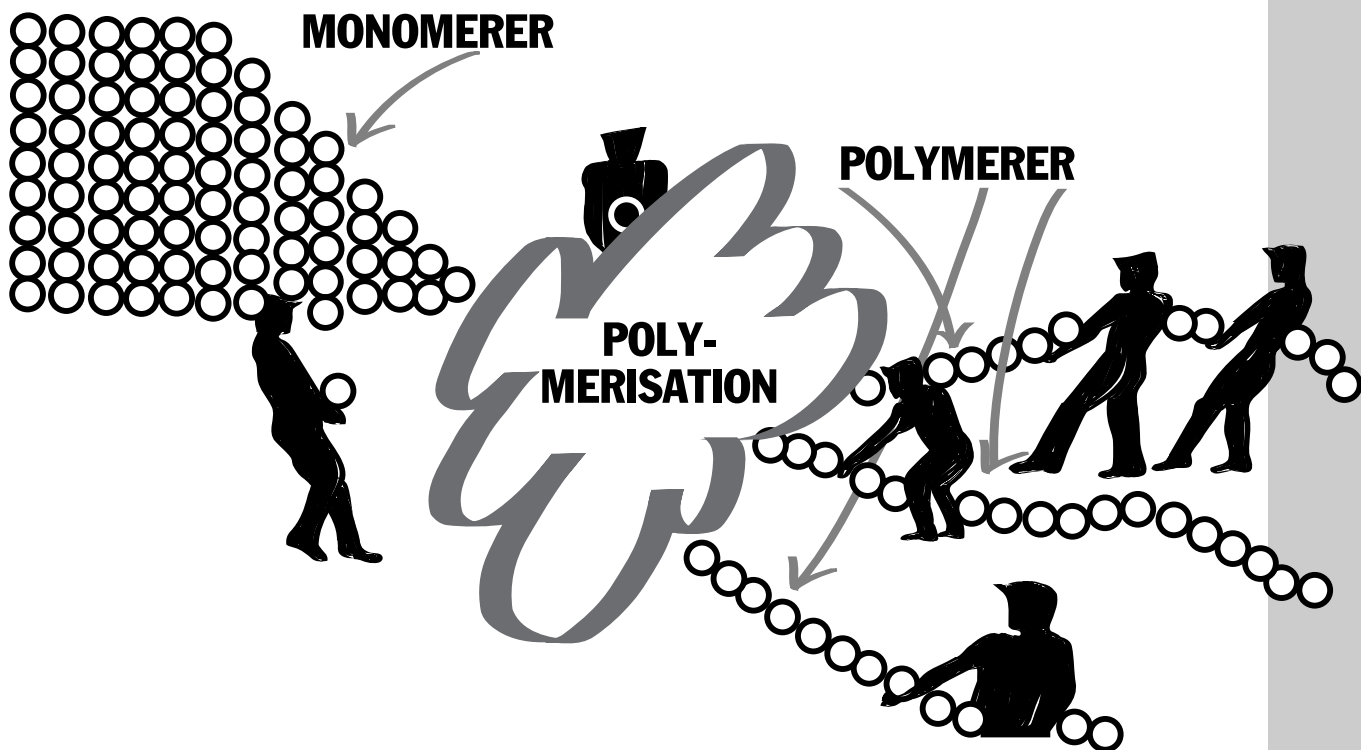
Vilka egenskaper som är till fördel och vilka som är till nackdel i en viss situation bestäms av bl a vilken produkt det gäller, hur den skall utnyttjas, i vilken miljö den skall fungera och hur länge den skall kunna användas. Det krävs därför speciella kunskaper och färdigheter för att välja plast, 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), **brandskyddstill-satser**, **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, melaminplast, 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?

.....

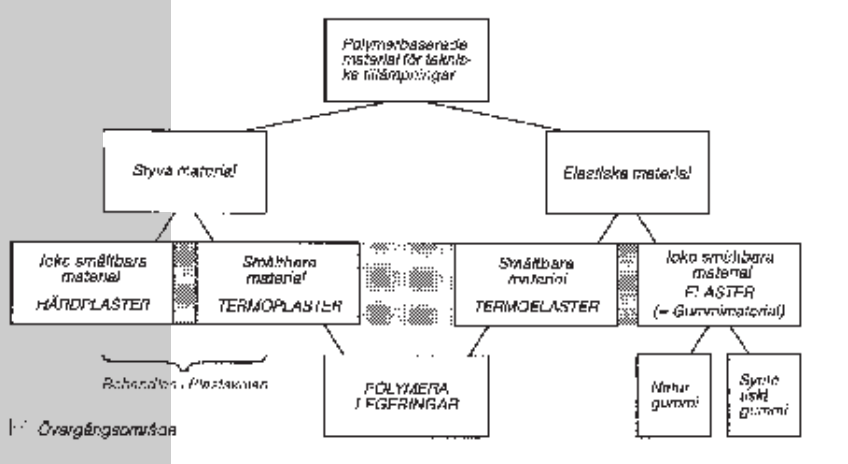
.....

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 tillförsel 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 förses 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 sommarkdäck, 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 kaffebryggare 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 sk monstertkort 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 glasfiberatta, 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 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.

MOLEKYLSTRUKTURER

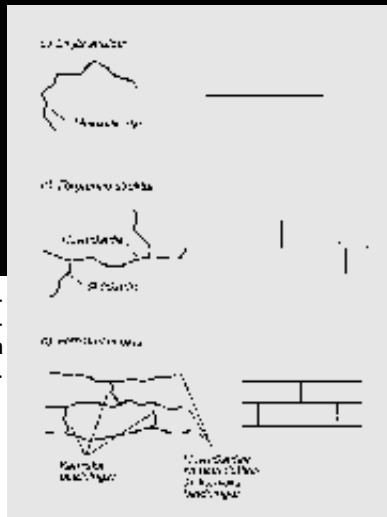
Plasterna är uppbyggda av långa molekylkedjor, s k *makromolekyler*. Dessa delas efter strukturen in i kategorierna linjär struktur, förgrenad struktur och förnätad struktur.

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

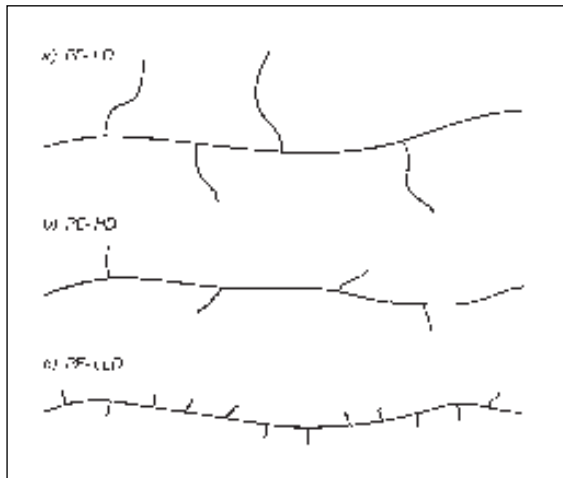


Fig 1. Principlen för molekylstrukturerna hos PE-LD, PE-HD och PE-LLD.

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 dennas 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. Möjligan 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 Kemibranschern
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 känneteckas 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 fenyleneoxidplast (PPO/SB)
Noryl
Nylon
Oxymetylenplast (POM)
Polyamid (PA)
Polyarylsulfon (PAS)
Polyetereterketon (PEEK)
Polyetereterketonketon (PEKEKK)
Polyeterketon (PEK)
Polyeterketoneterketon (PEKEKK)
Polyeterketonketon (PEK)
Polyetersulfon (PES)
Polyfenyleneoxid (PPO)
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, kammor 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 karaktärisera 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 möjliga 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 hårdare 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 specialkunskap 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 krypströmhållfasthet.

■ 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
 Måttnoggrannhet
 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.

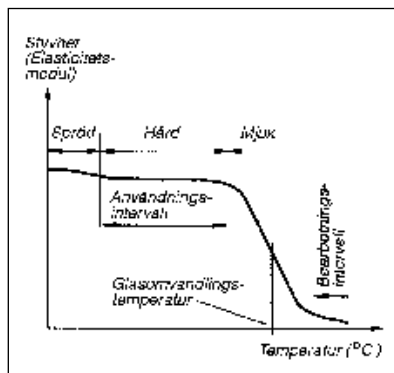


Fig 1. E-modulens variation med temperaturen för amorfa termoplaster. Observera den branta kurvflanken till höger.

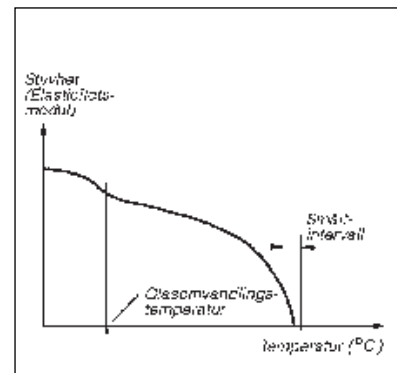


Fig 2. E-modulens variation med temperaturen för delkristallina termoplaster. Observera att glasomvandlingstemperaturen ligger långt under smältintervall.

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

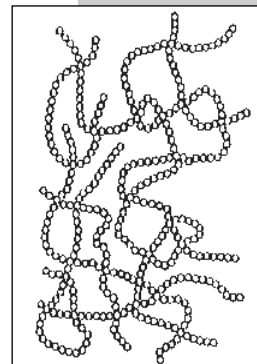
Amorfa termoplaster kännetecknas av att deras polymerer är slumpmässigt och oregelbundet inflätade i varandra så att de bildar molekylnystan, jfr fibrer i bomullsvadd (se fig). Den här typen av polymerer har inte någon bestämd smältpunkt utan mjuknar successivt vid uppvärmning. Detaljer av amorft termoplast 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. Likheter 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.

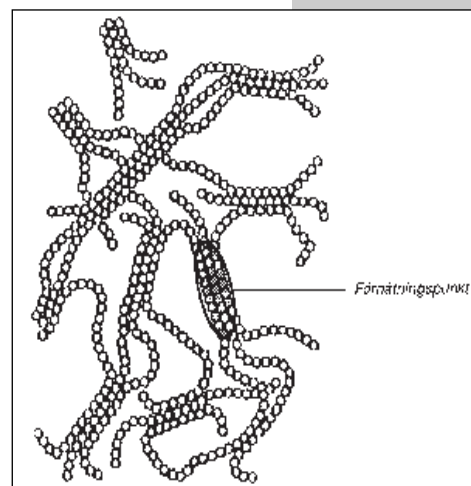
Ingen polymer kan kristallisera till 100 procent.

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 Kemibranscher
Anderstorp
telefon 0371-184 80*

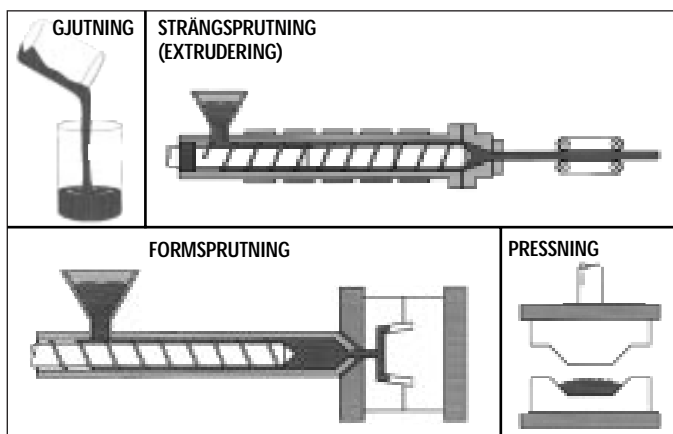
BEARBETNINGSMETODER

Detta avsnitt, det åttonde i Plastskolan, ger en översikt av olika metoder att bearbeta plast till halvfabrikat eller färdiga produkter. I nästa avsnitt presenteras de, bland svenska plastbearbetare, två vanligaste metoderna mera djupgående.

Det finns ett stort antal metoder att producera detaljer av plast. I Sverige finns över 700 företag som bearbetar plast till färdiga produkter. De flesta av företagen har specialiserat sig på en eller ett fåtal bearbetningsmetoder.

När man konstruerar en plastdetalj måste man tänka på att det är en mängd faktorer som tillsammans bygger upp det slutliga resultatet. Viktiga sådana faktorer är t ex funktion, motståndskraft mot miljöpåverkan (värme, mekaniska krafter, friktion, elektrisk spänning, kemikalier m m), plastmaterial, seriestorlek, metod för plastbearbetning, kostnader och leveranstid.

Fig. 1.
Grundläggande metoder för plastbearbetning.
(Källa: Olof Krugloff; Plast- & Kemibranscherna.)



Huvudmetoder

Plastbearbetningsmetoderna kan indelas i följande huvudmetoder:

- gjutning
- strängsprutning
- formsprutning
- pressning.

Gjutning innebär att detaljer gjuts i öppna eller slutna formar. Gjutningen kan utföras i fabriker eller på den plats där en detalj ska användas ("in situ").

Strängsprutning, eller **extrudering**, som metoden också kallas, går ut på att man låter en matarskriv tvinga fram sprutmassan under det att den värms upp till mer eller mindre lättflytande form. Smältan pressas genom ett munstycke där den kyls ned, varvid produkten får sin slutgiltiga form.

Metoden används för att tillverka t ex filmer, folier, skivor, slangar, rör, fibrer, profiler, kabelmantlar m m. Den här typen av formgods kallas med ett gemensamt namn för **strängsprutgods**.

Utrustningen i vilken processen äger rum kallas på

engelska för "**extruder**" ("extrude": driva ut).

Formsprutning kan betraktas som en materialanpassad vidareutveckling av det så kallade pressgjutningsförfarande man använder för metaller. Metoden går ut på att smält material sprutas in i en relativt kall form. När smältan svalnat delas formen, varefter materialet stöts ut som ett stabilt formstycke. Formsprutning torde vara den viktigaste metoden för att tillverka produkter av termoplast. Metoden kan i modifierat utförande även användas för tillverkning av detaljer av härdplast.

Pressning, eller **formpressning**, som metoden också kallas, går ut på att plastmaterial under värme och tryck kan formas till en härdad slutprodukt. Det finns en variant av den här metoden som kallas **sprutpressning** och som påminner om formsprutning. Vid sprutpressningen läggs inte pressmaterialet mellan formhalvorna utan trycks in i formrummet genom en kanal i den ena av halvorna.

Kostnader

När man kalkylerar kostnaderna för att tillverka en plastdetalj måste man ta hänsyn till:

■ kostnader för att tillverka det första exemplaret av detaljen

■ det antal detaljer man kan tillverka innan man behöver byta formverktyg och liknande.

Särskilt viktiga faktorer är det *tryck* som plastmassan utsätts för när detaljen tillverkas, kraven på *ytfinish* hos detaljen och hur komplicerad detaljens *form* är.

Ju högre tryck som behövs vid bearbetningen, desto starkare material måste man använda i t ex formar och maskindelar. Högre materialkrav betyder oftast högre kostnader.

Ju högre ytfinish man kräver hos den färdiga detaljen desto omständligare blir det att tillverka formarna. Höga krav på ytjämnhet betyder ofta ett omfattande poleringsarbete vid formtillverkningen, vilket givetvis driver kostnaderna i höjden.

Formkomplexiteten hos detaljerna, har naturligtvis en stor inverkan på kostnaderna för tillverkning av formverktyget. Kostnaden för formverktygen kan påverka detaljens tillverkningskostnader väsentligt.

Gemensamt för de här kostnadsfaktorerna är att de kan betraktas som initialkostnader, d v s kostnader som uppstår innan den egentliga produktionen kommit igång. Därför strävar man efter långa produktionsserier som gör det möjligt att fördela initialkostnaden på många detaljer.

Olika plastbearbetningsmetoder är lämpade för olika stora tillverkningsserier. En beställare av en plastdetalj måste därför noga väga initialkostnaderna mot möjligheterna till stor seriestorlek utan nytillverkning av ersättningsformar m m. Det är nämligen bearbetningens slitage på formar och munstycken som är den faktor som i första hand bestämmer livslängden hos de formbestämmande delarna i produktionsutrustningen.

Vissa bearbetningsmetoder, t ex formsprutning, formpressning och formblåsning, lämpar sig för stora serier. Andra, t ex formgjutning och rotations-

gjutning lämpar sig oftast bättre för små serier.

När man väljer plastmaterial och bearbetningsmetod måste man tänka på att olika plaster passar olika bra för olika produktionsmetoder. Metoder som t ex formsprutning ger mycket stor valfrihet, medan t ex gjutning och formpressning innebär en mera begränsad valfrihet.

I tabellen kommenteras kostnadsdimensionerande faktorer, formslitage och frihet i materialval för några av de bearbetningsmetoder som berörs i den resterande delen av artikeln. Uppgifterna är endast grovt vägledande.

Metodöversikt

De fyra ovan nämnda metoderna kan betraktas som grundläggande metoder. Utöver dessa finns det ett antal varianter. De bland svenska plastbearbetare under 1995 vanligaste metoderna är (enligt fig 2) formsprutning, strängsprutning (extrudering), tillverkning av produkter i armerad plast, vakuumformning/varmformning, formpressning, formgjutning, filmblåsning och formblåsning. Därutöver finns det ett antal "övriga metoder".

Formsprutning dominerar

Formsprutning är den helt dominerande metoden för tillverkning av plastdetaljer av alla de slag. Vid sprutningen används höga tryck, från 200 bar upp till 1 000 bar eller högre (se tabell). Detaljerna kan produceras i ytfinhetsgrader från grov till mycket fin, d v s så att de får optisk kvalitet (t ex linser). Såväl geometriskt enkla som ytterst komplicerat formade detaljer kan formsprutas. Vid sprutning av icke armerade material kan formarna i en del fall hålla för så långa serier som över 1 miljon detaljer. Bearbetar man armerade material, t ex glasfiberarmerad plast, slits formarna snabbare. Metoden kan tillämpas på ett mycket stort antal termoplaster. Den kan också användas för tillverkning av formgods av härdplast.

Formsprutning är en mycket generellt användbar metod. Prisspännvidden för en uppsättning formar för formsprutning kostar från ca 10 000 kr för en enkel och mindre detalj upp till kanske flera miljoner för stora detaljer med hög ytfinish. Metoden är därför av rena kostnadsskäl i första hand lämpad för storserietillverkning.

Strängsprutning

Strängsprutning, eller **extrudering** kan beskrivas som en kontinuerlig formning av en plastisk massa till en profil, t ex ett rör eller en stav med önskad form hos tvärsnittet. Trycket vid sprutningen är förhållandevis högt, från 10 till 50 bar (se tabell). Det tillverkade ämnet kan ha låg eller måttlig ytfinish. Komplexiteten hos profilen kan vara enkel eller måttlig.

Strängsprutning tillämpas endast för termoplaster. De vanligaste materialen är vinylplast, olefinplaster, akryl- och karbonatplaster.

Armerad plast

"**Armerad plast**" syftar vanligen på detaljer av fiberarmerad härdplast, vanligen av omättad esterplast eller epoxiplast. Formningen sker oftast i öppna formar. Fiberarmeringen kan utgöras av glasfiber, kolfiber eller aramidfiber. Exempel på några av de mest kända produkterna av armerad plast är båtskrov, hytter, sandlådor och skyddshjälm.

Vid tillverkning av båtskrov utgår man från en

gjutform, som bestämmer skrovets form och finish. Formens insida beläggs med ett släppmedel, som kan utgöras av fast eller flytande vax. Därefter anbringas ett tunt lager av enfärgad plast, s k **ytlager** eller **gelcoat** (engelsk benämning utan svensk översättning). Därefter tillförs plast i flytande form liksom även fibermaterialet.

Tillverkningen kan ske genom antingen **handuppläggning** eller sprutning. I det förra fallet utgörs fibermaterialet av mattor eller s k roving-väv, som arbetas ned i plasticskiktet utan att det uppstår några luftblåsor. ("**Roving**" är ett engelskt ord, som i båttillverkningssammanhang betyder knippen av parallella, kontinuerliga fibrer. Ordet saknar svensk översättning.)

Plast och mattor eller väv anbringas växelvis tills man fått ett materialskikt med lämplig tjocklek. Skiktet får därefter härda.

Vid spruttillverkning av detaljer av armerad plast använder man ett verktyg med munstycken som applicerar plast, härdare och accelerator, tillsammans med huggen glasfiber, s k **sprutroving**. Efter avslutad sprutning får skiktet härda. Efter härdningen erhålls i de bägge fallen ett laminat med mycket goda mekaniska egenskaper och förhållandevis låg vikt.

Handuppläggning anses ibland ge produkter som hållfasthetsmässigt står något över sprutade produkter. På andra håll anser man att handuppläggning och sprutning kan ge produkter med ungefär samma kvalitetsegenskaper. Men sprutningen är den mer rationella och ekonomiska metoden av de två och den används därför framför allt vid tillverkning i större skala.

Profildragning, eller **pultrudering**, är en metod som går ut på att fibrer väts av plast och dras genom ett munstycke, i vilket materialet härdas. Metoden tillåter att olika armeringar kan kombineras, t ex parallellfibrer och vävar. Den används för tillverkning av t ex rör, I-balkar, kryssbalkar och "vingprofiler". ("Pultrudering" kommer från engelskans "pull", d v s "dra", och "extrude", d v s "driva ut".)

Lindning är en metod som förekommer i flera varianter. Den vanligaste består i att man använder armering i form av vävar eller fiberknippen i ett plastbad. Därefter lindas armeringen upp mot en formgivande yta. Metoden används för tillverkning av t ex rör, tryckkärl, rotationsaxlar, master, fiske-spön och nät- eller gallerstrukturer.

Vakuumformning och varmformning

Vakuumformning innebär i princip att man utgår från en folie eller skiva av en termoplast, som man formar i en "halvform" med hjälp av luft, värme och vakuum (se tabell). Formningen sker genom att luften mellan folien/skivan och halvformen avlägsnas genom vakuumpumpning, så att atmosfärstrycket pressar in skivan mot formyten. Om man samtidigt med vakuumpumpningen av utrymmet på ena sidan folien eller skivan bygger upp ett övertryck på den andra talar man om **tryckassisterad vakuumformning**. Tryckområdet vid vakuumformning sträcker sig från ca -1 bar till ca +3 bar.

Varmformning är en variant av vakuumformning där pressverkan åstadkoms med hjälp av två varma formhalvor. Konventionell vakuumformning och varmformning kan användas för detaljer med ganska enkel form medan tryckassisterad vakuumformning kan användas för ganska avancerat utformade produkter. Den senare metoden utmärks också av ➤

ORD ATT MINNAS
Armerad plast (tillverkning av detaljer av)
Biaxiell töjning
Cellmaterial
Cellulärt material
Doppning
Expanderad polystyren, EPS
Expanderat material
Extruder
Extrudering (= strängsprutning)
Filmblåsning
Formblåsning
Formpressning
Formsprutning
Frijäsning
Gelcoat
Glasfiberarmerad epoxi
Gjutning
Handuppläggning
Inredningslaminat
Kalander
Kalandrering
Krympfolie
Laminatpressning
Lindning
Mjukgjord vinylkloridplast
Mönsterkort
Pressning
Profildragning
Pultrudering
Roving
Sprutpressning
Sprutroving
Strängsprutgods
Strängsprutning (= extrudering)
Tekniska laminat
Tryckassisterad vakuumformning
TSG-material
Vakuumformning
Ytlager
Överpackning

Den som vill fördjupa sig ytterligare i ämnet "armerad plast", hänvisas till den utmärkta handboken "Armerade Härdplaster Helt enkelt", som kan beställas via Plast- & Kemibranscherne, PIR-sekretariatet, Stockholm, tel 08-402 13 60.

att den gör det möjligt att tillverka former med mycket skarpa kanter och hörn.

Vid vakuumformning och varmformning är slitaget på formdelarna litet varför metoden kan användas för tillverkning av detaljer i stora serier. Men eftersom formarna är billiga att tillverka kan metoden också tillämpas för småserietillverkning.

Vakuumformning och varmformning tillämpas i första hand för amorfa termoplaster, som styrenplast och olika varianter av sådan plast (t ex ABS och slagseg styrenplast). Men metoden tillämpas även för delkristallina plaster.

Formpressning

Formpressning sker vid ganska höga tryck, vanligen mellan 25 bar och 500 bar (se tabell). Metoden kan användas för att tillverka från enkla till komplicerade produkter med låg eller hög ytfinish. Slitaget på formdelarna är litet varför metoden kan utnyttjas för storserietillverkning. Den lämpar sig därför väl för tillverkning i små serier.

Formpressning kan endast användas för hårdplaster.

Fimblåsning

Fimblåsning är en metod som i princip liknar strängsprutning av en plastslang. Men metoden använder en utrustning som blåser upp den varma och mjuka slangen till en bubbla direkt efter att den lämnat strängsprutans munstycke.

Tekniken gör det möjligt att tillverka mycket tunna filmer och folier (film = tjocklek under 0,1 mm, folie = tjocklek över 0,1 mm). Tjockleken bestäms genom att man varierar den extruderade slangens hastighet och bubblans uppblåsningsförhållande. Blåsan kyls och omformas med hjälp av ledskivor eller riktvalsar till en planlagd "dubbelfolie", som rullas upp.

En blåst film eller folie kan trots sin ringa tjocklek ändå vara påfallande stark. Det beror på att materialet i slangen samtidigt sträcks i två riktningar genom att både töjas längsled och blåsas upp i sidled. Denna s k **biaxiella töjning** gör det också möjligt att tillverka **krympfilm**. I krympfilm har materialet ett "termiskt minne" och strävar efter att återta sin gamla form när det återupphetas. Materialet krymper, vilket utnyttjas t ex i förpackningssammanhang.

Formblåsning

Formblåsning går ut på att det halvstelnade rörämnet som trycks ut genom en strängsprutmaskin eller formsprutmaskin med rörmunstycke förs in mellan två formhalvor. Halvorna sluts och ämnet blåses upp med hjälp av tryckluft så att det expanderar och formar sig efter formväggarna och deras geometri. Arbetstrycket är lågt, ofta mellan 1 och 3 bar.

Metoden har utvecklats så att man i dag kan använda den för att tillverka mycket komplicerade hålkroppar. Men det rör sig då i regel om ganska stora detaljer, t ex behållare och bränsletankar som ska passa i

oregelbundna utrymmen i t ex motorfordon.

Vid standardmässig formblåsning används låga tryck, från 1 till 3 bar. På grund av att det uppstår tillplattade luftblåsor mellan plastmaterialet och formens innerytor får detaljerna ofta en ganska grov finish. Nya metoder ger dock produkter med hög finish.

Metoden tillåter inte någon större formkomplexitet. Slitaget på formen är ytterst litet, varför metoden lämpar sig för mycket stora produktionsvolymer. Men tekniken är intressant därför att den också av ekonomiska skäl lämpar sig för tillverkning i små serier.

Formblåsning kan endast tillämpas för termoplaster. Vanliga material i sammanhanget är polyolefiner (t ex polyeten och polypropen), PVC och PET.

Övriga metoder

Det finns många plastbearbetningsmetoder som kan hänföras till kategorin "övriga" i fig 2:

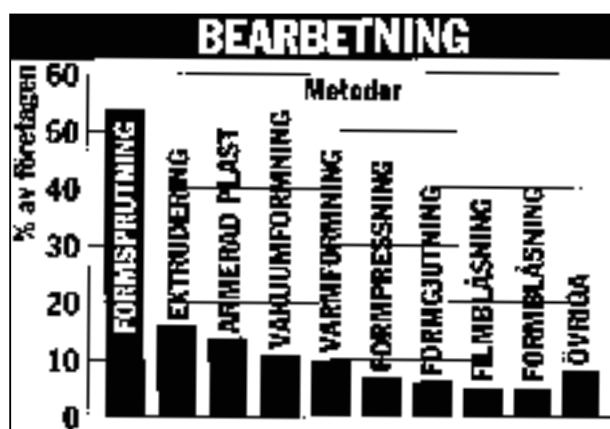


Fig. 2. Den procentuella fördelningen av plastbearbetningsmetoder som utnyttjas bland svenska plastbearbetare. (Källa: Plastforum nr 7-8 1995, sid 41.)

Gjutning används uteslutande för hårdplaster. Gjutningen kan ske i slutna eller öppna former (se tabell), oftast vid normalt atmosfärtryck. Gjutformarna kan tillverkas för att ge ända från låg till ganska hög ytfinish. Med "vanliga" gjutmetoder kan man tillverka från enkla till ganska avancerat utformade detaljer. Det finns dock speciella metoder för till-

verkning av detaljer med synnerligen avancerad geometrisk form. I sådana fall är gjutformarna ofta så invecklat utformade att de måste förstöras för att man skall få fram den gjutna detaljen.

Formar som används vid "vanlig" gjutning kan i regel användas för tillverkning av upp till ett 1 000-tal detaljer. Metoden kan också rekommenderas vid småserietillverkning.

Rotationsgjutning används för att tillverka hålkroppar av olika storlekar. Ofta används tekniken dock för stora tankar och liknande. Vid gjutningen används en formuppsättning som samtidigt roterar runt två axlar, en "huvudaxel" och en "lillaxel". Det finns också en variant av metoden, hos vilken den ena rotationsrörelsen ersatts av en fram- och återgående vippningsrörelse.

Med rotationsgjutning kan man framställa helgjutna detaljer i ett enda stycke, helt fria från materialskarvar och inre spänningar.

Rotationsgjutning sker vid normalt atmosfärtryck (se tabell). Metoden lämpar sig för att tillverka produkter med enkla former. Forms slitaget är mycket litet, varför förfarandet kan tillämpas för mycket stora serier. Men metoden lämpar sig också utmärkt för småserietillverkning.

Rotationsgjutning kan i princip användas för alla smältbara plastmaterial och även hårdplaster. De vanligast använda materialen är emellertid polyolefiner och vinylkloridplast.

Kalandrering är antingen en batch- eller strängsprutningsbaserad metod för tillverkning av måttbestämda folier av termoplast, t ex mjukgjord eller styv vinylkloridplast eller några av dessa materials sampolymerer, vidare polyolefiner, ABS-plast, termoplastiskt gummi samt elastomerer. Tjockleken hos folierna kan väljas mellan ca 50 mikrometer och 800 mikrometer.

Strängsprutningsutrustningen levererar en bred sträng av smält plast, som planas ut mellan ett antal valsar som arbetar mot varandra. En sådan s k **kalander** är alltså en stor valsmaskin.

Laminatpressning är en metod för att framställa plana skivor uppbyggda i skikt. Skikten består av plastimpregnerad armering, vilken under värme och tryck pressas samman till laminat. De vid laminatpressning vanligaste plasterna är fenoplast och melaminplast medan de vanligaste armeringarna är papper eller väv. Metoden används för att tillverka dels **inredningslaminat**, dels **tekniska laminat**.

Tekniska laminat är mycket vanliga i elektriska och elektroniska utrustningar. Material som skall uppvisa särskilt goda elektriska egenskaper under även fuktiga förhållanden är ofta baserade på kombinationer av plaster, t ex fenoplast och epoxiplast. En mycket vanlig laminattyp i elektroniksammanhang är **glasfiberarmerad epoxi**, som används till s k **mönsterkort** eller kretskort, d v s komponentbärande skivor med ledande mönster av t ex koppar.

Expander innebär att man förser plastmaterialet med ett, eller flera tillsatser, som på termisk eller kemisk väg leder till att det uppstår gasblåsor i materialblandningen, d v s att denna jäser eller expanderar. Ett sådant material kallas **expanderat material**, **cellulärt material** eller **cellmaterial**. Exempel på vanliga utgångsmaterial för tillverkning av expanderat material är styrenplast, propenplast, etenplast, uretanplast och sampolymerer. Styrencellplast kallas **expanderad polystyren**, **EPS**. Cellulära termoplastmaterial kallas också för **TSG-material** (efter tyskans "Thermoplast-schaumguss", d v s "termoplastskumgods").

Man skiljer mellan **frijäsning** och **överpackning**. Vid frijäsning får materialet

expandera fritt. Överpackning innebär att man låter expansionen ske i en sluten form och att man sätter till en större mängd material till en mindre formvolym. Anta som exempel en form, som rymmer 1 liter frijäst material. Om man fyller formen med material, som i frijäst form skulle uppta 5 liter så har man en överpackning på 5.

Vid frijäsning är trycket lågt medan det vid kraftig överpackning kan bli mycket högt (se tabell). Formarna kan tillverkas för olika grader av ytfinish, från låg till hög. Metoden kan tillämpas för enkla och upp till måttligt komplexa produkter. Vid formar av silikon kan man uppnå seriestorlekar upp till ca 100. Formar av trä klarar ca 1 000 detaljer och formar av aluminium kan klara ända upp till 100 000.

Expanderat material används för tillverkning av t ex förpackningsdetaljer, kylskåpsinredningar, apparathöljen och skivor m m för värmeisolering.

Doppning används för att t ex miljöskydda elektriska och elektroniska komponenter. Doppningen utförs vid normalt atmosfärtryck (se tabell). Material som används är framför allt epoxiplast och vinylkloridplast samt olika elaster.

BEARBETNINGSMETOD	KOSTNADSDIMENSIONERANDE FAKTORER			SLITAGE. ANTAL DETALJER PER FORM	FRIHET I MTRVAL	ANMÄRKNING
	TRYCK (BAR)	YTFINISH 1: GROV 10: MKT FIN	MÖJLIG KOMPLEXITET 1: ENKEL 10: MYCKET KOMPLEX 10+: YTTREST KOMPLEX			
Formsprutning	200 – –1 000	1–10	1–10	> 1 miljon (glf: < 1 milj)	Mkt stor	Mkt generell metod. Stora serier.
Strängsprutning	10–50	3–6	5	Norm: inget (glf: begr)	Vinyl, polyolefiner	
Vakuumformning/ /Varmformning	-1 till ca +3	Mot form: 1–3 Mot luft: 1–9	Konv: 1–5 Tryckassist: 1–8	100 000	Amorfa termopl (Delkrist)	Lämpad även för små serier.
Formpressning	25–500	1–10	10	500 000	Härdpl	Lämpad även för små serier.
Formblåsning	1–3	1–3	1–6	> 1 miljon	Polyolefiner vinyl, PET	Lämpad även för små serier.
Gjutning	Atm	1–9	Vanl: 1–7 Special: 10+	1 000	Härdpl	Lämpad även för små serier.
Rotationsgjutning	Atm	1–4	1–4	> 1 miljon	Polyolefiner, vinyl	Lämpad även för små serier.
Expander	0–10	1–9	5	Silikon: 100 Trä: 1 000 Al: 100 000	PUR, PE	
Doppning	Atm	–	–	–	Epoxi, vinyl, elaster	Kapsling

Frågor och uppgifter till lektion 8

1. Vilka är de fyra vanligaste metoderna för tillverkning av plastdetaljer?
2. Ange två viktiga kostnadsfaktorer att ta hänsyn till när man projekterar tillverkning av en plastdetalj.
3. Varför måste man väga de beräknade initialkostnaderna mot seriestorleken när man projekterar en ny plastprodukt?
4. Ange två plastbearbetningsmetoder som lämpar sig för stora produktionsserier.
5. Ange tre plastbearbetningsmetoder som lämpar sig för små produktserier.
6. Vilken är den bland svenska plastbearbetare vanligaste plastbearbetningsmetoden?

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

Koncentrerad översikt över olika plastbearbetningsmetoder och några av deras viktigaste kännetecken. (Källa: Olof Krugloff, Plast- & Kemibranscher.)

FORMSPRUTNING OCH STRÄNGSPRUTNING

Det nionde avsnittet av Plastskolan ägnas helt åt de två vanligaste bearbetningsmetoderna hos svenska plastbearbetare, nämligen formsprutning och strängsprutning.

Den i särklass vanligaste bearbetningsmetoden bland svenska plastbearbetare är formsprutning. Enligt en undersökning som Plastforum genomförde i mitten av förra året arbetade då hela 54% av företagen inom branschen med just formsprutning. Enligt samma undersökning kommer strängsprutning tvåa med ca 18% av företagen. (Se diagram i avsnitt nr 8 av Plastskolan.) Det är därför skäl att titta litet närmare på de här två metoderna.

Formsprutning

Formsprutning är den sedan länge vanligaste och viktigaste metoden för tillverkning av produkter av termoplaster, s k **formsprutgods**. Metoden lämpar sig väl för massproduktion av ett stort antal olika produkter med allt från enkla till komplicerade former. Såväl små som stora föremål kan tillverkas utgående från ett stort antal plastmaterial. Genom att modifiera den grundläggande metoden för formsprutning kan den också användas för att tillverka detaljer av hårdplast.

Vid formsprutning trycks en plastsmälta under högt tryck, vanligen mellan 200 bar och 1 000 bar, in i en **form**, eller **formverktyg**, som är monterat i en **formsprutningsmaskin**, eller **formsprutmaskin**. Formverktygets temperatur är lägre än plastens smältområde. Smältan stelnar därför i formen och efter avsvälning är detaljen färdig och kan stötas ut.

En formsprutmaskin, se exempel i fig 1, består av två huvuddelar, **sprutenhet** och **formlåsningsenhet**, samt instrument och manöverdon för styrning

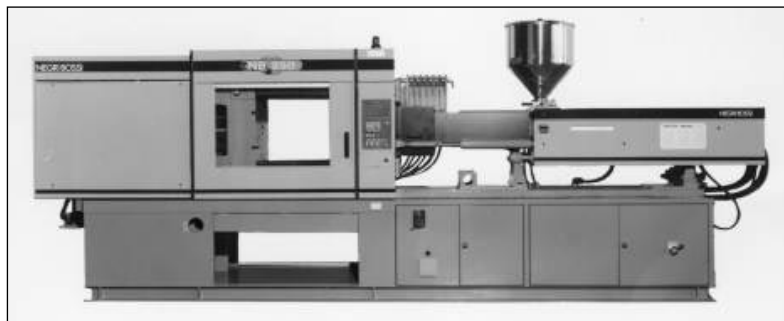


Fig 1. Exempel på formsprutningsmaskin (Negri Bossi NB 250).

och reglering av maskinens arbetsförlopp. Eftersom formningen sker vid höga tryck är maskinen konstruerad för att tåla stora krafter. Den är därför försedd med effektiv säkerhetsutrustning för att skydda

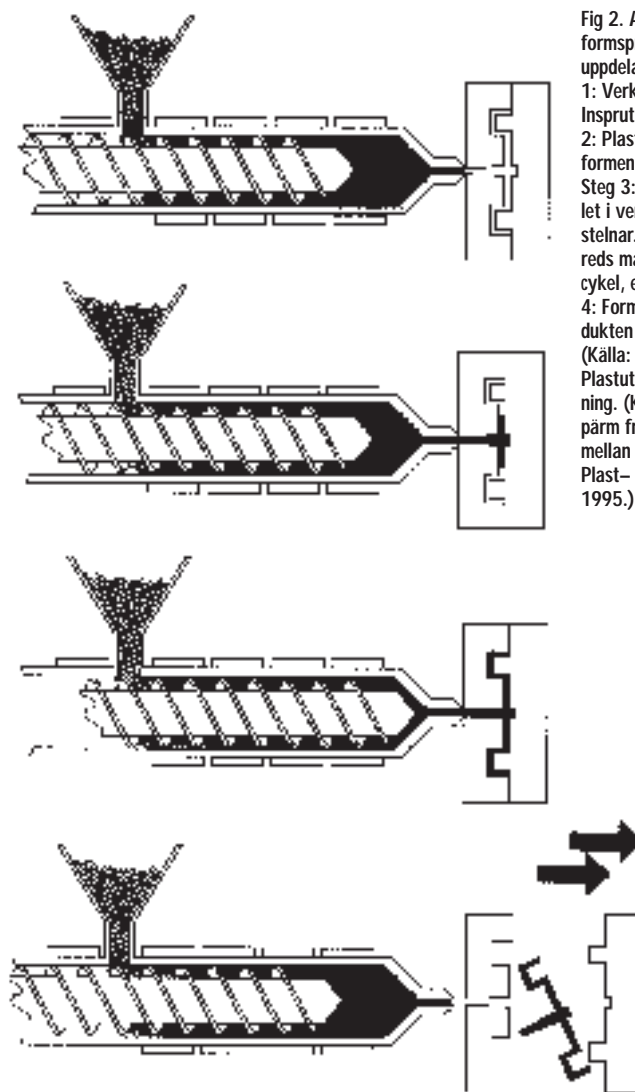


Fig 2. Arbetscykeln hos en formsprutningsmaskin är uppdelad i fyra steg.
1: Verktöget är stängt. Insprutningen kan börja.
2: Plastsmltan sprutas in i formen under högt tryck.
3: Det varma materialet i verktöget kyls ned och stelnar. Under tiden förbereds maskinen för nästa cykel, eller *skott*.
4: Formen öppnas och produkten stöts ut.
(Källa: Plastutbildning/Formsprutning. (Kompendium i ringpärm framtaget i samarbete mellan AmuGruppen och Plast- & Kemibranscherna, 1995.)

operatören mot arbetsskador.

Sprutenheten består av tre huvuddelar, en cylinder med **elvärmeband** för uppvärmning, den s k **plastifierings-** eller **plasticeringscylindern**, en motorenhet med roterande **skruv** med backspärr för matning av den mjuknande plastmassan i riktning mot formverktyget samt en anordning som gör det möjligt för skruven att röra sig fram och åter i axiell led.

Plastmaterial i form av granulat tillförs cylindern genom en tratt i ena änden av densamma, se fig 2. Ut i andra änden matas smält plast till formverktyget. Cylindern har två huvudfunktioner. Den ena ➤



ORD ATT MINNAS

Avtagare
Backspärr
Bläst film
Elvärmeband
Form
Formbläst hälkropp
Formlåsningenshet
Formningsverktyg
Formrum
Formställ
Formsprutgods
Formsprutning
Formsprutningsmaskin
Formvara
Formverktyg
Granulat
Ingöt
Kolvmaskin
Kylränna
Låskraft
Maximal låskraft
Plasticeringscylinder
Plastifieringscylinder
Satskapacitet
Skott
Skottvolym
Skruv
Skruvmaskin
Slid
Smälta
Sprutenhet
Sprutmassa
Spruthuvud
Strängspruta
Strängsprutningsmaskin
Strängsprutgods
Strängsprutning
Sågverktyg
Tempereringskanal
Tempereringsmedium
Varmkanalsform
Värmecylinder

består i att genom rotation mata och smälta plastmaterialet. Den andra funktionen är att med hjälp av en **backspärr** få skruven att fungera som en kolv som trycker in smältan i kaviteterna i formverktyget. Kolvfunktionen styrs med avseende på tryck, hastighet och trycktid.

Hos en modern formsprutmaskin smälter den tillförda plastråvaran genom dels värme från cylinderns element, dels den värme som uppstår på grund av friktionen mellan plast och metall när skruven roterar. Temperaturen ökar i transportriktningen och när massan når munstycket är den i flytande form.

Formlåsningensheten har tre grundläggande uppgifter. Den första är att hålla de ofta mycket tunga formarna i rätt läge i maskinen. Den andra är att öppna och stänga de två halvorna som formverktyget är uppbyggt av. Den tredje är att hålla halvorna sammanpressade under formningsprocessens insprutningsfas. Sammanpressningen sker med stor kraft. Som exempel kan nämnas att vid 100 kvadratcentimeters projicerad formarea och 200 bars insprutningstryck krävs det en **låskraft** på ca 200 kN. (Betr bar och N, se faktaruta "Massa, kraft och tryck".) Vid samma area men 1 kbar insprutningstryck så krävs det i stället en låskraft på ca 1 MN. Det vill till att formlåsningensheten är robust konstruerad så att den klarar så här stora krafter. (Den projicerade formarean är arean sedd från en mittpunkt vinkelrät mot formens öppningsplan, dvs utan hänsyn tagen till areorna hos slutningar mellan dalar och toppar i formrummet.)

En av formlåsningenshetens huvuduppgifter är alltså att utgöra ett säkert fundament för formverktyget, som i allmänhet består av två halvorna, en fast och en rörlig. Den fasta formhalvan sitter monterad med baksidan mot sprutenhetens munstycke. Den rörliga halvan växlar mellan två formlägen, ett när formen är slutet och ett när den är öppen. När verktyget är slutet pressas sprutmassan in i verktyget, dvs under formningsproceduren. Den öppnas när materialet svalnat så att den tillverkade produkten kan stötas ut.

Formverktyg för tillverkning av formsprutade detaljer består huvudsakligen av dels **formrum**, dels omkringliggande detaljer, s k **formställ** med

Kolv- och skruvmaskiner

Formsprutningsmaskiner kan indelas i **kolvmaskiner** och **skruvmaskiner**. Kolvmaskinen, som är en äldre typ av maskin, saknar skruv. Granulatet värms upp till smältning genom elektriska värmelement runt sprutenheten och kolven trycker in sprutmassan i formen.

Skruvmaskinen, som är den moderna typen av maskin, har både kolv- och skruvfunktion. Den huvudsakliga delen av uppvärmningen sker genom att mekanisk energi genom skruvens rotation omvandlas till värmeenergi.

insprutningskanaler, fördelningskanaler, utstötningsanordningar och **tempereringskanaler**. I en del fall innehåller formstället också



Fig 3.
Exempel på strängsprutningsmaskin (Krauss Maffei KMD 2-110).

rörliga **slider**, som dras åt sidan innan den tillverkade detaljen stöts ut ur formen. Genom att använda slider kan man tillverka detaljer med komplicerade former, t ex sidoriktade kanaler.

Formverktyget värms upp av den varma sprutmassan, vars temperatur vanligen ligger mellan 150°C och 300°C. Värmen avleds med hjälp av ett **tempereringsmedium**, som oftast är vatten. För att produkterna skall nå hög kvalitet är det viktigt att verktyget har jämn temperatur, vilket uppnås genom tempereringskanalerna.

Vissa formar är utrustade med s k **varmkanaler**. Hos en sådan hålls smältan ända fram till insprutningspunkten ständigt uppvärmd med hjälp av upphettade varmkanaler och dysor. Fördelen med den här typen av formar är att man slipper spill på grund av plast som stelnat i kanaler och **ingöt** i formen. Nackdelen är dock att de är ganska dyra.

Formar för formsprutning av plastdetaljer är i regel mekaniska högprecisionsverktyg, särskilt om de används för att tillverka produkter med höglansytor eller sådana som kräver formar med rörliga delar. Många plastbearbetare, som arbetar med formsprutning, har egna resurser för konstruktion och tillverkning av formar.

Den maximala volym smält material som en formsprutningsmaskin kan spruta in i verktyget kallas **skottvolym**. Skottvolymen för en formsprutningsmaskin ger ett mått på hur stora detaljer man kan tillverka med maskinen. Ett annat, och vanligare, mått är den **maximala låskraften** i maskinens formlåsningenshet. Ju större maximal låskraft en maskin har desto större detaljer kan man tillverka med maskinen. En för svenska förhållanden kraftfull maskin kan ha en maximal låskraft på 3 000 ton medan en maskin för smärre detaljer kan vara på 2 ton. (Betr kraft/ton, se faktaruta "Massa, kraft och tryck".)

Strängsprutning

Strängsprutning är den vanligaste metoden för att tillverka filmer, folier, rör, skivor, slangar, kabelisoleringar, kabelmantlingar, heldragen fiber m m av termoplastmaterial. En del av produkterna kan utgö-

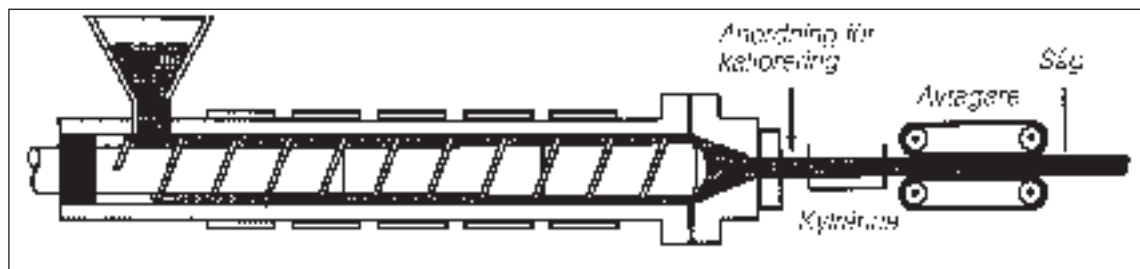


Fig 4. Schematisk framställning av "enkel" utrustning för strängsprutning.

ra slutprodukter, t ex rör och slangar, medan andra kan vara halvfabrikat för vidare bearbetning, t ex folier. Produkter som tillverkas genom strängsprutning kallas **strängsprutgods**.

Strängsprutningen påminner till en del om formsprutningen. Plasten, som tillförs i form av granulat, värms upp till lättflytande form. Uppvärmningen åstadkoms genom att den, i likhet med vid formsprutningen, matas framåt av en skruv i en **värme-cylinder**. Den till sist smälta plastmassan pressas genom ett **munstycke**, vars form bestämmer profilen hos den tillverkade produkten, den s k **formvaran**. Arbetstrycket i munstycket ligger vanligen på mellan 10 bar och 50 bar, d v s det är betydligt lägre än vid formsprutning.

En **strängsprutmaskin**, **stängspruta**, eller **extruder** (efter engelskans extrude = driva ut), se exempel i fig 3, består av värmecylinder med en eller flera matningsskruvar, och **spruthuvud** med munstycke. Till maskinen hör också drivordning för skruven eller skruvarna, kylarrangemang, instrument och manöverdon för styrning och reglering av maskinens arbetsförlopp samt hjälpmedel för hantering av formvaran.

Beroende på vilken typ av munstycke man monterar i spruthuvudet får man olika grundtyper av formvara. Exempel på formvaror är profilgods, såsom lister, t ex till fönsterbågar, rör, slangar och skivor eller beläggningar. Det finns också munstycken som gör att man kan förse elektriska ledare med isolation och mantel. Slutligen kan man komplettera en strängsprutningsmaskin med tillsatsutrustning för tillverkning av **blåst film** (se även under Filmblåsning i avsnitt 8 av Plastskolan) eller **formblåsta hålkroppar** (se Formblåsning i samma avsnitt).

Exempel på produkter av blåst film är plastkassar, livsmedelsförpackningar och blöjförpackningar.

Exempel på formblåsta hålkroppar är flaskor, luftkanaler i bilar samt oljetankar.

I fig 4 illustreras uppbyggnaden av en maskin för vanlig, enkel strängsprutning. Måtten hos materialsträngen från munstycket kontrolleras i en kalibreringsanordning. Materialet matas därefter genom en **kylrännare**, i vilket det kyls med hjälp av vatten eller luft. Den nedkylda formvaran dras fram och matas vidare med hjälp av en **avtagare** varefter den till sist kapas i längder av ett **sågverktyg**.

Massa, kraft och tryck

Formellt skall man skilja mellan storheterna **massa** (mäts i kg), **kraft** (mäts i newton, N; tidigare i kp) och **tryck** (mäts i pascal, Pa, eller N/m²). I dagligt tal slarvar man dock ofta och anger stora krafter i ton och stora tryck i ton per kvadratcentimeter. Detta gäller bl a när man anger den maximala låskraften hos en formspruta. Så t ex kan en 30-tonnare maximalt utveckla "kraften" 30 ton mellan formhalvorna. Om man struntar i formaliteterna kan man jonglera med siffrorna på följande sätt: 20 ton "låskraft" svarar mot 20 000 kp, som i sin tur svarar mot ca 200 000 N, d v s 200 kN.

1 bar är en tryckenhet som används inom bl a meteorologin. 1 bar svarar mot 100 kPa och ungefär 1 kp/cm². 200 bar motsvarar 200 kp/cm², som informellt kan uppfattas som 0,2 ton/cm².

Helst bör man dock undvika att trixa med storheter och enheter på det här sättet. Förfarandet strider nämligen mot intentionerna i det internationellt standardiserade systemet för storheter och måttenheter, det s k SI-systemet.

Frågor och uppgifter till lektion 9

1. Vad är den grundläggande skillnaden mellan formsprutgods och strängsprutgods i den form det har omedelbart efter kylningen?
2. Mellan vilka gränser ligger vanligen plastsmältans tryck under slutfasen av en formsprutningscykel?
3. Man kan variera det tryck som vilar på en plastsmälta vid formsprutning.
 - a/ Hur påverkas dimensioneringen av en formspruta när det gäller spruttrycket?
 - b/ Ge ett exempel på vad som händer om spruttrycket är för högt för maskinen.
4. Varför förser man ett formverktyg för formsprutning med tempereringskanaler?
5. Ge exempel på två typer av produkter som kan framställas genom "enkel" strängsprutning.
6. Vilken uppgift har en strängsprutningsmaskin vid tillverkning av
 - a/ blåst film?
 - b/ formblåsta hålkroppar?

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

FOGNING, YTBEHANDLING OCH MEKANISK BEARBETNING



Baklyktor är ett typiskt exempel på svetsade plastprodukter. Här har formsprutade segment av olika färg vibrationsvetsats samman till ett "lyktglas". Foto: FAW Jacobi AB.

Det tionde avsnittet av Plastskolan är den tredje och avslutande artikeln i den del av serien som handlar om bearbetning av plaster.

■ Många plastdetaljer kan tillverkas i ett enda bearbningssteg, t ex genom formsprutning. Andra behöver efterbearbetas till färdig produkt. Viktiga metoder för efterbearbetning är sammanfogning, eller fogning, ytbehandling och mekanisk bearbetning.

Fogning innebär att två eller flera detaljer förenas till en enda genom t ex svetsning, limning, nitning, snäppning, skruvning eller presspassning. Vilken fogningsmetod man använder i ett visst fall beror bl a på material, delarnas storlek, mekaniska påkänningar, kemisk miljö, arbetstemperatur, tillverkningsförutsättningar och krav på återvinning.

Ytbehandling omfattar metoder som ytpreparering, lackering, tryckning/dekorering/märkning, flockning, prägling, metallisering, antistatbehandling och foliering.

Mekanisk bearbetning delas in i styckeavskiljande metoder, som stansning, och spånavskiljande metoder, som svarvning.

FOGNING

Svetsning

Svetsning är en fogningsmetod, som rent allmänt innebär att fogytorna hos två detaljer, som skall förenas, värms upp så att de smälter ihop. Svetsning kan utföras med eller utan tillsatsmaterial. I plastsammanhang är det vanligt att man tillgriper svetsning för att bearbeta plattor, profiler och rör till färdiga produkter.

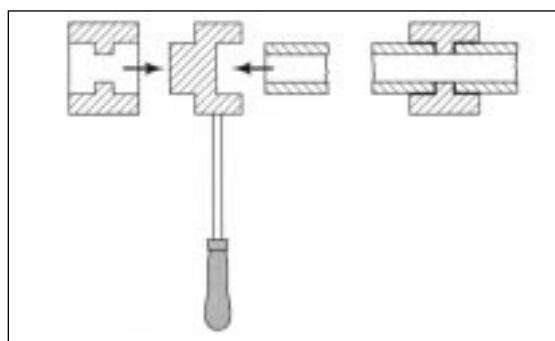


Fig 1. Fogning av termoplaströr med hjälp av spegelsvetsning. Verktiget med handtag är ett exempel på en sk svetsspiegel. (Källa: VI/Plaster – Materialval och materialdata.)

Fördelar med svetsning är bl a att man inte tillför främmande ämnen. Man begränsar härigenom risken för kemiska angrepp och vinner dessutom att fogen tål samma temperatur som grundmaterialet samt att fogytan blir slät. Väl utförda svetsfogar är starka, dock icke så starka som utgångsmaterialet. Exempel på nackdelar är att hårdplaster inte kan svetsas och att detaljerna som skall svetsas måste vara av likartat material.

Vanliga exempel på metoder för svetsning i plast är varmluftssvetsning, ultraljudssvetsning, högfrequenssvetsning, impuls svetsning, friktionssvetsning, svetsning med varma verktyg och spegelsvetsning.

Varmluftssvetsning, även kallad **tråds svetsning**, går ut på att man värmer upp svetsstället med het



ORD ATT MINNAS
 Antistatbehandling
 Avgrädn
 Elektroplätering
 Etsning
 Excimerlaser
 Flockning
 Fogning
 Foliering
 Friktionssvetsning
 Galvanisering
 Glasbrott
 HF-svetsning
 Högfrekvenssvetsning
 Impulssvetsning
 Koldioxidlaser
 Koronabehandling
 Lackering
 Limning
 Mekanisk bearbetning
 Metallisering
 Nitning
 Plasmabehandling
 Primer
 Prägling
 Skruvning
 Spegelsvetsning
 Spånåvskiljande bearbetning
 Spänningskorrosion
 Styckeåvskiljande bearbetning
 Svetsning
 Svetsning med varma verktyg
 Svetsspegel
 Tryckning/dekorering/märkning
 Trådsvetsning
 Ultraljudssvetsning
 UV-bestrålning
 Vakuummattalisering
 Varmluftssvetsning
 Varmprägling
 Värmepulssvetsning
 Ytpreparering

luft eller gas. Vid svetsningen används tillsatsmaterial. Metoden kan tillämpas för att svetsa stora detaljer. Vanliga tillämpningar är svetsning av PVC-golv, PVC-inklädnader i badrum och ytskydd i kemiska apparater.

Ultraljudssvetsning innebär att man tillför akustisk energi till svetsstället, vanligen vid omkring 20 till 30 kHz. Vid den här typen av svetsning vibrerar fogytorna mot varandra och friktionen mellan dessa ger den erforderliga uppvärmningen. Metoden är mycket snabb och lätt att automatisera. Den torde bli därför vara den vanligaste inom industrin. Den tillämpas vid fogning av små till medelstora detaljer av framför allt termoplast med stor elasticitetsmodul och låg smälttemperatur. Även vissa glasfiberarmerade plaster kan ultraljudssvetsas.

Högfrekvenssvetsning, eller **HF-svetsning**, går ut på att man tillför energi med hjälp av högfrekvent energi. Uppvärmningen i svetsstället uppkommer till en följd av svängningsvärme i materialet. Vid svetsningen använder man två elektroder, som alstrar ett högfrekvent växelfält i material med stora dielektriska förluster. Metoden lämpar sig för svetsning i polära material med hög förlustfaktor inom det aktuella HF-området, vanligen från 4 MHz till 20 MHz. Exempel är vinylkloridplast (PVC), akrylplast (PMMA), karbonatplast (PC) och termoplastisk polyester (PETP). Exempel på produkter med HF-svetsfogar är regnkappor, reseffekter, mappar, pärmar och plånböcker.

Impulssvetsning, eller **värmepulssvetsning**, utförs med en utrustning som på sätt och vis liknar en motsvarande för HF-svetsning men där värmen alstras av en strömstöt genom en motståndstråd. Värmen överförs med hjälp av en ställinjal till svetsstället. Metoden lämpar sig för svetsning av material med små elektriska förluster, som etenplast (PE).

Friktionssvetsning är en snabb svetsmetod för detaljer med cirkulära ytor. Vid svetsningen roteras fogytorna mot varandra, varigenom friktionen mellan ytorna resulterar i värme.

Vibrationssvetsning går ut på att man värmer upp de sammanpressade fogytorna med hjälp av en vibrationsgenerator. Denna alstrar vibrationer med en frekvens på omkring 100 Hz.

Metoden är särskilt vanlig vid tillverkning av formsprutade bilstötångare av termoplast.

Svetsning med varma verktyg innebär att man tillför värme till svetsstället med ett varmt verktyg i form av t ex en platta eller en ring. Verktyget pressas mot svetsstället och när tillräckligt med värme tillförts slås värmen från.

Spegelsvetsning är en variant av varmverktygssvetsningen. Verktyget utgörs av en metallkropp i form av en platta, den s k **svetsspegeln**, se fig 1. Verktyget är utformat så att det kan värma upp bägge svetsytorna samtidigt. Metoden används för t ex skarvning.

Limning

Limning definieras ibland som ett sätt att med hjälp av dels adhesionskrafter, dels ett tredje material foga samman två detaljer. Adhisionskrafter är dock endast en förklaringsmodell av flera för att beskriva hur limfogar verkar. Det finns ett tiotal sådana modeller och i det enskilda fallet kan man inte med full säkerhet säga hur den just aktuella fogen verkar. Limning kan användas tillsammans med många



Innan man ska limma eller lackera plaster behöver man i regel modifiera ytan för att skapa bättre fäste. Flambehandling i gasläga är en enkel och effektiv metod. Foto: Aerogen Automotive.

typer av material, som trä, aluminium, glas och plast. Plaster är ofta svåra att limma.

Dessutom kan det även vara hälsovådligt att arbeta med lim. Om man inte besitter specialkunskaper i limning av plastdetaljer bör man därför undvika att limma. Svårigheterna, som även omfattar kvalitetskontrollen, är så stora att när det gäller t ex normalt formgods i termo-

plast så är limning i dag ett undantag.

Om man ändå skall limma i plast måste man välja grundtyp av lim med tanke på de material som skall limmas. Vidare måste man förbereda limytorna väl för limningen. Man måste orientera limytorna med tanke på de krafter som skall verka på limfogen. Ytorna måste göras plana och rena. Renhet torde vara den viktigaste förutsättningen för ett gott limningsresultat.

I de fall det inte räcker med noggrann rengöring måste man dessutom preparera ytorna på lämpligt sätt. Exempel på prepareringsmetoder är koronabehandling, plasmabehandling, etsning, UV-bestrålning samt användande av en s k primer (från engelskan; uttalas "prajmer").

Koronabehandling av en plastyta innebär att man för in den yta som skall behandlas i ett kraftigt elektriskt fält. Därvid oxideras det yttersta skiktet hos plastmaterialet, dvs det bildas helt eller delvis polära molekylgrupper, som ger ett bättre fäste för limmet än den ursprungliga plastytan. Metoden är ganska billig att tillämpa. Den kan även användas för detaljer med komplicerade former.

Plasmabehandling liknar koronabehandling men innebär i stället att man för in limningsytan i en kammare med plasma (ett joniserat eller energimätsigt exciterat material som kan skapas av olika gaser). Metoden är dyr att genomföra men ytbehandlingen håller längre än den som erhålls genom koronabehandling.

Etsning innebär att man använder en etsvätska, t ex kaliumpermanganat/koncentrerad svavelsyra eller kromsyra. En vanlig metod för att etsa fluorplast (PTFE) består i att man använder natriumnaf-talen i tetrahydrofuran. De här kemikalierna är dock mycket giftiga och de får därför endast användas av specialister.

UV-bestrålning är en metod som går ut på att man använder en UV-källa och en lack med en s k fotoinitiator. Man belägger den yta som skall limmas med ett tunt skikt med sådan lack. När skiktet bestrålas med UV-energi bildas det molekylgrupper som befrämjar den efterföljande limningen.

Primer-metoden baseras på att man använder en tunn vätska, som får reagera med materialet hos ytan som skall limmas. Man använder olika primervätskor för olika kombinationer av lim och plast.

Allmänt gäller att tiden mellan rengöring/ytbe-

handling och limning skall vara så kort som möjligt. Helst skall åtgärderna vidtas omedelbart efter varandra.

Nitning

Nitning av detaljer i plast är snarlik nitning av detaljer i metall. Det är en snabb och enkel fogningsmetod, som resulterar i framför allt starka och billiga fogar. Nitarna är oftast av termoplast, varvid stukningen av nitskallen sker med värme från en UV-källa eller en värmedorn. Nitlar av metall bör av återvinningsskäl inte användas. (Det förekommer att detaljer i enkla och prisbilliga produkter fogas ihop med hjälp av popnitar.) Ett par av metodens övriga fördelar är att detaljer av olika material kan fogas ihop och att fogen inte löper ökad risk för korrosion eller kemiska angrepp. En nackdel är dock att endast detaljer med vissa formegenskaper kan nitas.

Snäppning

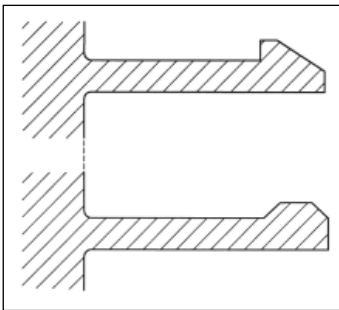


Fig 2. Exempel på utformning av snäppen. Överst icke löstagbart snäppe. Underst löstagbart snäppe. (Källa: VI/Plaster – Materialval och materialdata.)

Snäppning är en mycket vanlig metod som går ut på att man använder fjädrande tungor med hakar, som fäster mot kanter i hål, se fig 2. Metoden är snabb och tillåter att olika material kan fogas ihop. Den innebär inte någon ökad risk för kemiska angrepp. Och den lämpar

sig särskilt väl för att automatiskt foga samman små detaljer. Nackdelar är dock att metoden i regel inte kan tillämpas för hårdplaster och att fogarna är mekaniskt sett svaga. Så t ex är det inte ovanligt att **glasbrott** uppstår i snäppena efter det att de använts i ett antal år.

Snäppförband passar inte för att ta upp stora laster vid höga temperaturer.

Skruvning

Skruvning innebär att man sammanfogar plastdetaljer med hjälp av självgängade skruvar av metall. Metodens fördelar är att detaljer av olika material kan fogas samman, att fogarna blir starka och att fogarna kan öppnas och stängas ett antal gånger. Den kan tillämpas även för mycket stora detaljer. En nackdel är att samverkan mellan mekanisk spänning och kemisk miljö kan resultera i s k **spänningskorrosion** i gängorna. Skruvförband av metall bör ibland undvikas då man vill ha en lätt återvinnbar detalj.

Presspassning

Presspassning är en metod som innebär att detaljer hålls ihop av presskrafter, t ex en något för stor axel i ett något för litet hål. Metodens fördelar är att den tillåter att detaljer av olika material fogas samman och det inte finns risk för kemiska angrepp. Metoden är lämplig även för mycket små detaljer och ger i allmänhet hög hållfasthet till låg kostnad. Nackdelar är nedsättning av hållfastheten dels vid

förhöjd temperatur, dels med tiden på grund av att materialen ger efter. Presspassning är dock ganska ovanlig i platsammanhang.

YTBEHANDLING

Den första ytbehandlingsmetoden i uppräknigen i början av artikeln är **ytpreparering**. Härmed avses ytbehandlingsmetoder för att vid behov efter rengöring av en fogyta ytterligare bearbeta ytan för att den skall ge ett säkrare fäste för ett lim- eller lackskikt. Exempel på metoder har nämnts ovan under "Limning".

Lackering

Lackering, eller målning, av plastytor har skyddande, dekorativa eller andra funktionella uppgifter. Vanligast är att detaljerna lackeras i samband med att de tillverkas. Bättringslackning i efterhand fordrar specialistkunskaper och är därför något man bör undvika.

Tidigare ansåg man att plastdetaljer, till skillnad mot sådana i stål eller metall, inte behöver lackeras. Huvudanledningen var att risken för korrosionsangrepp på ytorna ansågs vara obetydlig. I dag är emellertid inställningen en annan. Nu är det därför inte ovanligt att man lackerar plastytor för att dessa skall möta bestämda krav vad gäller t ex optiska egenskaper och väderbeständighet. En ytterligare användning av lack är som anpassningsskikt mellan olika plastmaterial, som skall sitta intill varandra.

Liksom fallet är vid limning är det vid lackering mycket viktigt att man väljer typ av lack med hänsyn till de material som skall lackeras. En av anledningarna är att det finns risk för att lösningsmedlet i färgen kan orsaka sprickbildning och deformation.

Man bör också vara uppmärksam på att lackering kan försämra plastens slaghållfasthet. Det krävs alltså specialistkunskaper även när man lackerar nytillverkade plastdetaljer.

Innan man lackerar är det vidare särskilt viktigt att se till att ytorna rengörs noggrant. Slutligen måste man i en del fall dessutom preparera de ytor som skall lackeras. Detta gäller i särskilt hög grad för acetalplast (POM), amidplast (PA), fluorplast (PTFE) och propenplast (PP). Detaljer av dessa material är ofta svåra att lackera utan föregående ytpreparering.

Tryckning/dekorering

Tryckning, dekorering och märkning av plastdetaljer tillgrips bl a för att ge plastdetaljerna förbättrat utseende eller göra dem till informationsbärare. (Tryckning och dekorering används vanligen som synonyma begrepp.) Vid tryckning på detaljer av plast använder man både konventionella tryckmetoder utvecklade för tryck på kartong, papper m m, och specialmetoder.

Vanliga tryckmetoder är högtryck, plantryck, djuptryck, schablontryck och överföringstryck.

Vid tryckning/dekorering av plastdetaljer är det viktigt att man väljer tryckfärg efter plastmaterial och tryckmetod. I många fall måste man låta tryckningen föregås av en ytpreparering, som korona- eller plasmabehandling. Exempel på plaster som måste prepareras är etenplast (PE) och propenplast (PP).

Dekorering och märkning är vanligast i samband med tillverkning av plastförpackningar av olika slag, t ex filmer, folier, burkar och flaskor. ➤

Flockning

Flockning tillgrips för att ge en plastyta karaktären av en sammetsyta. Metoden innebär i princip att man förser plastdetaljens yta med ett fiberskikt som limmas på medan detaljen utsätts för ett mycket kraftigt elektriskt fält, som får de korta och mycket tunna fibrerna att resa sig från plastytan. Fiberlängden kan ligga mellan ca 0,5 mm och 3 mm. Metoden tillämpas av dekorativa och tekniska skäl. Exempel på flockade detaljer är dekorativa förpackningar och tätningslister mellan glas och fönsterram hos bildörrar.

Prägling

Prägling, eller **varmprägling**, är en metod som innebär att man med hjälp av en varm dorn överför färg och lim från en folie till en plastdetalj. Färgen på överföringsfolien kan utgöra bilder, t ex ornament, skalor (till t ex termometerskalor av plast), namnteckningar och imitationer av trätytor (för ytterfolier till smärre detaljer). Dornen kan vara av mässing, stål, zink eller silikongummi. Metoden är torr och luktfri.

Metallisering

Metallisering är en metod som går ut på att man belägger en yta med ett mycket tunt skikt av metall. Syftet kan vara att man vill ge ytan dekorativa, ljusreflekterande, elektriskt skärmande och allmänt miljöskyddande egenskaper. Man skiljer här mellan galvanisering eller elektroplätning, och vakuummetallisering.

Galvanisering sker på elektrokemisk väg ur vattenlösningar av metallsalter. Den vanligaste plasten som man galvaniserar är ABS-plast. Andra exempel är amidplast (PA), propenplast (PP) och i en del fall också termoplastisk polyester (PET). Processen inleds med att man rengör och etsar ytan. Sedan aktiverar man ytan med små mängder palladium- eller silversalter. Dessa material fällt ut och bildar groddar för den efterföljande beläggnen. Därefter bygger man upp ett system av metallskikt, ofta i ordningen koppar, nickel samt krom, mässing eller guld.

Detaljer av galvaniserad plast ersätter i stigande omfattning gjutna detaljer av zink, aluminium eller mässing till bilar, VVS-armaturer, elarmaturer, hemelektronik, kontorsmaskiner samt beslag till möbler och byggnader.

Vakuummetallisering är en metod som i stigande omfattning används för detaljer av plast. Processen, som ger betydligt tunnare skikt än galvanisering, inleds vanligen med att man belägger plastytan med en grundlack, som skall ge ytan bästa möjliga vidhäftningsegenskaper. Vid den efterföljande metalliseringsprocessen, används metaller i gasform, vilket kräver att metoden äger rum vid mycket låga tryck, ned till 0,1 mPa. Processen är en trestegsprocess (överföring av metallen till gasform, transport av metallgasen till plastytan samt kondensation av metallen på plastytan).

Vakuummetallisering används för bl a elektroniska komponenter, optiska instrument, reklamartiklar samt reflektorer i olika slag av belysningsarmaturer. Genom att avsluta processen med att lackera metallan kan man få önskad kulör, t ex guldfärg.

Vakuummetallisering provas också för att åstad-

komma elektriskt skärmande skikt för olika slag av elektronisk apparatur.

Antistatbehandling

Antistatbehandling innebär i plastsammanhang att man behandlar en detalj så att denna inte skall bli statiskt laddad och t ex dra åt sig damm. Attraktionen hos en plastyta uppstår genom att ytan har så hög ytisolationsresistans att den laddas upp, vanligen av torr luft som strömmar kring detaljen. Antistatbehandlingen gör ytan elektriskt ledande, vilket hindrar elektriska laddningar från att uppstå hos densamma.

Det finns olika metoder för antistatbehandling av plastdetaljer. En, som strängt taget inte hör hemma i den här artikeln i Plastskolan, går ut på att man blandar in antistatmaterial i en plastmassa innan denna bearbetas till detaljer. En annan, som närmast hör hemma under "Lackering", innebär att man lackerar med en elektriskt ledande antistatlack. En tredje består i att man gnider in plastytan med ett antistatmedel.

Foliering

Foliering innebär att man applicerar folier med önskat ytutseende, som t ex ädelträ och metallglans, på plastdetaljen.

MEKANISK BEARBETNING

Många tror att plastdetaljer alltid måste framställas med hjälp av dyra verktyg och maskiner. Men i många fall finns det en betydligt enklare och billigare utväg, nämligen **mekanisk bearbetning**. Antingen kan man tillverka en detalj genom att utgå från ett materialstycke och sedan bearbeta detta mekaniskt. Detta förfarande används t ex för tillverkning av prototypdetaljer. I andra fall kan man tillverka en detalj i två steg. Det första består av någon form av grundbearbetning, kanske formsprutning, medan det andra utgörs av mekanisk efterbearbetning.

Det finns två huvudslag av mekanisk bearbetning, nämligen **styckeavskiljande bearbetning** och **spån-avskiljande bearbetning**. Exempel på styckeavskiljande bearbetning är skärning, klippning, stansning och laserborrning. Gemensamt för metoderna är att de inte resulterar i några spån.

Kompositmaterial, t ex kolfiberarmerad plast och aramidfiber, kan skäras med hjälp av en vattenkniv, d v s en vattenstråle med högt tryck (2,5 – 4,5 kbar).

I detaljer av termoplast kan man t ex skära och borra med hjälp av en **koldioxidlaser**.

Bearbetningen grundar sig på den starka uppvärmning som uppträder i det område som träffas av laserstrålen. I en del särskilt svårbearbetade fall får man i stället använda en s k **excimerlaser**. Denna typ av laser arbetar med mycket energirik UV-strålning, som bryter upp bindningar i materialets molekylkedjor.

Spån-avskiljande bearbetning kännetecknas av att bearbetningen resulterar i spån. Exempel på metoder är sågning, vanlig borrning, svarvning och fräsning. I plastsammanhang innebär framför allt bearbetning i automatsvarvar och numeriskt styrda fleroperationsmaskiner stora möjligheter.

Spån-avskiljande bearbetning i plast skiljer sig





Spånavskiljande bearbetning av plaster ställer stora krav på kunskap om hur man undviker att utlösa inre spänningar etc. Tekniken kräver också verktyg med god värmeavledningsförmåga.

från motsvarande i stål och metall framför allt genom att man måste arbeta med betydligt lägre skärspänning och matningshastighet när man bearbetar plast. Likaså har skärverktygen för plast i regel annan skärvinkel, spånvinkel och släppningsvinkel.

Vid spånavskiljande bearbetning i plast måste man tänka på att plast har dåliga värmeledande egenskaper, varför i praktiken all den värme som alstras i skärpunkten måste avledas genom verktyget. Därför ger spånavskiljande bearbetning i plast ofta större verktygsslitage än motsvarande bearbetning i metall.

Vid bearbetning av termoplaster kan man i regel kyla med luft medan man vid bearbetning av hårdplaster hellre bör kyla med vätska. Kylvätskan får dock inte innehålla någon kemikalie som kan påverka plastdetaljen negativt.

Vid mekanisk bearbetning i plast måste man se upp med ytterligare en detalj. Materialets elasticitetsmodul i bearbetningspunkten påverkas nämligen inte bara av materialets temperatur (som vid metall) utan också av den hastighet med vilken materialet deformeras under bearbetningen (ett för plaster typiskt förhållande). Detta innebär att vid bearbetningen kan modulen vara olika i bearbetningspunkten och i det omgivande materialet. Ett i sig någorlunda mjukt material kan därför bli hårt och sprött just där verktyget arbetar. Det gäller alltså att hålla

tungan rätt i mun när man sätter ”stålet i plasten”.

Flertalet plaster, såväl amorfa som delkristallina, kan bearbetas mekaniskt. Särskilt vanliga plaster i sammanhanget är acetalplast (POM), etenplast (PE; ofta ultrahög-molekylär) och propenplast (PP). Men det går att bearbeta även andra, t ex ABS-plast, amidplast (PA) och omättad esterplast (UP).

Det finns ett antal polymera material, som inte är lämpade att bearbetas på mekanisk väg, främst termoplastiska elaster. Endast de hårdare av dessa kan bearbetas förutsatt att särskilda åtgärder vidtas.

När man ska bearbeta en detalj mekaniskt måste man tänka på hur det råämne tillverkats som man skall utgå ifrån. Man måste nämligen se upp om detaljen är formsprutad.

Formsprutning resulterar nämligen i inbyggda mekaniska spänningar mellan materialets yttre och inre regioner. Om man t ex fräser bort en del av ett ytparti kommer spänningsbilden att resultera i att detaljen slår sig. Det enda sätt på vilket man mekaniskt får bearbeta en formsprutad utgångsdetalj är således symmetriskt. Ett sätt att komma ifrån problemet är att välja en utgångsdetalj som tillverkats på annat sätt.

En följd av resonemanget är att två till formen lika detaljer som tillverkats genom dels formsprutning, dels mekanisk bearbetning med tiden kan uppvisa olika egenskaper. Man bör därför vara försiktig när man först tillverkat en prototyp på mekanisk väg och sedan skall tillverka serieprodukterna genom formsprutning.

Avgredning

Avgredning innebär rent allmänt att man avlägsnar de små mängder överskottsmaterial som i en del fall bildas hos en detalj när den tillverkas. Så t ex resulterar även obetydliga glapp mellan formhalvor i grader, som filas, poleras eller putsas bort. Vid detaljer i hårdplast kan det finnas grader som uppstått i delningsplanet eller vid kärnorna. Vid sprutpressning och formsprutning kan det gälla att ta bort de s k intagen.

Hårdplaster och termoplaster uppför sig olika med tanke på gradbildning.

Frågor och uppgifter till lektion 10

1. Vilken metod för att svetsa i plast torde vara den vanligaste inom industrin?
2. Vilken är den viktigaste allmänna åtgärden före limning och lackering av plastdetaljer?
3. Vad innebär ytpreparering i samband med plaster? (Ge tre exempel på prepareringsmetoder.)
4. Ange tre plaster som det är svårt att lackera utan speciell förbehandling.
5. Ge tre exempel på styckeavskiljande bearbetningsmetoder och tre exempel på spånavskiljande metoder som kan tillämpas i samband med tillverkning av plastdetaljer.

6. Varför behöver man i en del fall grada av färdigbearbetade plastdetaljer?

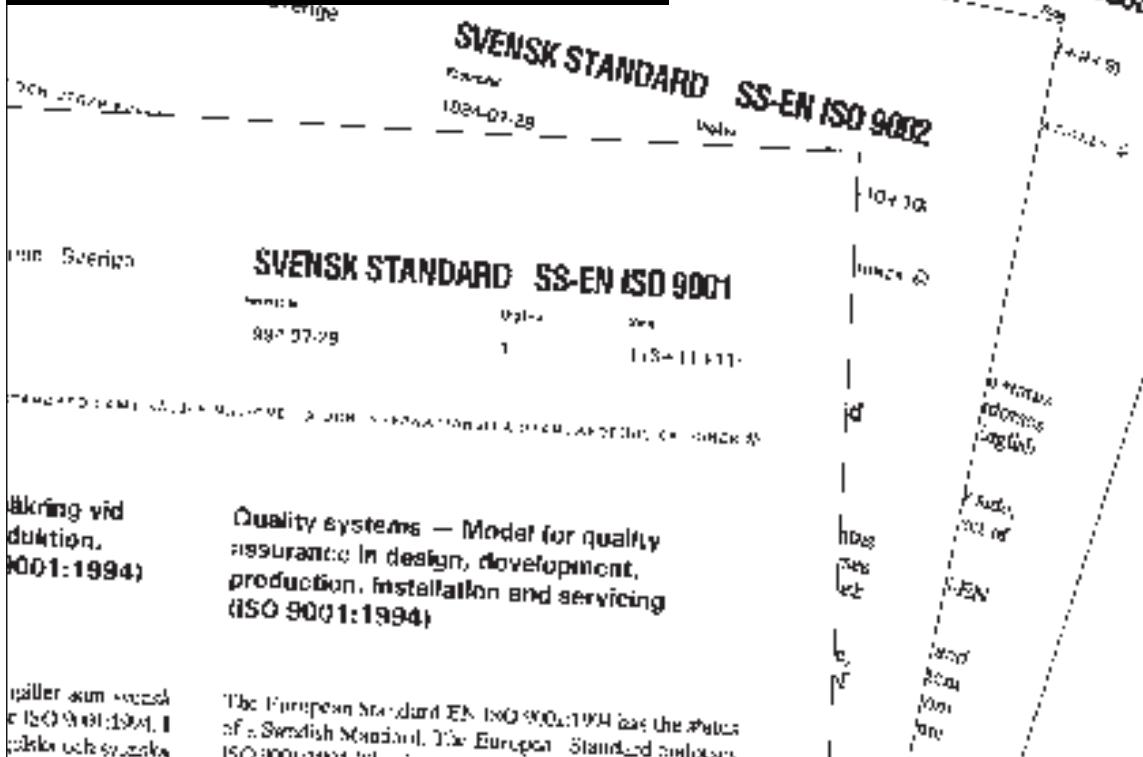
7. Ange tre förhållanden som man måste vara särskilt uppmärksam på när man ska bearbeta detaljer i plast mekaniskt.

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



ISO 9000

– ett första steg mot
ständigt förbättrad kvalitet



Plastskolan övergår nu till att i två artiklar beröra ämnet kvalitet. Här, i den första, handlar det om kvalitetsstyrning inom företag. Nästa artikel kommer att handla om hur att åstadkomma kvalitet hos plastdetaljer.

■ En köpare av en produkt har all anledning att ställa krav på sin leverantör. Han vill förvissa sig om att både leverantören och de produkter denne tillhandahåller verkligen "håller måttet".

ISO 9000

För att underlätta för köpare inom olika branscher över hela världen att utvärdera leverantörernas förmåga har man på internationell basis enats om en uppsättning riktlinjer, som tillsammans allmänt kallas för ISO 9000. En leverantör som uppfyller kraven i ISO 9000 kan låta certifiera sig. Han eller hon kan sedan använda certifikatet visavi kunder och potentiella kunder som ett belegg för att man inom det egna företaget lever upp till de här kraven.

ISO 9000 redovisar krav på hur ett företag skall styras på olika nivåer och i olika avseenden, däremot inte krav på de produkter företaget tillverkar.

ISO 9000 är alltså ett hjälpmedel för ökat förtroende mellan köpare och deras underleverantörer. Däremot ger ett ISO 9000-certifikat inte nödvändigtvis en garanti för att ett företag tillverkar produkter med hög kvalitet.

Allt fler produkttillverkare, inte minst inom plastindustrin, utsätts för ett ökat tryck att ISO 9000-certifiera sina företag. Åtskilliga företagare ser ett certifikat som en nödvändighet för sin fortlevnad på marknaden. Andra däremot tvekar. Det kostar nämligen en hel del i arbete och pengar att bli certifierad.

Ett bra första steg mot ISO 9000 är att kartlägga det egna företaget

Skenmål

Även om ett ISO 9000-certifikat i praktiken ofta ses som en förutsättning för det egna företags fortlevnad är certifikatet i sig själv egentligen bara ett skenmål. Det egentliga målet för ISO 9000-arbetet inom ett företag måste vara att skapa ett bättre förtroende för det egna företaget och dess produkter på marknaden. Därigenom förbättrar man företags möjligheter att leva vidare.

"Att bara sikta på certifikatet och inte utnyttja ISO 9000 till kvalitetsförbättring är som att köpa en hammare utan att förstå vad man skall använda den till" lär någon ha sagt. Bara för att jag har en hammare behöver jag inte kunna åstadkomma bra spik-

KAPABILITET

Kapabilitet är ett begrepp inom den statistiska processstyrningen som, storhet för storhet, uttrycker förmågan hos en tillverkningsprocess att åstadkomma detaljer med egenskaper inom givna toleransgränser. Ett exempel på storhet är längd. I stället för kapabilitet används ibland duglighet. Kapabilitet, eller duglighet, kan allmänt också användas för att uttrycka en persons eller ett företags förmåga att leva upp till sina utfästelser.

QUINTUS

Quintus är namn på en liten grupp av kvalitetskonsulter med inriktning mot kvalitetsförbättring inom främst företag och organisationer. En av gruppens specialister är Yngve Oretun med inriktning mot ISO 9000 i såväl små som stora företag, kvalitetsrevisioner och utbildning av kvalitetsrevisorer.

förband. Principiellt sett så kan ett certifierat företag mycket väl leverera varor som inte fyller de i köpeavtalet uppställda kvalitetskraven.

Att gå in för ISO 9000 kan vara en nyttig början på kvalitetsarbetet inom ett företag, ett grundverktyg för totalitet om man så vill. Man går sedan vidare med mer effektiva kvalitetsverktyg, såsom **totalitetsstyrning**, d v s **TQM** (engelska: **Total Quality Management**), och **parallell utveckling av produkter och processer**, **CE** (engelska: **Concurrent Engineering**).

Här är att märka att införande av ISO 9000 och vidare kvalitetsutveckling inte får ses som något tidsbegränsat. Slår man in på den här linjen bygger man upp en verksamhet som måste leva vidare och utvecklas så länge företaget existerar.

ISO 9000 kan ses som ett ramverk som kan fyllas med innehåll för totalitet.

utgående från ritningar och andra underlag erhållna utifrån. Dokumentet -4 förtjänar särskild uppmärksamhet.

”Den som vill ta en första kontakt med ISO 9000 bör absolut börja med att studera SS-ISO 9004”, rekommenderar Yngve Oretun. Här behandlas det mesta av det grundläggande man måste känna till innan man beslutar sig för att gå vidare eller inte. (Dokumentet kan beställas från SIS - Standardiseringen i Sverige.)

Öka köptryggheten

Kärnan i resonemanget bakom ISO 9000 är att någon som säljer något har en köpare, eller kund. Säljföretaget och kunden avtalar om något, t ex en produkt. Och avtalet skall sedan hållas. För kunden är det av stor vikt att han får en vara med de överenskomna egenskaperna, att han får den i rätt tid och till avtalat pris.

Många kunder till underleverantörer tillverkar mer eller mindre komplexa produkter, vilket ofta innebär att dessa innehåller detaljer från många underleverantörer. Om kvaliteten hos en detalj från någon av underleverantörerna är bristfällig och/eller om detaljen inte levereras i tid kan detta

drabba sluttillverkaren i form av kostnader och på sikt minskad prestige på marknaden. Det är därför naturligt om kunderna vill öka vissheten om att underleverantörerna verkligen kommer att klara det de har åtagit sig, d v s de vill öka köptryggheten.

Det amerikanska försvarvet, stor beställare av komplexa produkter från många leverantörer, insåg tidigt att man måste styra upp sina underleverantörer. Arbetet resulterade i en rad militära standarder och har med tiden lett till att den **Internationella Standardiseringsorganisationen (ISO)** utarbetat ISO 9000, som antagits av mellan 90 och 100 länder i världen. ISO 9000 kan ses som den minsta gemensamma nämnaren för en första ansats mot en gemensam standard för kvalitet.

Företag som vet med sig att de håller hög och jämn kvalitet hos sina produkter och att de levererar inom utsatt tid, kan hävda att de inte behöver ISO 9000. Gamla kunder till sådana företag vet detta. Men hur är det med nya? Och hur klarar leverantörerna uppgiften vid lansering av nya produkter och vid omläggningar av produktionen? Här ger ISO 9000 en ökad säkerhet åt köparföretagen, inte minst genom kravet på årliga revisioner av leverantörernas verksamheter.

Ett köparföretag, som står inför att välja mellan å ena sidan en certifierad och å andra sidan en icke certifierad underleverantör, kan alltså sägas vinna betydligt högre sannolikhet för bra köp i det förra fallet jämfört med det senare. Men detta givetvis under förutsättning att den certifierade leverantören har ISO 9000 väl inarbetat i sin verksamhet.

”Den som inte tillägnar sig kärnan i ISO 9000 och som bara använder certifikatet i reklam syfte bör tveklöst styra om sin verksamhet eller lägga ned”, summerar Yngve Oretun.

En vanlig invändning mot ISO 9000 är att standardens uppbyggnad uppmuntrar mer till en konservativ kontrollsyn och till byråkratiskt fläsk, än till det som är allra viktigast: ett offensivt arbete för

Kravspecifikation

Vad är då ISO 9000 i grunden? Frågan gick till Yngve Oretun, kvalitetspecialist med inriktning mot just ISO 9000 och medlem i konsultgruppen Quintus.

”ISO 9000 är namn på en internationellt accepterad uppsättning krav på kvalitetssystem, en kravspecifikation om man så vill” svarar Yngve Oretun. (Se faktaruta om kvalitetssystem.) Kraven finns samlade i en specifikation, som upptar ett 20-tal krav, s k **kvalitetsselement**, uppdelade i tre svårighetsgrader (se faktaruta). ISO 9000 gäller som standard i Sverige med den formella beteckningen SS-ISO 9000.

ISO 9000 är dels samlingsnamn för hela kravspecifikationen, dels beteckning för det inledande dokumentet i den serie som definierar standarden. Serien omfattar:

- SS-ISO 9000 **Kvalitetsstandarder**
– Vägledning för val och användning
- SS-ISO 9001 **Kvalitetssystem**
– Krav vid konstruktion, utveckling, produktion, installation och service
- SS-ISO 9002 **Kvalitetssystem**
– Krav vid produktion och installation
- SS-ISO 9003 **Kvalitetssystem**
– Krav vid slutkontroll och provning
- SS-ISO 9004 **Kvalitetssystem – Allmänna riktlinjer.**

Standarderna -1, -2 och -3 representerar de tre ovan nämnda svårighetsgraderna. Dokumentet -1, som gäller för konstruktion, uppvisar den mest omfattande kravbild (se faktaruta om kvalitetssystem). Dokumentet -3 vänder sig till dem som enbart slutkontrollerar och provar, d v s helt arbetar



”Man får inte glömma bort att ISO 9000 innehåller krav på vad som skall utföras av ledning, marknad, konstruktion, produktionsteknik, kvalitetssäkring och andra funktioner”, säger Yngve Oretun i Quintus-gruppen. ”Men hur man uppfyller kraven i det enskilda företaget får man bestämma själv.”
Foto: Etienne Gamelon.

20 KVALITETSELEMENT

De 20 kvalitetselementen i ISO 9000 är: Företagsledningens ansvar, Kvalitetssystem, Kontraktsgenomgång, Konstruktionsstyrning, Dokumentstyrning, Inköp, Produkter tillhållna av köparen, Produktidentifikation och spårbarhet, Processtyrning, Kontroll och provning, Kontroll-, mät- och provningsutrustning, Kontroll- och provningsstatus, Behandling av avvikande produkter, Korrigering åtgärder, Hantering, förvaring, packning, skydd och leverans, Kvalitetsdokument, Interna kvalitetsrevisioner, Utbildning, Service samt Statistiska metoder.

ständig förbättring. Alldeles för många sätter t ex likhetstecken mellan ISO 9000 och mängder av mätningar, ofta med onödigt hög precision. Men här blandar man egentligen ihop ISO 9000 med praktiskt kvalitetsarbete. Är man uppmärksam på den här detaljen kan man dock undvika att falla i fällan. Viktigt i sammanhanget är nämligen avvägningen mellan kontrollinsatserna och bl a produkternas komplexitet och den egna organisationens storlek. Det finns ingenting i ISO 9000 som säger att man måste mäta mer än nödvändigt.

Kundkvalitet

En underleverantör bör inte bara stirra sig förblindad på det tillfälle vid vilket han eller hon levererar en vara till en kund. Underleverantören bör också förvissa sig om att den slutprodukt som kunder säljer på marknaden håller måttet. Gör den inte det återverkar detta på underleverantörens situation och image.

Likväl som en kund kan vilja att en underleverantör skall vara ISO 9000-certifierad och kapabel till kvalitet kan en leverantör vilja samma sak.

ISO 9000 och kapabilitet (se faktaruta) skall alltså ses i båda riktningarna, från kund mot underleverantör och omvänt.

Checklista

Anvisningarna i ISO 9000 kan på sätt och vis betraktas som en checklista och det är möjligt att jämföra med förhållandet inom flyget. Innan en pilot får starta måste han eller hon göra ett antal kontroller enligt en fastställd checklista. Kontrollerna måste utfalla med godkänt. Det finns två vinster med det här förfarandet. Den ena är att piloten gör sina kontroller och får hjälp med att inte glömma något moment. Den andra vinsten är att omgivningen, t ex trafikledningen och planets ägare, kan utgå ifrån att ett antal funktioner provats med godkänt resultat.

I förhållandet mellan en köpare och en av dennes ISO 9000-certifierade underleverantörer svarar liknelsen mot att köparen på goda grunder kan anse sig veta en hel del om leverantören. Motsvarande gäller givetvis i riktningen från underleverantören mot dennes kund.

Kedjor ej krav

En ISO 9000-certifierad tillverkare kan välja mellan att anlita certifierade och inte certifierade underleverantörer. Måste han eller hon alltid vända sig till certifierade leverantörer?

”Det finns inte något i ISO 9000 som säger att en certifierad köpare enbart måste vända sig till certifierade underleverantörer” svarar Yngve Oretun. ”Däremot kräver normen att en icke certifierad underleverantör skall vara likställd med en certifierad. Köparen tar på sig ansvaret för att de produkter som de icke certifierade leverantörerna tillhåller håller måttet. Om en köpare/sluttillverkare åläggs ansvar för en miss i de produkter han sålt på marknaden och missen kan härledas till en detalj från en icke certifierad underleverantör, får köparen själv stå för följderna.”

Strategiskt beslut

Ett beslut om att gå in för ISO 9000 är så genomgripande för ett företag eller en organisation att det måste förankras högt upp i beslutshierarkin.

Beslutet är av strategisk betydelse och inom ett aktiebolag eller en organisation bör det därför till att börja med sanktioneras av styrelsen.

Vid införande av ISO 9000 inom ett företag är företagets VD en nyckelperson. Han eller hon måste gå i bräschen och aktivt verka inte bara för att införandet lyckas utan också för att kravspecifikationen sedan följs samt förändras i takt med att verksamheten inom företaget förändras.

VD måste ha i minnet att för att kvalitetsarbete skall lyckas så måste alla berörda engageras och det redan från allra första början. Han eller hon måste också komma ihåg att alla företag är på minst något sätt olika varandra.

Inom varje företag måste man därför finna sin egen väg mot ISO 9000 och kvalitetsförbättring. Det går inte att kopiera uppläggningsen hos något annat företag.

”Jag vill gå så långt som att säga att den VD som enbart siktar mot dels ett ISO 9000-certifikat, dels en kvalitetsmanual som sedan får stå och damma igen på någon hylla hellre bör avstå från alltihop” säger Yngve Oretun. ”ISO 9000-arbete och kvalitetsarbete skall bedrivas offensivt så att man får valuta för sina insatser.”

Satsa på det som är bra

Den som vill närma sig ISO 9000 för att sedan fortsätta kvalitetsvägen börjar lämpligen med att ta sig en närmare titt på dokumentet SS-ISO 9004. Därefter är det lämpligt att kartlägga verksamheten inom det egna företaget eller den egna organisationen för att se vad som är bra och vad som är mindre bra. Det som är bra får sedan utgöra en grund för det fortsatta arbetet.

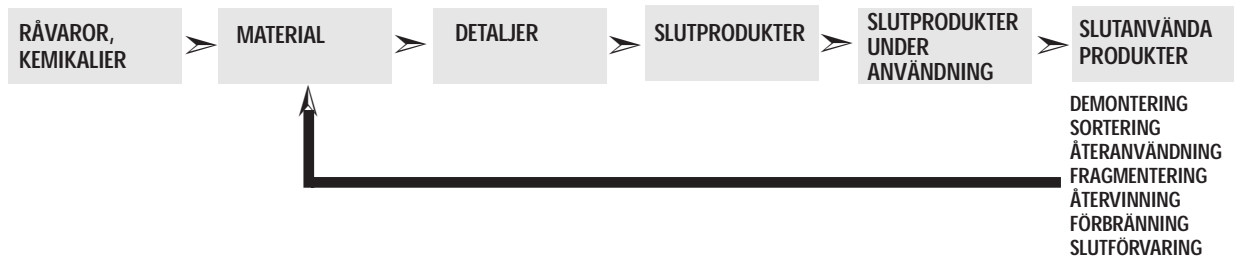
När väl riktningen är utstakad kan man välja mel-

ORD ATT MINNAS
Ackrediterat organ
CE
Concurrent Engineering
Duglighet
Internationella
Standardiserings-
organisationen
ISO
Kapabilitet
Kvalitetselement
Kvalitetssystem
Parallell utveckling av
produkter och processer
Totalkvalitetsstyrning
TQM



PLASTSKOLAN 11

ISO 9000 kan tillämpas inte bara mellan en sluttillverkare och dennes underleverantörer (detalj tillverkare), utan mellan alla med varandra närliggande aktörer i kretsloppet. Till exempel mellan en detaljtillverkare och hans eller hennes materialleverantörer eller mellan ett materialföretag och ett återvinningsföretag.



lan att först göra en ansats och sedan eventuellt gå vidare mot certifiering. Vilket alternativ man väljer beror givetvis av hur den egna verksamheten är beskaffad och av förutsättningar i omgivningen.

Kräver kunderna certifiering får man ta itu med att skaffa certifikat för verksamheten eller välja andra kunder. Om de inte gör det kan man i stället välja det första alternativet. Härvid bör man sikta på att ta fram ett presentationsmaterial till ledning för både kunder och presumtiva sådana.

Revisor och arbete

Den som med begränsade förkunskaper beslutar sig för att ta itu med ISO 9000 och kvalitetsförbättring gör klokt i att anlita en "navigator" i arbetet, t ex en kvalitetsrevisor. En sådan kan peka ut de viktiga målen och stegen samt ge anvisningar så att man inte gör en massa arbete i onödan.

Men kvalitetsrevisorn skall endast ses som just en navigator, en specialist att anlita vid behov. Arbetet med att införa ISO 9000 i t ex ett företag måste man utföra själv inom företaget. Det finns flera anledningar till detta. En är att varje företag är specifikt – andras sätt att gå tillväga kan därför inte kopieras. En annan är att man inom företaget kan ha kunskaper som inte bör spridas. En tredje är att alla inom företaget ändå måste delta i arbetet.

Inte invändningsfri

Kravspecifikationen ISO 9000 är ingalunda invändningsfri, utan har mött en hel del kritik. Den betonar till exempel inte det viktiga arbetet med ständiga förbättringar. Likaså omfattar specifikationen inte kvalitetsarbetet i administrativa stödfunktioner. Vidare kritiserar den för kraven på dokumentation och sist, men inte minst, påpekas det i bland att vär-

det av ett ISO 9000-certifikat beror av vem som utfärdat certifikatet.

Den som vill låta certifiera sitt företag måste emellertid vända sig till ett s k **ackrediterat organ**, d v s ett institut som godkänts enligt normen EN 45010. Ett svenskt företag kan vända sig till ackrediterade organ i Sverige, såsom Semko och SIS, eller gå utomlands, t ex till BSI (i Storbritannien).

ISO 14000

Vid sidan om ISO 9000 nämns ibland ISO 14000. Vad är ISO 14000?

ISO 14000 är en global standard för miljöledning, d v s man kan säga att ISO 14000 är en miljömot-svarighet till ISO 9000. Bägge standarderna har dock samma huvudinriktning. Precis som ISO 9000 inte garanterar produktkvalitet garanterar ISO 14000 inte lagars och bestämmelsers efterlevnad och inte heller förbättrade prestationer inom miljöområdet. Vad ett företag vinner som går in för ISO 14000 är däremot att det får en miljöpolicy som står i överensstämmelse med lagar och förordningar. Det visar med andra ord att det har en strategi för hur det på ett seriöst sätt hanterar miljöfrågor.

Det grundläggande arbetet bakom ISO 14000 är ännu inte avslutat. ISO 14000 kommer, liksom ISO 9000, att bestå av ett antal standarder, t ex ISO 14000-1, som väntas publiceras i engelsk version nu i mitten av året.

När det gäller certifiering förefaller det att vara en skillnad mellan ISO 9000 och ISO 14000. Medan det är en mycket viktig detalj i det förra fallet är det svårt att förutsäga hur det blir i ISO 14000-fallet. En gissning är dock att stora köparföretag kommer att verka för ett införande av certifiering bland sina underleverantörer.

Frågor och uppgifter till lektion 11

1. Vilken är den allmänna innebörden av ISO 9000?
2. Vad heter det svenska dokument om ISO 9000 som man bör börja med att studera när man vill närma sig ISO 9000? (Svara med sifferbeteckning och titel.)
3. Vad missar man för väsentligt om man som mål med ett projekt för införande av ISO 9000 sätter erhållande av ett certifikat?
4. Vad kan jag som ISO 9000-certifierat köparföretag räkna med att vinna på att anlita en ISO 9000-certifierad underleverantör jämfört med att anlita en icke certifierad leverantör?
5. Vad kan jag som ISO 9000-certifierad underleverantör räkna med att vinna på att ta uppdrag för en ISO 9000-certifierad köpare jämfört med att ta uppdrag för en icke certifierad köpare?
6. Vad måste jag som arbetar med kontroll av kvaliteten hos utgående produkter från en plastbearbetare framför allt tänka på när jag planerar mina mätningar?
7. Anta att man inom ett företag skall införa ISO 9000. Vilken enskild person inom företaget har det största ansvaret för att satsningen lyckas?
8. Är införande av ISO 9000 inom ett företag något som enbart rör företagets kvalitetsansvarige eller rör satsningen alla inom företaget?

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

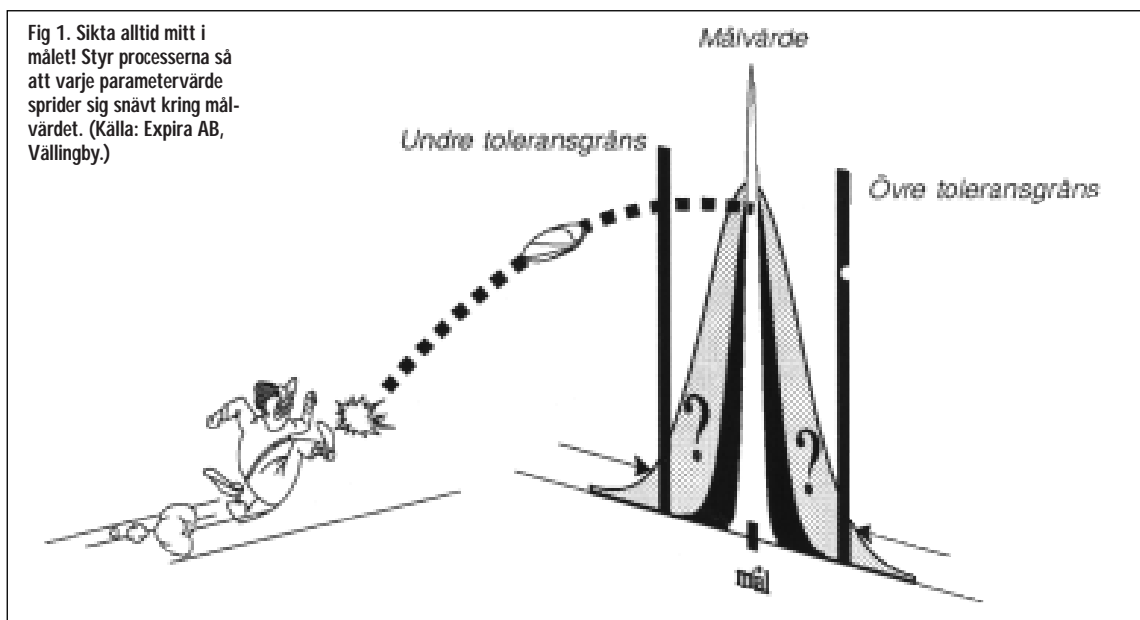
MER ATT LÄSA
LINDGREN, A och
SANDELL, B: ISO 9000–
den offensiva vägen.
Utbildningshuset/Student-
litteratur, 1993.
ISBN 91-44-39701-1.

9000 goda råd att bygga
kvalitetssystem i företag.
Andra upplagan. IVF,
1995. (Beställs på tel
031 - 706 60 00.)
ISBN 91-630-3131-0.

Kvalitetssystem i små
företag - Vägledning vid
användning av ISO
9000-serien. Swedac,
1996. (Beställs hos SIS
Kvalitetsforum,
tel 08 - 24 13 31.)

FOKUSERA PÅ KUNDKRAVEN

Fig 1. Sikta alltid mitt i målet! Styr processerna så att varje parametervärde sprider sig snävt kring målvärdet. (Källa: Expira AB, Vällingby.)



Det tolfte avsnittet i Plastskolan framhäver att A och O för produktkvaliteten är att kundens uttalade krav på produkten uppfylls. Klargör kraven tidigt samt konstruera, tillverka och kontrollera mot dessa. Styr tillverkningsprocesserna mot produktparametrarnas målvärden.

■ "Produktkvalitet" är ett ord som kan betyda allt eller intet. Vad det innebär i det enskilda fallet beror av vad man kommer överens om att lägga in i uttrycket och hur man ska bestämma olika produktens egenskaper. Ett bra sätt för t ex en bearbetare och en kund att lägga in gemensam mening i ordet produktkvalitet är att de tidigt formulerar och skriftligt dokumenterar tydliga kvalitativa och kvantitativa krav. Då får de en kravlista, som kan användas som underlag vid diskussioner om bl a kvalitet.

Sikta på målvärden

Egenskaperna hos en produkt bestäms av ett antal parametrar, som geometriska mått, slagseghet, färg samt tåligghet mot värme och kemikalier. För varje parameter anger man ett målvärde och oftast också ett toleransområde, ett "fönster", inom vilket parametervärdet för varje enskild produkt ska ligga.

Detta illustreras av fig 1. De två svarta stolparna

representerar övre och undre gränser medan de tre klockformade kurvorna markerar olika spridningsfunktioner för värdena.

Den kurva som avgränsar det rasterade fältet utåt visar hur den verkliga spridningen kan se ut.

Den kurva som utgörs av gränslinjen mellan det svarta fältet och det grå fältet visar den spridning man normalt kan bestämma genom mätningar.

Den inre kurvan, d v s den som avgränsar den "vita spiken", visar den spridning man bör söka nå.

Frågetecknen i de grå fälten markerar osäkerhet, d v s ett felbeteende som man på goda grunder kan anta finnas men som man knappast kan skaffa sig någon noggrann uppfattning om. De grå fälten utanför "målstolparna" symboliserar mängden produkter som inte håller måttet. Kommer dessa produkter ut på marknaden kan de orsaka fel, fördröjningar, kostnader och försämrat renommé.

Fig 1 innehåller ett mycket viktigt budskap. Man ska alltid, parameter för parameter, styra sina processer mot målvärdet och inte mot hela målfönstret. Detta ger minsta risk för obehagliga överraskningar i efterhand. Det här är en helt annan rekommendation än den äldre, som går ut på att det räcker med att med en viss sannolikhet "bara" hålla varje parametervärde mellan sina toleransgränser.

Se upp med efterkrämp

Den som kommer från metallvärlden till plastvärlden möter i samband med termoplaster ett nytt ➤

KVALITETSKONTROLL
Vid leveranskontroll av färdiga detaljer kan följande checklista följas i tillämplig omfattning:

■ **Visuell kontroll:**
Färgförändringar, finish, ytdefekter, grader, sammanflytningslinjer, sliror, insjunkningar, blåsbildning, brännmärken, transparens, skevhet, sprickbildning, saknade partier.

■ **Viktkontroll:**
Vägning av enstaka och många detaljer inklusive tolkning av spridnings- och medelvärden, viktförändring under körningen mellan olika tillfällen, vikt- och dimensionssamband – förenklad kvalitetskontroll.

■ **Övrig kontroll:** Det molekylära tillståndet (eventuell nedbrytning i processen), slagseghet, samband mellan det molekylära tillståndet och övriga mekaniska egenskaper, skevning och krympning (även efter kontrolluppvärmning), kvarvarande stabilisator (återstående livslängd i praktiken), kontroll av att rätt materialkvalitet har använts.

begrepp av stort intresse i många kvalitetssammanhang, nämligen **efterkrympning**, eller **efterkrymp**. Detta innebär att en detalj i en del fall krymper efter att den formats. Denna krympning kan ses som en fortsättning av den krympning som äger rum under formningsprocessen (**formkrympning** eller **formkrymp**). Graden av efterkrympning beror av framför allt vilket material man bearbetar, detaljens geometriska utformning samt värmeförhållanden under och efter formningen.

Om man inte ser upp kan efterkrympningen ställa till med stora besvär. Anta att man tillverkar en detalj som ska användas i nära kontakt med andra i någon mekanism i en slutprodukt. Anta vidare att man kontrollerar några mått hos detaljen innan den levereras. Om kontrollen utförs vid rumstemperatur, men detaljen skall användas vid betydligt högre temperatur, finns det risk för problem. Efterkrympningen hos detaljen kan nämligen vara så stor att mekanismen inte fungerar.

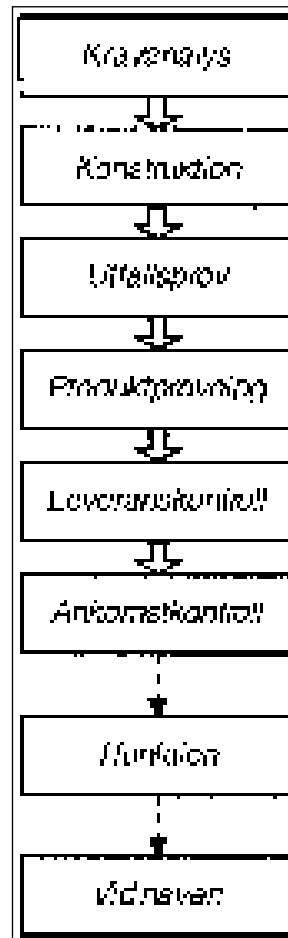
Förloppet vid efterkrympning visas av den nedre kurvlinjen i diagrammet i fig 2, som illustrerar förhållandet för en delkristallin termoplast, t ex acetalplast (POM).

Om man tillverkar en detalj vid låg formtemperatur, t ex +25°C men använder den vid hög, t ex +120°C, blir efterkrympningen avsevärd. Om man däremot använder hög formtemperatur vid formningen, säg +120°C under 24 timmar, sker huvuddelen av efterkrympningen under denna process, se den övre linjen i fig 2. När man sedan använder detaljen vid +120°C blir efterkrympningen obetydlig.

Om man anlöper detaljen vid 120 till 145°C innan man leveranskontrollerar den får man också geometriska mått som ligger betydligt närmare de mått detaljen ska ha i sin avsedda användarmiljö. Det här illustrerar tydligt att all leveranskontroll för en detalj måste utföras under samma betingelser som motsvarar dess bruksförhållanden.

duktkvaliteten. Den övergripande faktorn måste vara kravet att detaljen fungerar på avsett sätt och under avsedd tid i sin tilltänkta användarmiljö. För att nå de uppställda kvalitetsmålen behövs det kvalitetskontroller.

Kvalitetskontroller höjer inte produktkvaliteten, men det verkligt intressanta är att det faktum att man arbetar med kontroll ofta startar en positiv kedjereaktion. Man tvingas skaffa sig kunskaper om sina processer och de ökade kunskaperna gör att man kan styra processerna så att produkterna får högre kvalitet. Kvalitet ska byggas in i produkterna och inte erhållas genom slutprovning och selektion.



Kontrollsteg

I fig 3 visas de viktigaste kontrollstegen vid framför allt formsprutning av detaljer i termoplast. Stegen är:

- kravanalys
- konstruktion
- utfallsprov
- produktprovning
- leveranskontroll
- ankomstk kontroll.

En **kravanalys** måste utföras för att man ska kunna upprätta en kravlista. Analysen bör helst utföras i mycket god tid och i nära samarbete mellan bearbetaren och kunden. Syftet med analysen är att formulera mål och att staka ut gränser.

Man kan t ex bestämma att detaljens "efterkrympning" ska vara maximalt 0,1 % vid +90°C under sju år". Eller att materialet i produkten efter åldring vid +100°C i en månad ska ha en slagseghet som inte underskrider ett visst värde.

(Slagsegheten är en mycket viktig parameter. Dålig slagseghet resulterar i sprödhet och sprickor, som kan uppträda såväl när detaljen monteras som under hela dess efterföljande livslängd.) Som ledning vid upprättande av kontrollplanen kan man använda en generell checklista (se även artikeln på sid 46 i *Plastforum* nr 1/2, 1996).

Fig 3. De stora stegen i kvalitetskontrollen.

Konstruktion avser anpassning av den blivande detaljen efter de specifikationer som gjorts upp. Konstruktionen måste anpassas till det valda materialet, detaljens utformning och dess produktionssätt. I arbetet under den här fasen ingår att specificera material- och processbetingade kontrollåtgärder.

Utfallsprov innebär att man producerar "provbitar" för att prova formverktygets funktion. Vissa noggranna uppdragsgivare kräver ibland att formen tillverkar inkörningsdetaljer under flera dygn innan den "riktiga" produktionen påbörjas. Detta är för att man vill vara helt säker på att både formen och

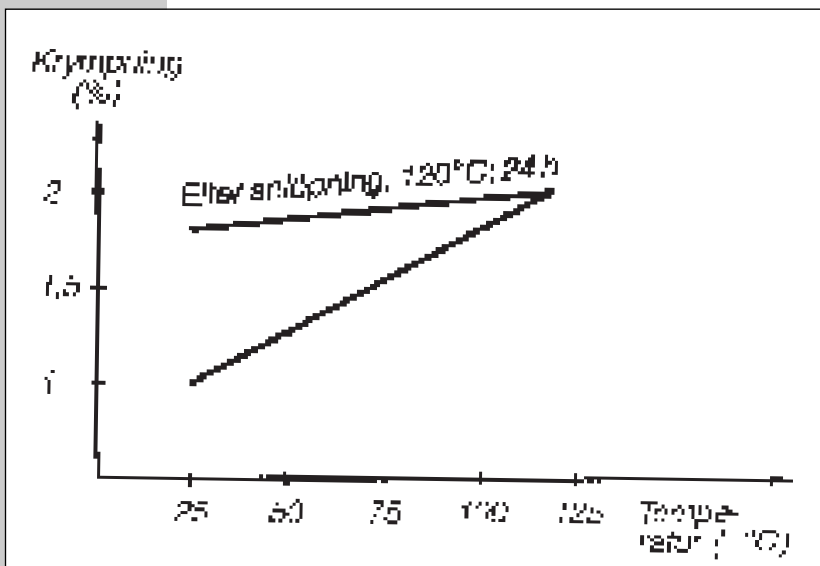


Fig 2. Om en detalj av en termoplast formas vid låg temperatur men ska användas vid hög måste man se upp vid leveranskontrollen. Ett sätt att minska den procentuella efterkrympningen är att "konstälra" detaljen.

Bygg in kvaliteten

Den som tillverkar plastdetaljer måste inse att det är många faktorer som tillsammans bygger upp pro-

maskinen uppnår **termisk jämvikt**. Rent allmänt innebär utfallsprovning en stor kontrollinsats.

Produktprovning är en normal, löpande kontrollinsats. Den innebär att man följer ett provningsschema och tar ut prov, vanligen på stickprovsbasis, för t ex slagprovning (se även faktaruta om kontrollmetoder). Vid datoriserad produktion kan det här momentet också innebära uttag av processinformation för statistisk bearbetning och vidare justering av processen.

Leveranskontroll är den slutkontroll som en tillverkare gör innan han levererar produkterna till beställaren. Kontrollen kan göras som allkontroll eller stickprovskontroll. (Se faktaruta om kvalitetskontroll.) Kontrollen ska göras efter den kontrollplan som bör ha upprättats i samband med kravanalysen. Särskilt viktigt är att kontrollen utförs under betingelser som motsvarar de som råder när produkterna används.

Ankomstkontroll, eller mottagningskontroll, utförs hos kunden strax efter det att denne tagit emot ett produktparti. Kontrollen kan göras som allkontroll eller stickprovskontroll. En tendens är dock att man strävar efter att skjuta över ansvaret för kvalitetskontrollen på tillverkaren så att köparen kan minska sin kontrollinsats.

Fig 3 innehåller dessutom två rutor märkta "I funktion" och "Vid haveri". Den förra syftar på stickprovskontroller som man utför medan produkten används. Kontrollen utförs för att upptäcka eventuella egenskaps- eller funktionsförändringar. "Vid haveri" syftar på de insatser som görs när en levererad detalj gått sönder eller när den slutprodukt som den levererade detaljen ingår i uppvisar funktionsstörningar. De kontrollinsatser som görs i det här fallet är stora, mycket större än dem vid utfallsprovningen.

Minneslista

Vad bör en plastbearbetare särskilt tänka på när han eller hon vill förbättra kvaliteten hos sina produkter? Frågan gick till Olof Krugloff, utbildningsansvarig inom Plast- och Kemibranscherna.

"I stort sett vad som redan sagts i den här arti-



"Plastbearbetaren måste hålla två viktiga saker i minnet" anser Olof Krugloff.

"Produkten ska hålla måttet i alla avseenden och man ska sträva mot det målet genom att ständigt öka kunskaperna om processerna. Det ökar möjligheterna att styra dessa mot kvalitetsparametrarnas målvärden." (Foto: Gudrun Edel-Rösnes.)

keln", svarar Olof. "Alltså:

- analysera kundkraven noga
- konstruera mot kundkraven
- tillverka mot kundkraven
- kontrollera mot kundkraven.

Följ om möjligt upp hur produkten fungerar hos kunden eller slutanvändaren. Använd informationen från uppföljningen i det löpande förbättringsarbetet.

Som en röd tråd genom hela kedjan måste finnas målet att produkten ska fungera under hela den tid kunden eller slutkunden kräver och i den miljö kunden specificerat. Alla kontroller och förbättringar måste göras med dessa krav inför ögonen", säger Olof Krugloff.

Se upp med driftavbrott

Tillverkningsprocesser som löper tillfredsställande ska inte avbrytas. Avbrott ger nämligen ofta språngvisa förändringar av kvaliteten hos de produkter som tillverkas. Detta gäller

också för formsprutning.

Olof Krugloff hänvisar här till en undersökning som gjordes i Sverige för ganska länge sedan. Ett moment i denna var att man mätte vikten hos alla plastdetaljer som tillverkades under en längre tid. Man fann då att vikterna låg inom ett snävt område så länge maskinerna fick arbeta ostört. Men så snart de stoppades för att sedan köras igång efter en paus så vidgades detta område kraftigt under den närmaste timmen efter återstarten. Eftersom vikt kan användas som en enkel kvalitetsindikator är slutsatsen att maskiner i drift inte ska stoppas annat än i undantagsfall. Maskinoperatörer måste därför växla verktyg med varandra.

KONTROLLMETODER

- visuella metoder
- flytbarhet
- mekaniska metoder, lång- och korttidsegenskaper
- termiska metoder
- kemiska och fysikaliska metoder
- elektriska metoder

Frågor och uppgifter till lektion 12

1. Varför bör en plastbearbetare och hans uppdragsgivare redan mycket tidigt i ett produktprojekt göra en ingående kravanalys?
2. Varför måste man vid konstruktion och kontroll av en formsprutad detalj av termoplast se upp med efterkrympning?
3. Hur yttrar sig bristande slagseghet hos en plastdetalj?

4. Vilka fyra punkter är av särskild vikt för den plastbearbetare som vill öka produktkvaliteten?

5. Varför bör en maskinoperatör inte stänga av sin maskin, t ex en formspruta, under rasten?

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

ORD ATT MINNAS
Ankomstkontroll
Efterkrympning
Efterkrympning
Formkrympning
Formkrympning
Kravanalys
Leveranskontroll
Mottagningskontroll
Produktprovning
Termisk jämvikt



PLASTSKOLAN 12

KALKYLERING FÖR EGENSKAPER OCH PRIS

Plastskolans trettonde avsnitt handlar om produktkalkylering, en process för att säkerställa att kunden verkligen får vad som avtalats och till rätt pris. Kalkylerarbetet är särskilt omfattande i samband med formsprutning. Datorhjälpmedel kan ge visst stöd.

■ I relationen mellan ett tillverkande företag och dess kunder är det två faktorer som är av särskilt stort intresse:

- en **kravlista** som redovisar alla egenskaper en blivande produkt skall ha
- en **produktkalkyl**, som kopplar ihop produktens egenskaper med vad det kostar att åstadkomma dessa egenskaper.

Den verksamhet som leder fram till en produktkalkyl brukar bland plastbearbetare kallas för **produktkalkylering**. (Betr ”kalkyl”, se faktaruta.) Den som utför denna form av kalkylering måste ha gedigna kunskaper och erfarenheter inom området. Dessutom är det bra om maskinoperatörerna hos plastbearbetarna känner till något om hur produktkalkylering i stora drag går till. De kan då lättare förstå hur olika maskininställningar påverkar de tillverkade produkternas egenskaper och priser. Det är förstås också bra om även kundföretagen har kunskap att förstå sambanden mellan produktens egenskaper och tillverkningskostnader.

Många faktorer

Det är många faktorer som tillsammans bestämmer vilka egenskaper en plastdetalj får och hur den bör prissättas. I fig 1 redovisas några särskilt viktiga och därtill kostnadsstyrande faktorer vid formsprutning: Konstruktiv utformning av detaljen, konstruktion och tillverkning av formen, val av material och val av processparametrar.

Samtliga dessa huvudfaktorer styrs ytterst av vad man kommit överens om i avtalet mellan kunden och plastbearbetaren, t ex färg, finish, toleranser, mekaniska och kemiska egenskaper, temperaturlåghet, och klimatbeständighet.

Utformningen av detaljen, t ex beträffande godstjocklek, kan påverka faktorer som kyltid, ytfinish, insjunkningar, planhet, behov av antalet kärnor och slider samt valet av material. Exempel på faktorer som hänger samman med formen är finish, antalet formrum, varmkanal/ingötstyp, kärnor och slider samt krav på jämnhet i formtempereringen.

Den färdiga detaljens egenskaper bestämmer därför parametrarna i produktionsprocessen. Exempel på sådana parametrar är formtryck (sprut- och eftertryck), trycktider, formtemperaturer och kyltider. Valen påverkar i sin tur maskinens och formens produktionskapacitet och därigenom också tillverkningskostnaden.

Till produktionsprocessen hör ibland också **efterbearbetning**. Målet vid konstruktion och tillverkning av formsprutgods är att detaljerna skall vara ➤

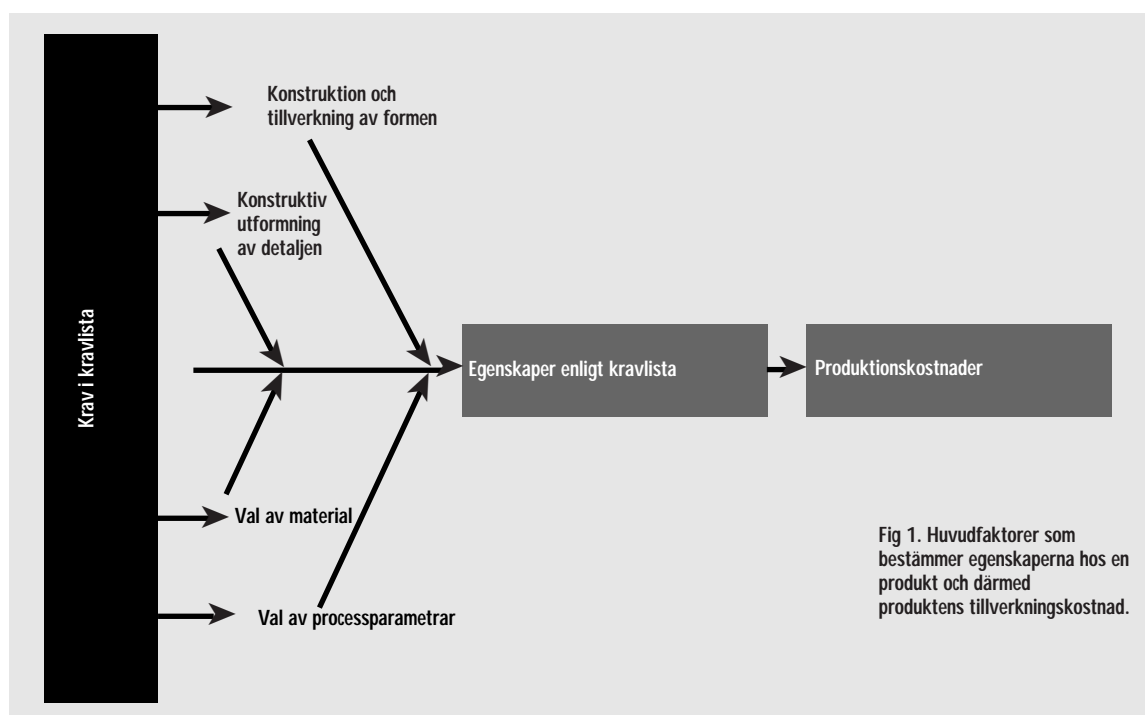


Fig 1. Huvudfaktorer som bestämmer egenskaperna hos en produkt och därmed produktens tillverkningskostnad.

ORD ATT MINNAS

CAD
CAD-program
Datorstödd konstruktion
Efterbearbetning
Efterpackningstid
Eftertryck
Eftertryckstid
Flytgränstemperatur
Förseglingspunkt
Kalkyl
Kravlista
Kylningstid
Kyltid
Körlängd
Produktkalkyl
Produktkalkylering
Temperering
Tempereringstid

leveransfärdiga när de kommer ut ur maskinen. Men ibland fördyras processen väsentligt av att man måste ta bort t ex ingöt manuellt, avsyna varje enskild detalj, montera samman detaljer eller ytbehandla dem. (Detaljpriset påverkas också av kostnader, som inte faller inom ramen för produktkalkylering.)

Det yttersta syftet med produktkalkyleringen är att kunden verkligen får vad han betalar för.

Segmentering

Detaljutförning, formkonstruktion, materialval och val av processparametrar beror alltså i hög grad på vad kunden kräver av produkten. Det är många faktorer som påverkas av kundkraven och det är ett av skälen till att många plastbearbetare försöker specialisera sig på begränsade produktsegment. Erfarenheten ökar naturligtvis möjligheterna att "pricka rätt" i kalkylarbetet.

Datorstöd

Nu numera kan konstruktörerna utnyttja en rad olika datorstödda konstruktionshjälpmedel, s k **CAD-program** (CAD: Computer-Aided Design; dvs **datorstödd konstruktion**). Därutöver finns det ett antal, helt "plastanpassade" program för simulering av fyllningsförloppen i formar. Denna typ av hjälpmedel används för att upptäcka problem på ett tidigt stadium. Program av det här slaget är emellertid ofta så omfattande, dyra och kunskapskrävande att de mera sällan används av mindre och medelstora företag.

Poly Invent AB i Partille har utvecklat ett Windowsbaserat kalkylprogram för formsprutning. Vi har valt att använda det som ett åskådningsexempel.

Program för formsprutning

Poly Invents kalkylprogram för formsprutning, som absolut inte får förväxlas med traditionella program för ekonomiska kalkyler eller med MPS-system, gör det möjligt att beräkna

- ungefärlig eftertrycks- och kyltid
- ungefärlig cykeltid
- maskinstorlek (verkligt maskinval)
- optimalt antal formrum
- optimal **körlängd** (mot kundens orderstorlek)
- bästa maskin med hänsyn till lägsta årskostnad.

En begränsning i programmet vad kyltiden beträffar är att det arbetar med ett matematiskt uttryck, som gäller för en plan yta. Det tar således inte hänsyn till hörneffekter, kärnor och slider. Om man skulle ha utformat programmet för att klara dessa och liknande effekter hade det blivit både ohanterligt och dyrt.

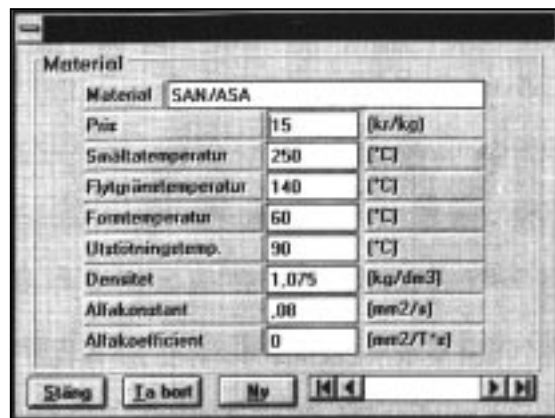


Fig 2. Meny "Material" för materialet SAN/ASA.

Gränssnittet mellan system och användare är baserat på följande "programverktyg" och menyer:

- material
- maskiner
- kalkyl
- översikt maskinpark
- ekonomisk översikt
- sammanställning kalkyl.

Formsprutning

Formsprutningsförloppet inleds med att formhålvorna pressas samman. Därefter trycks den smälta plastmassan in i formens håligheter. När tryckmaximum uppnåtts börjar **eftertryckstiden**.

Under denna minskar man i regel något på trycket i plastmassan. Man sprutar samtidigt in ytterligare något litet plastmassa i formen för att därigenom kompensera den volymminskning som uppträder vid massans avkylning. Det högsta trycket under eftertryckstiden kallas **eftertryck**. När den s k **förseglingspunkten** uppnåtts avlägsnas även eftertrycket. Nu vidtar **kylningen** eller **tempereringen**, som har till uppgift att minska de mekaniska spänningar som uppstår i plastmaterialet under det att detta svalnar. Tiden under vilken tempereringen äger rum kallas **kylningstid**, **kyltid** eller **tempereringstid**.

Även sedan materialet har stelnat fullständigt i formrummet finns det spänningar kvar i materialkroppen. För höga spänningar kan leda till att den färdiga detaljen blir skev, spröd eller att det uppstår sprickor i godset. Det gäller därför att ställa in eftertryck, tempereringstemperatur och tempereringstid så att det kvarvarande trycket blir så litet som möjligt.

Materialmenyn

Materialmenyn, se exempel i fig 2, redovisar ett antal data för ett stort antal plaster. Dessa data är valda med tanke på "normaltekniska detaljer". Detta innebär att trycktider och kyltid i formen beräknas till medelgod, teknisk nivå. För vart och ett av materialen kan användaren själv välja andra data för t ex tider för eftertryck och kylning.

I samband med kyltidsberäkningar är det ett temperaturbegrepp som fordrar en särskild kommentar, nämligen **flytgränstemperaturen**. Denna är lika med den maximala temperaturen i centrum hos detaljen i formrummet vid den tidpunkten då eftertrycket släpps (se faktaruta beträffande förloppet för

Kalkyl

En **kalkyl** är en beräkning eller uppskattning som läggs till grund för ekonomiska bedömningar. Det finns olika slag av kalkyler, t ex för- och efterkalkyler. Förkalkyler syftar till att i förväg få fram vad en vara eller tjänst bör kosta. En efterkalkyl görs upp i efterhand för att se om projektet gått med vinst eller förlust.

Vid val mellan olika handlingsalternativ gör man ofta upp kalkyler för vart och ett av alternativen för att få underlag för valet.

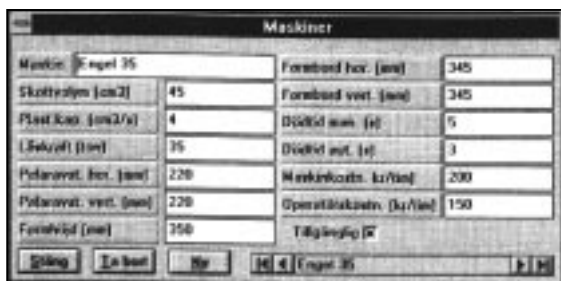


Fig 3. Menyn "Maskiner" för formsprutningsmaskinen Engel 35.

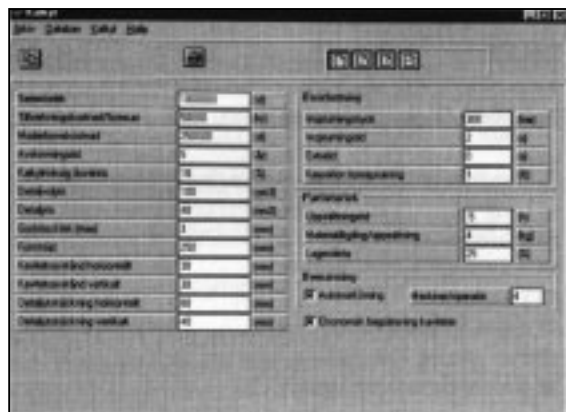


Fig 4. Menyn "Kalkyl".

formsprutning). Lägre flytgränstemperatur medför längre eftertryckstid, d v s under förutsättning av att ingötet inte har stelnat under denna tid, samt en längre **efterpackningstid**. Detta innebär i sin tur att den volumminskning som uppkommer vid avsvilningen kompenseras.

Rent allmänt gäller att större efterpackning av material betyder mindre insjunkning vid godsanhopning samt mindre formkrympning och högre vikt hos detaljen. (Viktmätning kan användas som kvalitetskontroll.)

Det är svårt att ange bra värden för flytgränstemperaturen, som dessutom är mycket svår att mäta. Denna temperatur väljs därför i praktiken utgående från beprövad erfarenhet.

Nu åter till fig 2, som visar menyn för det här godtyckligt valda materialet SAN/ASA samt viktiga uppgifter för just detta material. En del av uppgifterna utgörs av grunduppgifter medan andra antingen beräknats av programmet med ledning av inmatade uppgifter som är specifika för användaren.

Uppställningen i fig 2 innehåller fyra temperaturstorheter:

- smälttemperatur
- flytgränstemperatur
- formtemperatur
- utstötningstemperatur.

Smälttemperatur (här +250°C) är den temperatur plastsmältan skall ha under insprutningen i formen. Flytgränstemperaturen (+140°C) är enligt ovan maximitemperaturen i mitten av plastmaterialet vid eftertryckstidens slut.

Formtemperatur (+60°C) är den temperatur hos formen man normalt använder vid det aktuella materialet. Utsötningstemperaturen (+90°C) är genomsnittstemperaturen i detaljen när formen öppnas och den färdiga

Poly Invent

Poly Invent AB i Partille är ett litet, högteknologiskt konsultföretag, som är specialiserat på utveckling av produkter i plast och gummi.

Verksamheten omfattar konsult- och forskningstjänster till verkstadsindustrin och till producerande företag i övrigt. Exempel på tjänster är produktutveckling samt ekonomisk och kvalitetsmässig optimering av produktionsprocesser. Företaget bedriver också utbildning inom plast- och gummiområdet. Programmen kan beställas på tel 031-26 22 15.

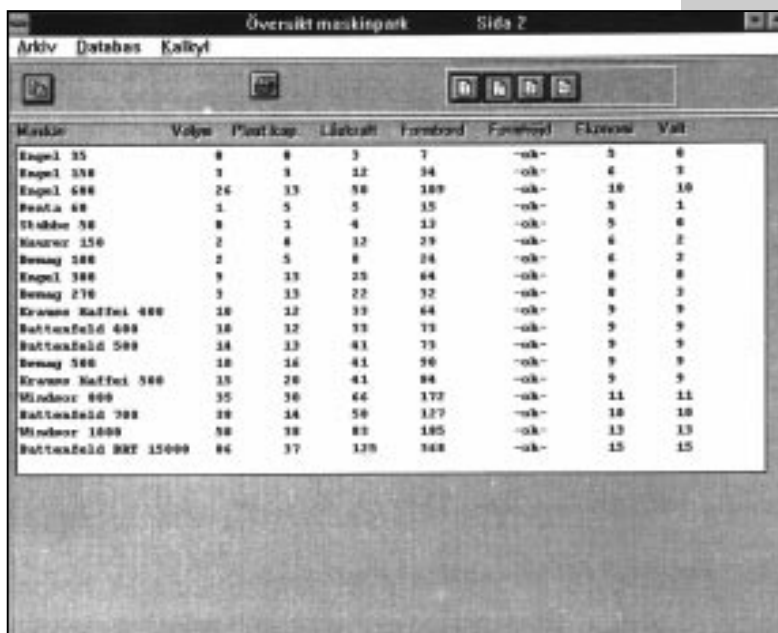


Fig 5. Menyn "Översikt maskinpark".

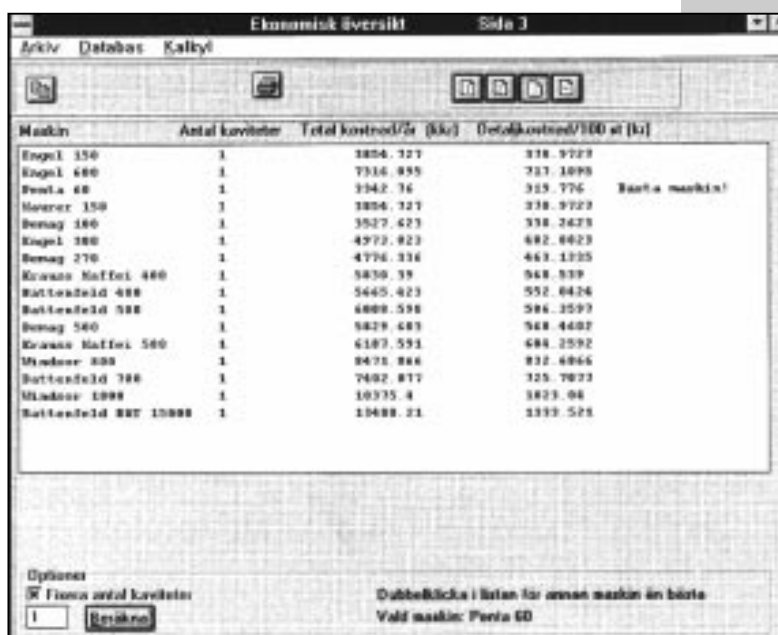


Fig 6. Menyn "Ekonomisk översikt".

detaljen är klar att stötas ut.

Alla de här fyra temperaturenheterna är kvalitetsparametrar. För t ex formtemperaturen gäller att ju högre man väljer denna desto mindre egenspanningar blir det i den tillverkade detaljen, desto mindre efterkrympning och desto högre geometrisk precision uppvisar den under hela sin avsedda användningstid.

De övriga verktygen

För menyn "Maskiner", se fig 3, gäller motsvarande som för "Material". Programmet arbetar utgående från antingen förinlagda maskindata eller data som användaren själv matat in.

Menyn "Kalkyl", se exempel i fig 4, används för inmatning av ett



Sammanställning kalkyl			Side 4		
Penta 60		ABS STD		Kostnader	
Maskinkostn. (kr/år)	390	Materialpris (kr/kg)	14	Material (kr/st)	1.470
Antal kavlar (st)	1	Cylindertemperatur (°C)	250	Maskin (kr/st)	1.036
Cykeltid (s)	21.964	Fästtemperatur (°C)	50	Kassalon (kr/st)	0.032
Inspetningstid (s)	2,00	Detaljvikt (g)	105.000	Summa (kr/st)	3.198
Trycktid (s)	3,01	Materialförbr. (kg/år)	17,25		
Fylltid (s)	3,46	Avropsdata			
Enskild (s)	0,00	Avropskvant. (st)	34400		
Daddid (s)	2,50	Ställkostnad (kr)	251,00		
Plastningstid (s)	4,00	Ställkostnad (kr/st)	0,007		
Köptid, teorin (s)	17,46				
Databas/år	164				
Dubbelklicka på "Cykeltid" för annan än beräknad.				Värdigkostnad (kr)	30000

Fig 7. Meny "Sammanställning kalkyl".

antal produktionsrelaterade uppgifter, t ex seriestorlek, formkostnaden uppdelad i tillverkningskostnad/formrum och moderformkostnad, vidare godstjocklek, avskrivningstid, kalkylmässig årsränta, lagerränta och antalet maskiner per operatör. Fig 4 ger en utmärkt överblick över ett antal viktiga faktorer som behöver vara med i en god kalkyl.

Menyn "Översikt maskinpark", fig 5, ger en överblick över olika maskiner och beräknade data för ett givet produktfall. Numret efter maskinnamnet anger maskinens "storlek". Så t ex innebär "Engel 35" en Engel-maskin med 350 kN formlåsningskraft. "Volym" anger antalet formrum som en maskins maximala skottvolym räcker till för. "Plast.kap" anger antalet formrum som plasticerkapaciteten räcker till för inom tillgänglig kyltid. "Låskraft" anger antalet formrum som låskraften med hänsyn till det angivna spruttrycket räcker till för. "Formbord" anger antalet formrum som formbordets yta räcker till för med hänsyn till detaljens projicerade area. "Formhöjd" svarar Ja eller Nej på frågan om maskinen klarar den angivna formhöjden. "Ekonomi" anger antalet formrum som programmet ekonomiska optimerare beräknar som det mest gynnsamma. "Val", slutligen, anger det antal formrum som programmet valt.

Frågor och uppgifter till lektion 13

1. Vilket är syftet med produktkalkylering hos plastbearbetare?
2. Ange fyra viktiga grupper av faktorer som bestämmer egenskaper och tillverkningskostnad för formgods av plast.
3. Vilka hos en plastbearbetare måste ha särskilt god förmåga att utföra säkra produktkalkyler?
4. Varför bör maskinoperatörer hos plastbearbetare och inköpare hos kundföretag ha viss kunskap om produktkalkylering?

Menyn "Ekonomisk översikt", fig 6, redovisar maskin för maskin, dels den beräknade totalkostnaden per år, dels den beräknade kostnaden per 100 tillverkade detaljer. Den totala årskostnaden är lika med styckekostnaden för varje detalj multiplicerad med antalet detaljer under året plus kapitalkostnaderna för formen. En mycket viktig detalj i sammanhanget är att ibland kan en maskin som innebär högre styckepreis ändå ge lägre årskostnad. Anledningen är att i dessa fall är kapitalkostnaden för formen så låg att den kompenserar den högre styckekostnaden.

Programmet ger användaren möjlighet att välja annat antal formrum än vad programmet rekommenderar (se längst ned till vänster i fig 6). Om antalet för t ex Penta 60 ändras från 1 till exempelvis 2 så räknar programmet fram både ny totalkostnad och ny kostnad per 100 detaljer.

Programmet pekar ut vilken maskin som under de givna betingelserna rent ekonomiskt är att föredra, i fig 6 Penta 60.

Det sista alternativet som heter "Sammanställning kalkyl", se fig 7, redovisar kördata för den valda maskinen (Penta 60), materialdata, avropsdata och kostnader. Beträffande kördata måste här betonas att flera av uppgifterna, t ex den för kyltiden, beräknats utgående från en del förenklingar (plan yta). I det enskilda fallet kan man erfarenhetsmässigt mycket väl vilja välja en annan tid.

Vikten av att välja lämpliga flytgräns- och utstötningstemperaturer illustreras av följande exempel.

Olof Krugloff hos Plast- & Kemibranscherna berättade att han en gång demonstrerade Poly Invents kalkylprogram i en fabrik där man tillverkarde plastgalgar av PE-HD med 8 mm cirkulärt materialtvärsnitt. Programmet rekommenderade en kyltid på knappt 90 sekunder. Men man kylde i bara 15 sekunder. Vid kontroll av en nysprutad galge visade det sig att det med tanke på den önskade produktkvaliteten räckte att kyla så att endast de yttre ca två tiondels millimetrarna av tvärsnittet hade stelnat medan resten var flytande. Under den fortsatta avsvälningen i ett vattenbad krympte materialet så att stora delar av galgen blev ihålig som ett rör.

Bildkällor: Fig1- PIR

Fig 2-7 - Poly Invent AB

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



MILJÖ & ÅTERVINNING

Avsnitt fjorton av Plastskolan, det näst sista i serien, tar upp miljöproblematiken kring plaster och plaståtervinning. Vad är sanningen bakom påståendena om plasternas miljöpåverkan? Hur bör beställare, konstruktörer och plastbearbetare utforma plastdetaljer för att underlätta framtida återvinning? Nästa avsnitt behandlar gränssnittet mellan plastbearbetare och kunder.

■ Plastmaterialen har de senaste åren utsatts för tämligen svepande och osaklig kritik utifrån miljöhänsyn. "Plast skräpar ner" och "Plast är miljöfarligt" är exempel på uttalanden som florerar i bland annat massmedia och som politiker snabbt hakar på för att knipa väljarpoäng. Verksamma inom plastbranschen anser sig emellertid på goda grunder

kunna säga att plastmaterialen egentligen bidrar starkt till en förbättrad livskvalitet och en starkt ökad resurshushållning.

Plastbranschens Informationsråd

Plastbranschens Informationsråd (PIR) bildades 1991 med syftet att ge plastbranschen ett organ för att på sakligast möjliga grund sprida information om plastmaterialens roll i samhället. Prioriterade målgrupper är beslutsfattare, massmedias kommunikatörer samt landets skolelever. PIR har sedan sin tillkomst initierat ett antal olika informationsskrifter, till exempel Plastskolan, samt ett antal utvecklingsprojekt. De senare har rört återvinningsfrågor som har aktualiserats av bland annat den svenska förpackningsförordningen.

PIR försöker att i skrifter och föreläsningar föra fram så sakliga argument som möjligt för att visa nyttan av plastmaterialen och att försöka klarlägga de missförstånd som kan tänkas förekomma om materialgruppen. Här är några av de vanligare påståenden som PIR har försökt klarlägga.

PÅSTÅENDE Plaster förbrukar olja som snart tar slut

Detta är mer en fråga om tillgång till energi än tillgång till olja. Man kan mycket väl tillverka samtliga idag förekommande plastmaterial med näst intill vilken annan kolkälla som helst. Allt organiskt växande material som innehåller cellulosa går alldeles utomordentligt att utnyttja. Likaså kan man utnyttja torv och stenkol om så önskas. Intressant är att helt vanlig krita, kalciumkarbonat, som det t ex finns gott om i Skåne, också är fullt möjlig att utnyttja för framställning av plastmaterial.

PÅSTÅENDE Plaster misshushåller med energi

Om man tycker att de fyra till sex procent av den totala oljeförbrukningen som åtgår för framställning av plaster är mycket, så är svaret naturligtvis – ja! Om man dessutom anser att de 85 procent av jordens oljeförbrukning som går till förbränning i energianläggningar, biltransporter och uppvärmning är lite, då är svaret ännu mer – ja!

En nyanserad granskning av förhållandet plaster/energi avslöjar emellertid att plastmaterialen är mycket lättare än andra konstruktionsmaterial och att de ofta även kräver mindre energi för sin framställning än andra material.

Material av olika slag kommer sannolikt att behövas även i fortsättningen och då är det viktigt att välja de mest energieffektiva. Plasternas låga vikt gör att de under användning aktivt sparar stora mängder energi, t ex i bilar.

PÅSTÅENDE Plasterna skräpar ner i naturen

Först av allt bör man poängtera att skräpet – oftast – är förpackningar som syns kastade i dikeskanterna eller i skogen. Förpackningarna består också vanligen av en blandning av olika materialslag, alltså inte enbart plaster. Men oavsett vilka material som ingår är den självklara invändningen givetvis att plasterna aldrig hade hamnat i skogen om inte någon hade placerat dem där.

PÅSTÅENDE Plasterna är inte nedbrytbara

Alla organiska material är biologiskt nedbrytbara. Hastigheten varmed olika material bryts ned av yttre påverkansfaktorer skiljer sig från material till material. Plaster hör till gruppen organiska ämnen som bryts ner inom tidsintervallet snabbt till medellångsamt. En plastfilm som ligger i en solig skogsbacke bryts ned och kommer in i kretsloppet inom loppet av några år. Jämför med trä: gamla byggnader av trä kan bli både fem, sex och sjuhundra år gamla. Här är nedbrytningshastigheten alltså inte överdrivet hög.

Frågan är också om vi vill att plastmaterialen ska vara snabbt nedbrytbara. Är det bra? I de användningsområden där plaster utgör en väsentlig del skulle det vara katastrof om plasterna bröts ned snabbt. Vad skulle ske med alla våra vattenkraftverk, generatorer, vår elförsörjning, TV-apparater, plastbåtar eller implantat i våra kroppar?

PÅSTÅENDE Det är farligt att bränna plaster

Sammanfattningsvis kan konstateras att forskare inom förbränning av plaster inte anser att plastmaterial på något sätt är farligare att förbränna än andra material.

Man måste dock ha viss förståelse för påståendet. Vid halogenhaltiga plaster kan korrosionsskador uppkomma hos metaller vid brand. Tidigare var kadmium en komponent i gula och röda pigment som användes inom den keramiska industrin liksom av plastindustrin. De är sedan många år förbjudna och förekommer inte heller i några produkter som finns i Sverige.

Idag är t ex sopförbränning tillåten i ett drygt tjugotal sopförbränningsanläggningar. I de här anläggningarna renas förbränningsgaserna från partiklar och sura föreningar. Den rök som släpps ut är långt renare än den rök som kommer ur en villaskorsten.



Plastkretsen

Förordningen om producentansvar för förpackningar, SFS 1994:1235, föreskriver bl a att plastförpackningar ska återanvändas alternativt materialåtervinnas till 30 procent senast den 1 januari 1997.

Producentansvar har den som yrkesmässigt tillverkar, importerar eller säljer en förpackning eller en vara som är innesluten i en plastförpackning.

Eftersom det är svårt, för att inte säga omöjligt för den enskilde som omfattas av producentansvaret, att själv uppfylla kravet har PIR tillsammans med organisationer inom handeln, packföretag och fyllare bildat ett materialbolag med namn Plastkretsen AB. Företagets uppgift är att företräda alla företag som betalar in en särskild avgift och som har ett producentansvar genom att bygga upp system för återanvändning och återvinning av plastmaterial enligt kraven i förpackningsförordningen.

Plastkretsen samverkar med liknande materialbolag för andra materialslag i det gemensamma bolaget REPA som är ett servicebolag för alla återvinningsbolag. REPA står för Register för producentansvar.

Övriga återvinningskrav

Miljö- och Naturresursdepartementet har uppdragit åt Naturvårdsverket att förbereda producentansvar för produktområden utöver förpackningar. Avsikten är att hela samhället i slutänden ska omfattas av producentansvar och därmed återvinningskrav.

Ett antal arbetsgrupper inom Naturvårdsverket är sysselsatta med frågan och vissa har redan lagt fram förslag till producentansvar. Grupperna kommer att behandla alla materialslag och områden i vårt samhälle. Här är exempel: batterier, bilar, fragmenteringsanläggningar, byggmaterial, däck, elektronik, elkraft, möbler, textila material och alla övriga plastprodukter

PET-flaskor

PET flaskor omfattas av särskilda återvinningskrav som säger att de ska materialåtervinnas till 95 procent och ingå i ett särskilt återvinningsssystem som administreras av Returpack PET AB.

Märkning av plaster

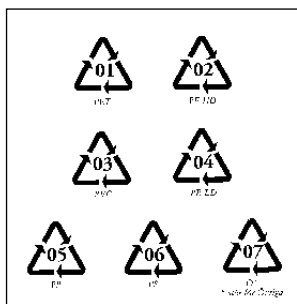
För närvarande finns inga lag- eller andra tvingande krav på märkning av plastprodukter, vare sig i Sverige eller EU. Hittills har ett amerikanskt märksystem för förpackningar från American SPI stått som modell för hur märksystem varit uppbyggda.

Det amerikanska systemet har senare kompletterats med två standarder i det tyska nationella DIN-standardssystemet. Det ena är en standard för förpackningar, DIN 6120, med den enda skillnaden att en nolla lagts framför siffersymbolerna 1 till 7. Den andra är DIN 54 840 som är avsett för alla övriga plastprodukter utöver förpackningar. Systemet skiljer sig från det amerikanska genom att inte använda siffersymboler inom trianglarna utan materialslaget anges under triangeln inom två pilar.

EU länderna har hittills inte lyckats enas om ett eget märksystem. Hittills har ett par förslag presenterats som starkt avviker från nuvarande system.

I avvaktan på ett slutligt besked från EU avstår vi här från att publicera förslaget till märkning.

Sedan juli 1996



rekommenderar de europeiska plastproducenterna via sin organisation APME att Europa ska använda det amerikanska märksystemet.

Miljöanpassad konstruktion

Ett av de effektivare sätten att på sikt ta udden av eventuell miljökritik mot plasterna är att alla och envar som har inflytande på produkters utformning och konstruktion sätter miljöhänsynen högt på den egna prioriteringslistan. En gammal regel säger att det är de goda gärningarna som i långa loppet vinner. Låt oss därför starta med de goda gärningarna så snart som möjligt.

ALLMÄNNA RÅD

Tänk på miljö och kretslopp

Att välja att konstruera en ny produkt i ett plastmaterial kan ses som en god miljögärning i sig. Plastmaterialen är energieffektiva i sin framställning och kan genom sin låga vikt spara energi i utrustningar och konstruktioner som under sin användningstid är mobila, dvs ska accelerera och retardera. Lägre vikt betyder här lägre energiförbrukning under produktens livslängd. Exempel är bilar, tåg och flygplan.

Viktigt i sammanhanget är också att utforma produkten för enklast möjliga materialåtervinning. Konstruktionslösningar som dessutom gör produkten återanvändbar är ännu mer lyckade.

Föregå lagen

Nya lagar kommer förr eller senare, sannolikt förr. Ju tidigare miljötänkandet anammas desto fortare får tillverkaren acceptans för sin produkt på marknaden. Det är idag en mycket viktig affärspolicy att marknadsföra miljöanpassade produkter.

Lyssna på kunderna

Utöver pris och kvalitet har graden av miljöanpassning blivit en ny beslutsfaktor för de människor, dvs kunder, som är ansvariga för produktinköp. Det är idag en faktor som kan avgöra valet av en produkt gentemot en annan. Miljöanpassade produkter prioriteras!

Även ett tillverkande företags marknadsavdelning har nytta av miljöanpassning eftersom det också ger ett stort reklamvärde.

KONSTRUERA FÖR ÅTERVINNING

Att konstruera nya plastprodukter så att de är miljöanpassade och kan återvinnas betyder en mängd saker. Här är några tips:

Få material

Produkten bör om möjligt bestå av ett enda material. Därmed kan återvinningsföretaget direkt stoppa den i en kvarn och mala den. Om produkten däremot absolut kräver två eller fler olika material bör de vara lätta och snabba att separera i fraktioner. Helst utan specialutrustning.

Om det inte går att undvika materialblandning eller knepiga fogmetoder, undersök då möjligheten att införa brottanvisningar på lämpliga ställen eller på annat sätt möjliggöra en snabb separering.

För flera produkter som ska sitta tillsammans i en större enhet gäller samma princip om att koncentrera materialvalet till så få och så lika materialslag som möjligt. Ett sådant exempel är den senaste



ORD ATT MINNAS

Förbränning
Förpackningsförordning
Materialbolag
Materialåtervinning
Märkning
Märksystem
Producentansvar
Återvinningskrav
Brandhämmande additiv
Brottanvisning
Dragpåkänning
Energiförbrukning
Funktion
Förband
Lackering
Limfog
Låg vikt
Materialgrupp
Materialreducering
Metallinsatser
Miljöanpassning
Separering
Svetsfog
Termisk belastning
Åldring
Återanvändning

SAAB 900. Här har man systematiskt arbetat för att ersätta ett antal olika material med ett, eller rättare sagt, en materialgrupp, nämligen propenplast. Det samma gäller andra biltillverkare som idag alla systematiskt arbetar för att reducera antalet material i sina bilar.

Möjligheterna att kunna använda ett enda material i mer komplexa konstruktioner har ökat i takt med materialutvecklingen. Numera börjar de s k basplasterna att få allt bättre egenskaper som gör att de, kanske med viss omkonstruktion, kan ersätta dyrare material. Ett sådant exempel är propenplaster som för närvarande utvecklas starkt tack vare ny katalysatorteknik – s k metallocenteknik – som ger starkt förbättrade egenskaper.

Undvik limning och svetsning

Lim- och svetsfogar är svåra att separera. Om det trots allt är nödvändigt att limma, välj ett lim som är blandbart med materialen som det sammanfogar.

Undvik svåröppnade förband

Skruvförband tar tid att öppna. Snäpplås kan ibland vara näst intill omöjliga att få isär.

Undvik metallinsatser

Ingjutna eller inpressade metallinsatser försvårar för återvinningsföretaget som ska ta hand om produkten efter användning. Produkten måste då behandlas i en speciell och dyrbar metallsepareringsprocess.

Undvik lackering

De flesta lacker är osmältbara sedan de en gång härdat. Sådana lacker omöjliggör materialåtervinning. Om produkten måste lackeras, undersök möjligheten att använda lack som är blandbar med plastmaterialet i fråga. Då kan produkten materialåtervinnas.

Återvinning kostar

Betänk att ett återvinningsföretags löne- och kringkostnader för en anställd ligger mellan tre och fem kronor per minut. Det betyder t ex att en minuts arbetstid för en anställd motsvarar ungefärligen hela värdet i ett kilogram återvunnen propenplast. En propenplastdetalj på *hundra gram representerar ett materialvärde om knappt 50 öre eller – omräknat – 10 sekunders arbetstid.*

Brandhämmande additiv

De flesta plastmaterial brinner och underhåller förbränning sedan de en gång har antänts. För vissa tekniska applikationer har man därför krävt att materialen ska göras självslocknande i större eller mindre grad genom tillsats av olika additiv.

Dessa additiver har av tradition varit baserade på

klor eller bromföreningar eftersom just de här ämnena har en aktiv roll i att minska brännbarheten hos plaster. Ämnena bildar emellertid syror i kontakt med vatten och vatten finns överallt. Vid eventuell brand bildas därför korrosiva gaser som angriper metaller och därigenom kan orsaka större sekundärskador än själva branden.

Rekommendationen är att i varje enskilt fall noga och kritiskt undersöka om materialet verkligen måste vara självslocknande och om det är möjligt att antingen övertyga kunden om motsatsen eller att välja ett något mindre brännbart material. Då kanske just de här additiven kan undvikas.

Låt funktionskrav styra

De enkla råd och tips som ges här *bör under inga omständigheter* få inkräkta på vare sig funktion, utformning eller produktens livslängd. Förutom att produkten i sig påverkas negativt, kan detta på sikt även medföra en försämrad status för plastmaterialen och utbyte mot tyngre och kanske mer energi-krävande material.

Varning

Till slut en varning beträffande användning av återvunna plastmaterial i *mekaniskt påkända konstruktioner*, speciellt för de belastningsfall där detaljen utsätts för dragpåkänningar:

Alla plastmaterial åldras under användning, d v s molekylkedjorna riskerar att bli spräckta till kortare enheter med försämrade egenskaper som följd. Dessutom innebär varje ombearbetning en termisk belastning som också kan avkorta molekylkedjorna. När kunskapen saknas om vad det återvunna materialet varit utsatt för och hur länge, kan den här egenskapsförsämringen variera från leverans till leverans.

Det är framförallt långtidsdraghållfastheten som först försämras. De övriga egenskaperna förblir intakta något längre vid en eventuell nedbrytning. Därför ber vi Dig tänka efter om detaljen långvarigt kan utsättas för en dragpåkänning.



Bilindustrin arbetar systematiskt med att minska antalet plasttyper för att underlätta materialåtervinning. Ett exempel är den senaste SAAB 900 där ett antal olika material ersatts med plaster från samma materialgrupp.

Frågor och uppgifter till lektion 14

1. Vilken är plasternas sannolikt främsta egenskap ur energisparsynpunkt?
2. Vem omfattas av producentansvar för förpackningar?
3. Vilken roll har materialbolagen i svensk återvinning?
4. Ge exempel på tre konstruktionslösningar som kan försvåra materialåtervinning av en plastprodukt.
5. Förklara varför en konstruktör kan behöva överväga om en plastprodukt ska innehålla vissa brandhämmande additiver eller ej.
6. Varför kan det vara mindre lämpligt att välja återvunnen plast som konstruktionsmaterial i mekaniskt påkända konstruktioner?

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

SAMARBETE, KVALITETSSÄTTSNING OCH INTERNATIONALISERING

Se noga på gränssnittet mot din kund och dennes kunder. Se möjligheterna med ett långvarigt och närmare samarbete. Satsa på funktionalitet, kvalitet, produktivitet och leveransprecision.

Det är några av de framtida utmaningar för leverantörer som framkom vid en diskussion med Saab Automobile och Borealis Industrier.

■ Ett viktigt, men påfallande ofta förbiset, faktum är att ett företag lever av sina kunder. Gränssnittet mellan ett säljande företag och ett köpande företag eller slutkunderna är därför av största intresse (se fig 1).

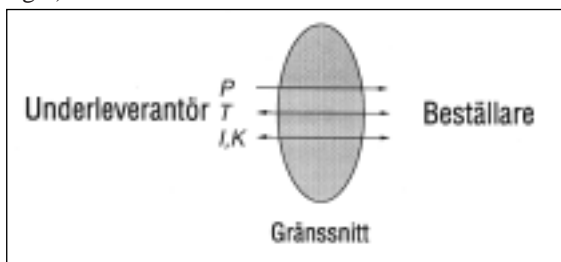


Fig 1. Gränssnittet mellan en leverantör och en beställare bör göras tydligt för inte bara de avtalslutande parterna utan också för flertalet medarbetare i de bägge företagen. Genom gränssnittet strömmar produkter (P), tjänster (T), kunskap (K) och information (I).

Det är härigenom som företagens produkter, tjänster, information och kunskap strömmar och gränssnittets betydelse i samarbetet mellan säljare och köpare gör att det kräver uppmärksamhet. Inte bara från de personer som skrivit under affärsavtalen, utan *alla* i vart och ett av företagen måste medverka till att kvaliteten hos flödena i gränssnittet är de rätta.

Kundorientering

Ett synsätt som blivit vanligt förekommande är att vi alla är kunder till någon och att vi i vår tur har egna kunder. Detta synsätt är ett kundorienterat synsätt. Om någon ska lyckas med sin verksamhet måste han eller hon se till att kunden blir nöjd, d v s att

kunden får vad denne betalar för. Gränssnittet mellan säljare och köpare kan användas som inspektionsfönster för graden av kundtillfredsställelse.

Det finns många slag av säljar/köpar-relationer. Förutom förhållandet mellan enskilda företag kan t ex en konstruktionsavdelning och en tillverkningsavdelning inom samma företag betraktas som säljare respektive köpare (se fig 2).

Tillverkningsavdelningen kan i sin tur betraktas som säljare till avdelningen för slutkontroll o s v.

Nyckelbegrepp i alla gränssnitt genom hela kedjan är framför allt funktionalitet och kvalitet hos de ingående delarna (halvfabrikat), slutprodukten samt leverans.

Fig 2 illustrerar att det finns många gränssnitt på vägen till slutprodukt och även därefter genom kraven på återvinning/kvittblivning. Även om en "säljare", t ex en tillverkningsavdelning, måste koncen-

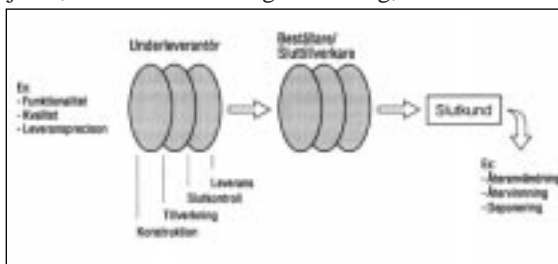


Fig 2. Vägen från konstruktion till slutkund går genom flera gränssnitt. En person någonstans på vägen måste givetvis koncentrera sig på gränssnittet mot hans eller hennes kund. Men han eller hon bör dessutom söka se igenom flera gränssnitt och kanske ända bort mot i varje fall slutkunden.

tera sig på gränssnittet till sin närmaste kund, bör denne också försöka snegla framåt på de efterföljande gränssnitten — slutkvaliteten byggs upp av kvaliteten i alla föregående gränssnitt. Ett tydligt exempel är miljövänlig konstruktion där de ansvariga redan på konstruktionsstadiet måste skapa förutsättningar för flödet i gränssnittet mellan slutkunderna och dem som tar om hand de uttjänta produkterna.

Söka riktning

Sveriges alla plastbearbetare spänner tillsammans över ett mycket brett spektrum av produkter. Givetvis är kraven på funktionalitet och kvalitet oli-

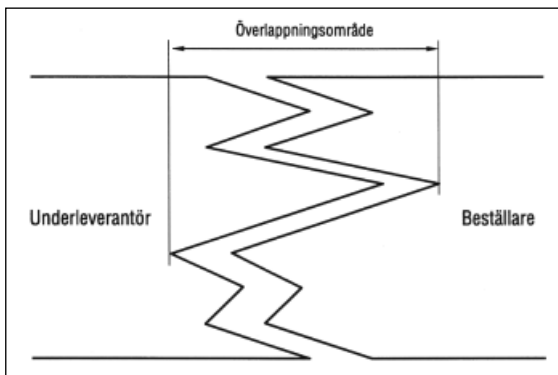


Fig 3. Inom komplexa, högkvalitativa produkter och/eller produkter gör ett fördjupat samarbete att det konventionella plana gränssnittet mellan leverantör och beställare förvandlas till ett överlappningsområde.

ka för olika klasser av produkter, men det finns ändå krafter som påverkar hela branschen och driver den i en viss riktning. Vilka är då faktorerna som idag bestämmer riktningen och påverkar gränssnittet mellan säljare och leverantör?

För att få svar på frågan arrangerade PIR en rundabordsdiskussion (se faktaruta) med en stor köpare av såväl enkla som avancerade plastdetaljer, Saab Automobile i Trollhättan, och en av Saabs svenska leverantörer av plastdetaljer, Borealis Industrier AB i Färgelanda.

Saab Automobile är ett exempel på en slutprodukttillverkare som är ytterst konkurrensutsatt. Kraven på marknaden, d v s i gränssnittet mellan Saab Automobile och företagets kunder, överförs givetvis till leverantörerna. Syftet med diskussionen

var att granska det här gränssnittet från bägge håll, d v s i riktning från beställare till underleverantör och omvänt.

Överlappning

En viktig detalj som framträdde under diskussionen var att gränssnittet mellan en beställare, t ex Saab Automobile, och många underleverantörer har varit, och i många fall fortfarande är, "tunt och hårt". Med andra ord, hela beställarkompetensen i t ex plasthänseende finns hos



"I vår provningsverksamhet lägger vi mycket stor vikt vid provning av färdiga artiklar och komponenter" säger Kenneth Ruus hos Saab Automobile.

beställaren och hela tillverkningskompetensen hos underleverantören.

Inom komplexa produkter med höga krav på kvalitet ser vi emellertid nu en annan typ av gränssnitt växa fram (se fig 3). Beställare och leverantörer tenderar att gå in i allt djupare samarbete, vilket ger gränssnittet en utbredning i sidled; man kan här tala om ett överlappningsområde: En del av de kunskaper och funktioner som tidigare låg hos beställaren ligger nu hos underleverantören — och omvänt.

Det fördjupade samarbetet kan innebära att leverantören t o m får en roll som internkonsult hos beställaren.

Därmed kan en beställare av t ex polymera detaljer minska sin kompetens på området och i stället förlita sig på kompetensen hos någon/några av sina leverantörer. Samarbetet kan vara så intimt att beställarens och underleverantörens CAD-system är uppkopplade mot varandra under produktutvecklingen.

Långsiktighet

För att det här ska fungera måste beställare och underleverantörer satsa på långsiktiga relationer baserade på förtroende för varandra. Här håller något nytt på att växa fram. Man söker de leverantörsrelationer som ger bästa kvalitet, pris och leveranssäkerhet i det långa loppet.

En viktig förutsättning för goda, långvariga relationer mellan en beställare och en underleverantör är ett kontinuerligt informationsflöde i bägge riktningarna. Beställaren informerar i god tid om t ex planer och ändringar medan underleverantören redan tidigt i olika projekt berättar om allt väsentligt som har med genomförandet av t ex tillverkningen att göra. Ett gott informationsutbyte har stor betydelse för inte bara kvaliteten hos produkterna utan också jämnheten hos kvaliteten.



Enligt Alf Wiberg hos Saab Automobile är plastartiklar speciella med tanke på att logistikkostnaden ofta är hög jämfört med förädlingsvärdet hos artiklarna.

Leverantörerna knyts enligt den här bilden närmare till sina kunder. Både på gott och ont. Den goda sidan är att leverantören får en beläggning som han eller hon kan planera för och därmed ett jämnare kassaflöde än annars. Den negativa aspekten är att leverantören blir mer upp-bunden av några få kunder.

Men här gäller det att välja. En allmän rekommendation är att man bör se mer till möjligheter än till risker och låsningar. Och det förefaller som om allt fler leverantörer satsar på långvarigt, nära samarbete med några få beställare man känner förtroende för.

Utvecklingstakt

Ett leverantörsföretag, som arbetar intimt och långsiktigt med ett antal beställare, måste vara mycket lyhörd på beställarnas önskemål på både kort och lång sikt. Exempel på ett önskemål i det korta perspektivet är justeringar av en konstruktion. Exempel på ett önskemål i det långa perspektivet kan gälla nya plastmaterial, nya bearbetningsmetoder och nya krav på mätteknisk kompetens.

Leverantören måste därför vara beredd att utveckla sig i takt med att beställaren/beställarna så kräver. Så t ex kommer många plastbearbetare att få krav på sig att lägga sig till med mätteknik för kvalitetsstyrning och då inte bara instrument för dimensionsbestämning, utan också för materialstudier.

"Man måste satsa mycket seriöst redan i inledningen till ett affärsförhållande"

MINDRE ÄN 25 PPM

Ett felutfall på mindre än 25 PPM innebär att i ett levererat parti om 1 miljon detaljer får högst 24 stycken (!) falla utanför ramen för godkännande. (PPM="parts per million".) Vilket i sin tur är lika med 1/140 av 3 500 PPM!

Kravet på förbättring av felutfallet är alltså mycket hårt. Men det är inte unikt. Liknande krav finns på andra håll inom den moderna industriproduktionen, t ex inom delar av elektronikindustrin. Så små felutfall som 25 PPM för en industriproduktion kan inte nås genom att man provar, d v s selekterar fram godkända detaljer. Enda sättet är att man ständigt har sådan kontroll över sina tillverkningsprocesser att man kan styra dem rätt.

Ett annat krav på plastbearbetarna gäller ISO 9000-certifiering. ISO 9000 ger ett system för systematisk styrning av alla vitala funktioner inom företaget. Men ett certifikat är på inget sätt något bevis för kvalitet hos produkter, utan endast en del av inträdesbiljetten till ett långsiktigt samarbete.

QS 9000

QS 9000 är en industristandard, som tagits fram i samarbete mellan Chrysler, Ford och GM. Skillnaden mot ISO 9000 är främst att QS 9000 fokuserar tydligare på förebyggande åtgärder.

Krav för beställning

En sluttillverkare som Saab Automobile köper mängder av olika detaljer från olika underleverantörer. Oberoende av om man köper detaljer av



polymera material eller inte, ställs samma huvudkrav på leverantörerna:

■ funktionalitet hos detaljerna

■ kvalitet, inkl livslängd

■ leveransprecision

■ konkurrenskraftigt pris

■ långsiktigt samarbete.

Saab Automobile ingår i GM-koncernen och har därför samma krav och tillämpar samma inköpsregler som koncernen i övrigt. GM har satt upp

fyra kriterier för beställning av detaljer från sina leverantörer:

■ Leverantören ska arbeta enligt ett av Saab Automobile godkänt kvalitetssystem (ISO 9000/ QS 9000)

■ Det ska hos leverantören finnas en genomarbetad kvalitetssäkringsplan, som godkänts av Saab Automobile

■ Det ska finnas verktygsplaner hos leverantören

■ Produktleveranserna från leverantören ska uppfylla ett felutfall, som ska ligga på under 25 PPM (se faktaruta).

ISO 9000-certifiering och ett genomtänkt utnyttjande av standarden är en grundförutsättning för att Saab Automobile över huvud taget ska ta upp ett samarbete med en leverantör. Från och med december 1997 måste tilltänkta leverantörer dessutom leva upp till en ny standard, nämligen QS 9000 (se faktaruta).

Kravet på felutfall mindre än 25 PPM är tufft, inte minst med tanke på att felutfallet för detaljer från

leverantörer i dag ligger på i snitt 3 500 PPM. Men inom en svårt konkurrensutsatt industri kan man inte längre acceptera så höga felutfall, enligt Saab. För att en leverantör ska kunna möta 25 PPM-kravet måste han eller hon börja se på sin verksamhet på ett helt nytt sätt och dessutom lära sig att styra sina tillverkningsprocesser på ett helt annat sätt än tidigare.

Saab Automobiles 25 PPM-mål är ingalunda unikt. Många biltillverkare i världen strävar i riktning mot samma mål. Inom delar av elektro-

nikindustrin, t ex Ericsson, tangerar man i dag t o m 10 PPM för en del produkter. Det här innebär globalt sett att många leverantörer kämpar i samma riktning. När Saab Automobile söker leverantörer är det i första hand efter företag som lever upp till kraven, dvs inte bara i Sverige utan också utomlands. Ett genomgående krav är att leverantörerna har erfarenhet av att producera varor enligt nollfelsprincipen.

Samtidigt som kravet är hårt innebär det i Saabs fall nya möjligheter för de leverantörer som motsvarar kraven. En kvalificering hos Saab kan öppna dörren för uppdrag åt andra företag inom hela GM-koncernen.

Kvalificering

När ett företag funnit en leverantör som är kvalificerad enligt de uppställda kraven prövas den nya relationen tidigt för att bana väg för ett fruktbart samarbete.

Representanter från beställaren och leverantören etablerar ett lagarbete och utfaller detta till bägges belåtenhet är tanken att leverantören ska kunna utveckla sin del av egen kraft. Intresset från beställarens sida har då mer karaktären av rutinmässig uppföljning. Så t ex vill beställaren alltid veta hur underleverantören ligger till i tidshänseende.

Den leverantör som Saab Automobile godkänt har inte bara tagit på sig ett ansvar för produkternas funktionalitet och kvalitet utan också för leveransprecisionen. Denna ska

bibehållas även om det dyker upp störningar i t ex försörjningen av råmaterial och i transportväsendet. T ex får strejker inom transportnäringen inte försena underleverantörens leveranser till beställaren. Detta är ett mycket hårt krav.

Det hårda trycket på leverantörer som inrättar sig efter de moderna kraven resulterar allt oftare i att de etablerar sig i närheten av sina nyckelkunder. Så har tidigare t ex japanska storföretag byggt upp beställarfabriker som omges av företagsbyar med leverantörsföre- ➤

DISKUSSIONSDELTAGARE

Från Saab Automobile:

■ Kenneth Ruus (inköp, kvalitetssäkring)

■ Lars Udd (leverantörsutveckling/gruppledare samt projektledare)

■ Alf Wiberg (inköp, exteriöra plastdetaljer)

■ Lars-Göran Winther (inköp, ansv för kvalitet och leverantörsutveckling)

Från Borealis Industrier AB:

■ Bengt Nilssonberg (försäljning, kundchef)

■ Owe Nilsson, fristående konsult (tidigare Borealis)

Från Plastbranschens Informationsråd, PIR:

■ Olof Krugloff

Diskussionen leddes av Gunnar Christiernin.



Lars Udd hos Saab Automobile betonar att plastkompetensen finns hos leverantörerna av plastartiklar.

Företaget har därför startat en utveckling som innebär att leverantörerna involveras starkare i konstruktionsarbetet, t ex genom CAD-samarbete.

”Plastbearbetarna bör i framtiden skaffa laboratorieresurser för mätning och viss materialprovning”

tag, en utveckling som vi nu börjar se också i Sverige.

Övergripande ansvar

En annan utveckling som blir tydligare gäller mer komplexa detaljer. Vanligt är att en beställare anlitar olika underleverantörer för ett antal detaljer, som ska sättas samman till en underenhet/system. Sammansättningen görs av beställaren.

Vad som nu blir ännu vanligare är att beställaren låter en leverantör ta totalansvaret för ett system. Leverantören får i sin tur anlita ytterligare ett leverantörsled och ansvara



"Vi på plastbearbetarsidan vill medverka i utvecklingsarbetet redan i ett tidigt skede av ett produktprojekt", framhåller Bengt Sundberg hos Borealis Industrier AB. "Vi måste också tidigt diskutera förutsättningarna helt öppet med våra kunder."

även för de sk sekundärleverantörernas arbete och produktkvalitet. Leverantören måste alltså överföra beställarens krav till sekundärleverantörerna, kvalificera dessa och gå i god för kvaliteten i det kompletta systemet.

Ett krav på många av framtidens leverantörer kommer att vara att de ska kunna komplettera sitt grundkunnande inom t ex material- och produktionsteknik med kunskande och erfarenheter från andra områden.

Ömsesidigt förtroende

Från leverantörshåll är

ett viktigt önskemål gentemot beställaren att konstruktioner fryses i tid och att det inte i efterhand dyker upp krav på modifieringar. Från beställarsidan kan det många gånger vara svårt att leva upp till det här önskemålet. Dilemmat är att beställaren inte vill låta stela principer dra undan mattan för goda affärer på hans eller hennes marknad.

Det här problemet ventilerades under diskussionen vid Saab. Både beställare och underleverantör kom fram till att det är hanterbart, under förutsättning att beställare och leverantör har stort förtroende för varandra, att man kan tala med varandra och att man tillsammans måste klara den erforderliga

"Begreppet kvalitet omfattar idag både kvalitet i produkter, i företag och hos människor. Det behövs en kombination av alla tre för ett bra slutresultat"

flexibiliteten.

Särskilt viktigt anses vara att leverantören redan tidigt i ett projekt pekar på vilka konsekvenser som olika tänkbara modifieringar kommer att få. Samarbetet mellan beställare och leverantör måste vara av typen "vinna — vinna", dvs man samarbetar för vinst hos båda parter.

Tonvikt på startfasen

Ett viktigt resultat av diskussionen är att man måste vara mycket noga med startfasen i varje samarbetsprojekt. Två parter som har valt att

samarbeta långsiktigt med varandra har under denna utomordentliga möjligheter att diskutera igenom ett kommande projekt och i tid eliminera risken för senare problem. Saker bör ändras när de är lättast att ändra och det är lättast att ändra en konstruktion innan den resulterat i en löpande tillverkning.

Här har vi mycket att lära av japanerna, som vi i västvärlden ofta tycker är onödigt omständliga i början av sina projekt. Men det är under startfasen som alla inblandade i projektet når samförstånd. Sedan går resten ofta påfallande fort.

Plastråvara

Ett ämne som behandlades särskilt var plastråvara för tillverkning av komplexa produkter och/eller sådana med höga krav på kvalitet. I sådana sammanhang finns det ofta skäl att mottagningskontrollera plastråvaran. Men för att klara detta behövs det mer avancerade laboratorieresurser än vad plastbearbetare vanligen har eller kan lägga sig till med. Ett sätt att lösa problemet är att beställaren hjälper sina underleverantörer, t ex genom att utnyttja sina egna laboratorieresurser.



"I samarbete med krävande kunder utvecklas plastbearbetarna mer och mer till systemleverantörer" säger konsult Owe Nilsson, tidigare vid Borealis Industrier AB. "Det innebär att vi tillverkar alltmer komplexa detaljer och att vi till och med tar hand om hela utvecklingen eller delar av utvecklingen bakom en produkt."

AVSNITTEN I PLASTSKOLAN

- 1 Plast – Vår tids viktigaste material (PF 6/95, sid 46)
- 2 Plasterna och deras släktingar (PF 7–8/95, sid 36)
- 3 Hårdplastfamiljen (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)

MÄRKSYSTEM

Förpackningar / DIN 6120

I avvaktan på en EU-standard rekommenderar PIR, Plast- och Kemibranscherna och Plastkretsen AB användandet av DIN 6120 för märkning av plastförpackningar och DIN 54 840 för allt övrigt plastformgods.



PET



PE-HD



PVC



PE-LD



PP



PS



O*

* Står för övriga.

- Beteckningar enligt DIN 7728 del 1, SAAB STD 199.

- Den första siffran inom triangeln betecknar materialområde för packmaterialet. 0 (noll) = plastmaterial.

- Triangeln utformas enligt DIN 30600.

Förpackningar / AMERICAN SPI



PET



HDPE



V



LDPE



PP



PS



Other

Övriga plastartiklar

VDA 260 (tyska bilindustrin + SAAB)

Exempel

> PA 66-GF 30 <

Beteckningar enligt DIN 7728 del 1, ISO 1043 del 2, DIN 7723 och SAAB STD 199.

DIN 54 840



> PA 66-GF 30 <

- Beteckningar enligt DIN 7728 del 1, ISO 1043 del 2, DIN 7723 och SAAB STD 199.

- Triangeln utformas enligt DIN 30 600.

SAE (amerikanska bilindustrin)

Exempel: **PBT** Bokstavshöjden 3,0 mm

Beteckningar enligt ISO 1043, ASTM D 1600, ASTM D 4000 eller SAE J 1344.

ASTM

Exempel:



ABS



PVC/PA
(för sampolymerer)

Beteckningar enligt ISO 1043, ASTM D 1600, ASTM D 4000, SAE J 1344.

Volvo, 5052, 41



>PET<



HDPE
>PEHD<



>PVC<



>PELD<



>PP<



>PS<



Other*

* Exempel: other other other
 >ABS< >PA6/12< >PP-MD30<

Märkning enligt Volvo STD 5052, 411, Volvo STD 5052, 412, ISO 472, ISO 1043-1:1987, ISO 1043-2:1988, ISO 1087:1990.

SAAB STD 3493 (Saab personbilar)

Exempel: > PA 66-GF 30 <

Saab STD 3493* beteckningar enligt DIN 7728 del 1 och 2, ISO 1043, SAAB STD 199.

* ansluter till VDA 260 i översatt version.

SAAB Scania - VDA 260

Exempel: > PA 66-GF 30 <

Använder VDA 260 i icke översatt version.

Närmare upplysningar kan erhållas från:

Plast- och Kemibranscherna Anderstorpskontoret:

Tel. 0371-184 80

Fax 0371-178 47

LIVSMEDELSMÄRKNING, ENLIGT SLV FS 1993:18

Vissa produkter som kommer i kontakt med livsmedel någon gång under sin livstid skall märkas enligt Livsmedelsverkets kungörelse SLV FS 1993:18.

Kungörelsen säger följande i §4. Material och produkter som uppfyller föreskrivna krav och som inte är i kontakt med livsmedel vid saluhållandet skall förses med uppgifter om att de är avsedda för livsmedel enligt något av följande: med orden livsmedel, med speciell beteckning där avsedd användning framgår, eller med en symbol enligt nedan.



Vidare sägs det i kungörelsen, §5, att material och produkter som inte är i kontakt med livsmedel vid saluhållandet dessutom skall förses med uppgift om namn eller firmanamn eller registrerat varumärke.

Den här närkningskyldigheten föreligger inte material och produkter som uppenbarligen är avsedda för att komma i kontakt med livsmedel. Det betyder att produkter som dricksglas, bestick, matporslin, kaffebryggare och stekpannor är undantagna från märkningskravet.

Märkningen ska ske på svenska. Även andra språk får anbringas. Märkningen kan ske på endera av följande sätt: direkt på materialet eller dess förpackning, på etikett som anbringas materialet, produktion eller förpackningar ekller på klart synlig skylt som befinner sig i omedelbar närhet av materialet eller produkten. Det sistnämnda, dvs att använda en skylt, får bara göras i de fall då det av tekniska skäl är omöjligt att märka produkten vid tillverkningen eller före saluförandet.

