

*En
Verden*

Plastens abz

i

Plast

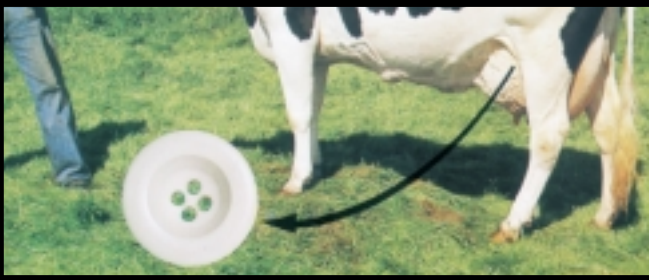
Redaktion: *Plastindustrien i Danmark*
Bestilling: *Plastindustrien i Danmark*
Nørre Voldgade 48, 1358 København K
e-mail: pd@plastindustrien.dk

Oplag: *50.000 / 1999*
Pris: *Kr. 30.00*
Tryk: *Kailow Tryk A/S*

Eftertryk tilladt med kildeangivelse

Indholdsfortegnelse

Plast viser vejen fremad	5
En bil uden plast	6
1. Startskuddet til plastalderen	8
2. Hvordan fremstilles plast?	14
3. Hvad er plast?	15
4. Plastmaterialernes kemi	17
5. Plasttyper.....	19
6. Derfor anvendes plast	24
Plastmaterialernes fordele	25
7. Forarbejdning af plast	28
Sprøjtetøbning	29
Ekstrudering	30
Folieblæsning.....	31
Øvrige forarbejdningsteknologier	32
8. Anvendelse af plast	34
Plast bruges overalt	34
Mere og mere plast	35
Plast som byggesten	36
Plastemballage til alle formål.....	36
Plast i byggeriet	38
Plast til transport	39
Plast i sundhedssektoren.....	40
Plast og dansk design	41
Plast i vindmøller.....	43
9. Plast og miljø	44
Plast sparer ressourcer	44
Fra affald til nye plastprodukter	45
Plast til forbrænding	48
10. Job i plastindustrien	50
Plastindustrien - en branche i vækst	51
Udvalgte plastmaterialer	52
Materialeforkortelser	57



Plast viser vejen fremad

Vindmøllen fremstiller alternativ energi og er et symbol på menneskets evne til hele tiden at søge nye veje. Men vindmøller kan også bruges som et symbol for denne bog, som handler om plast.

Vindmøllens vinger er fremstillet af et plastmateriale, polyester med indbyggede glasfibre. Et velegnet materiale på grund af ringe vægt, stor styrke og smidighed.

Mennesker har altid - udover de stoffer naturen tilbyder - prøvet at finde frem til nye materialer. I sidste tredjedel af forrige århundrede, under naturvidenskabernes store blomstringstid, begynder historien om plast. Og i dag kan vi slet ikke forestille os vort daglige miljø uden plast: Husholdningsartikler, boliginventar, emballage, byggeprodukter, legetøj, komponenter til transportmidler, elektronik og alle slags tekniske produkter, rekvissitter til sport og fritid, produkter til sundhedssektoren o.s.v.

Til hvert af disse formål findes der et eller flere egnede plastmaterialer.

Tænk blot på køkkenet. Bordplader, kander, skåle og skeer. De tåler hård behandling, varmt vand, krydderier, farvestoffer og sæbe dag efter dag.

Vore husholdningshjælpemidler, køleskabet, vaskemaskinen, opvaskemaskinen, støvsugeren har tekniske dele, kabinetter, isolering og indervægge af plast. Fjernsyn, radio, telefon og edb ville knap nok eksistere uden plast, og en bil uden plast ville også være helt utænkelig.

I denne lille bog vil vi fortælle om plast - vor tids materialer, der findes overalt i hverdagen, men alligevel bærer det ukendte og derfor nogen mystik i sig.

Det er vort håb at kunne bringe lidt mere viden ud til de mange og udrydde de betænkeligheder, som lige fra tidernes morgen har været forbundet med det nye og ukendte.

Plastindustrien i Danmark

En bil uden plast?



En trediedel af de anvendte dele i den moderne bil er fremstillet af forskellige plasttyper, som det illustreres ovenfor og på side 7. Plast erstatter i dag en lang række andre materialer, som tidligere blev anvendt til bilens vitale dele.

Og ikke nok med, at plast har afløst traditionelle materialer. Der findes i dag en lang række forskellige plasttyper med unikke egenskaber. Dette har været af afgørende betydning for store teknologiske fremskridt, ikke blot i bilindustrien, men overalt i samfundet.

Plast er altså ikke et enkelt materiale til mange formål, men en mangfoldighed af materialer til en endeløs række af formål. Hvis man f.eks. prøver at forestille sig en bil helt uden plast. Så mangler der pludselig kofangere, skærmmasker, sædepolstring, indvendig dørbeklædning, loftsbeklædning, rat- og ratstammeovertræk, instrumentbræt, greb/håndtag, gulvbelægning, kontakter, knapper, vandbeholder til vinduesvisker, kølergrill, kabelisoleringer, batterihuse, benzintanke, lydisolering, lak og endnu flere ting. Bilen ville faktisk slet ikke være funktionsdygtig!

Den moderne bils plastkomponenter



Karrosseri:
front- og bagparti
kofangere
kofangerhjørner
kofangerlister
ventilationsrist
udluftningsrist
kølergrill
vindueslister
hardtop
bagagerumsklap
motorhjelms
lygtepakning
lygteglas
skydetag
skydetagsføring
tankdæksel
brændstoftank
dørhjul
hulrumsudsugning
lakering
skærmvulster
pyntelister
inderskærme

Chassis:
bremsekodser
bremsebelægninger
bremseslanger
støddæmpere
falsebelægninger

lejeelementer
styrkugler
styrestænger
manchetter
pedalbelægning
dæk
beskyttelse på skruefjedre
sikkerhedsseler
beslag til sikkerhedsseler
hjulskapper
pynteringer på hjul

Forskelligt udstyr:
varme/ventilationshus
varmeslanger
luftkanaler
luftdyser
askebæger
dæksel til askebæger
beslag
føringsskinner
håndtag
spejlfatninger
viskerarme
lygtehuse
paraboler
stænklapper
pedalbelægninger

Elektriske udstyr:
sikringsdåse
sikringsdæksel
stikkontakter
kabelisolering
tændrørshætter
strømfordelerdæksel

Motor:
kilerem
pedalophæng
kædebeskyttelse
benzintilførsel
membran til
benzinpumpe
kølerslanger
koblingsbelægninger
generatorophæng
ventilatorvinge
tandhjul
køler
motorophæng
luftfilter
filterhus
knastakseldrev
oliekar
pakninger til oliefilter
udluftningsslanger
ventildæksel
karburatorsvømmer
toppakning

Indvendigt udstyr:
instrumentpanel
afskærmning af
instrumenter
instrumenter
handskerum
låg til handskerum
knapper
kontakter
kontrollamper
instrumentskiver
kilometertæller
sædeovertræk
sædeskåle
hylder
arm læn
dørbeklædning
hattehylde
signalknap
knæbeskyttelse
nakkestøtte
højtalerafskærmning
ratovertræk
ratstammebeklædning
rammepolstring
sikkerhedsloft
solskærm
sidelommer
måtter
tæpper

1. Startskuddet til plastalderen

Plast er i dag en stor familie af tusindvis af materialer hvert med sine ofte enestående egenskaber.

Men sådan har det ikke altid været. Faktisk blev de første plastmaterialer opdaget for mindre end 150 år siden - og herefter er det gået stærkt. De efterfølgende afsnit beskriver nogle af højdepunkterne på vejen ind i plastalderen.



Fra sprængstof til plast

Midt under den amerikanske borgerkrig gik en inkarneret billardspiller og ærgrede sig. De dyre elfenbenskugler løb ikke altid lige, hvilket skyldes de mange små uregelmæssigheder, som findes i ethvert naturstof. I dette tilfælde elefantens stødtænder. Op til århundredskiftet blev der årligt dræbt 12.000 elefanter for at dække efterspørgslen på elfenben.

Den inkarnerede billardspiller udlovede i 1868 en dusør på 10.000 dollars til den, der kunne skaffe et bedre og mere ensartet materiale. Erstatningen for elfenben blev plast. Det blev måske elefanternes redning.

De amerikanske brødre Hyatt havde netop gjort den opdagelse, at hvis man behandlede bomuld med salpetersyre, fik man et nyt og yderst farligt stof: skydebomuld. Englænderen Parker foreslog, at man tæmmede sprængstoffet ved at opløse det i en blanding af kamfer og alkohol, og resultatet blev et nyt produkt, som de kaldte Celluloid. Dette materiale havde sensationelle egenskaber efter datidens målestok. Det var gennemsigtigt som glas, men sejere end læder. Det kunne indfarves, og hvad der var helt nyt, det kunne smeltes ved ret lave temperaturer.

Materialet smeltede ganske vist



ikke som metaller til en letflydende masse, men blev til en plastisk sej masse, som kunne formes efter ønske. Dette beviste brødrene Hyatt med deres patenterede sprøjtestøbemaskine, en maskine hvor den opvarmede plast under tryk blev sprøjtet ind i en form. Dermed gik startskuddet for den tidsalder, som fremtidens historikere sikkert vil kalde plastalderen.

Celluloid blev brugt til fremstilling af bordtennisbolde, knapper, spænder, tegne- og måleredskaber og til fotografisk film. På grund af materialets gennemsigtighed blev filmindustrien storforbruger. Materialets store ulempe var imidlertid, at det var let antændeligt.

Derfor er Celluloid senere blevet erstattet af andre plastmaterialer.

Knapper af mælk

I årene efter fremkomsten af celluloid udnyttede man fortrinsvis naturstoffer til plastfremstilling. Mælkens æggehvidestof, casein, blev f.eks. brugt til fremstilling af syntetisk horn.

Ved hjælp af et enzym fra kalvemaver udfældes casein af skummetmælk, vaskes, tørres og formales. Før bearbejdningen står caseinet først i vand, så det svulmer op, derefter indfarves det, presses i facon og hærdes. Det syntetiske horn blev hurtigt populært, og blandt andet meget anvendt til knapper, hvor det fortrængte ben, horn og træ.



De moderne plastmaterialer

I begyndelsen af vort århundrede udvandt man gas af stenkul, som fortrinsvis blev brugt til belysning. På gasværkerne fik man med denne proces generende affaldsstoffer: Benzen og tjære.

Det var dog kun i begyndelsen, disse stoffer var til besvær, for netop i denne tjære fandt man mange værdifulde kulbrinte forbindelser (stoffer opbygget af grundstofferne kulstof og brint), som kunne udnyttes af den kemiske industri. Det egentlige gennembrud for plastindustrien kom i 1909, hvor belgieren Leo Baekeland præsenterede det første helsyntetiske plastmateriale.

Dette fik navnet Bakelit.

Bakelit fremstilles ved en reaktion mellem phenol og formaldehyd og tilhører den gruppe af plastmaterialer, der betegnes hærdeplast (se side 22) og har helt andre egenskaber end Celluloid. Bakelit blev straks sat i produktion og blev bl.a. meget anvendt til isolering af kontakter til apparater,

hvor det erstattede porcelæn.

Det næste spring i udviklingen skete i årene omkring de to verdenskrige, hvor olie og naturgas nu blev de vigtigste råvarer for plast. En kombination af knaphed

på traditionelle materialer og de krigsførende landes behov for nye og bedre produkter satte skub i udviklingen. I 1838 lykkedes det Victor Regnault at fremstille polyvinylchlorid, PVC, i laboratoriet, men først 100 år senere blev materialet sat i kommerciel produktion. Så lang tid gik der ikke for polyethylen, PE, som efter opdagelsen i 1933 blev sat i storproduktion allerede under 2. verdenskrig.

Disse materialers gode egenskaber og formbarhed blev udnyttet til en lang række nødvendige produkter og er fortsat blandt de vigtigste plasttyper. Der markedsføres imidlertid i dag flere tusinde plasttyper med vidt forskellige egenskaber og til meget forskellige anvendelsesområder. Nogle plasttyper er hårde og stærke - som metaller - andre er bløde og elastiske, nogle kan tåle opløsningsmidler, andre igen høje temperaturer. Og vi er stadig kun ved begyndelsen.

De mange nye materialer har på afgørende vis medvirket til den eksplosive teknologiske udvikling, som finder sted.

Blandt disse kan nævnes ABS og polycarbonat, der p.g.a. en stor slagstyrke har afløst metaller til kabinetter, displays etc. Kulfiberforstærket epoxy indgår i mange vingedele til fly. Nogle nylontyper anvendes p.g.a. styrke, elasticitet og evne til at mod-



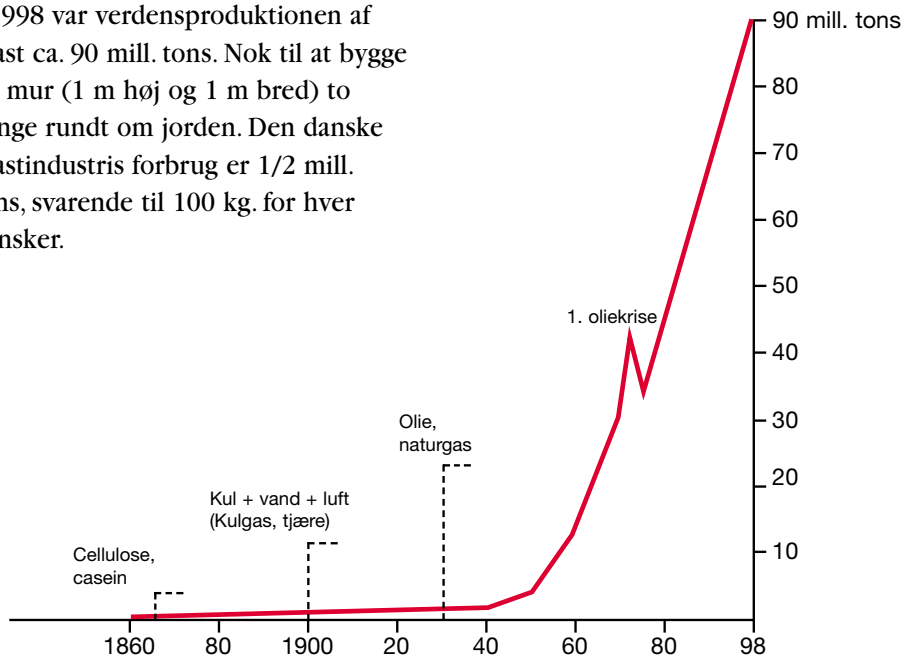
stå flere hundrede varmegrader, f.eks. til at fastholde varmeskjoldet på den amerikanske rumfærge.

Nye velfungerende bilmotorer, som stadig er under udvikling, indeholder mere end 60 % plastmaterialer. Man har endog med held testet racermotorer, hvor kun selve stempeltoppen er af metal. Sådan kunne man blive ved - kun fantasien sætter grænser.

Plast - Jordan rundt

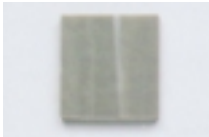
I pagt med at plast på grund af sine særlige egenskaber til stadighed erstatter andre materialer i en række vitale sammenhænge, stiger naturligvis forbruget af plastmaterialer.

I 1998 var verdensproduktionen af plast ca. 90 mill. tons. Nok til at bygge en mur (1 m høj og 1 m bred) to gange rundt om jorden. Den danske plastindustri forbrug er 1/2 mill. tons, svarende til 100 kg. for hver dansker.



Plastmaterialernes udviklingshistorie

1. = Årstal for fremkomst
 2. = Land
 3. = Plastbetegnelse
 4. = Vigtige udgangsmaterialer
 5. = Almindelig leveringsform
 6. = Plasttype
 7. = Anvendelseksemppler



1. 1904 2. Tyskland 3. Syntetisk horn
 4. Casein 5. Halvfabrikata 6. Hærdeplast 7. Knapper, spænder



1. 1909/1923 2. USA, Tyskland/Øst-rig 3. Phenol- og aminoplast 4. Phenol, cresol, formaldehyd, delv. m fyldstoffer 5. Pulver, granulat 6. Hærdeplast 7. Elektroisoleringsdele, askebægre, elektriske kabinetter



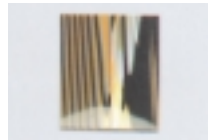
1. 1938 2. Tyskland 3. Polyvinylchlorid, PVC 4. Ethylen, chlor 5. Pulver, granulat 6. Termoplast 7. Grammo-fonplader, vinduesprofiler, gulvbe-lægninger, kunstlæder, rør



1. 1938 2. Tyskland 3. Polyamid, PA 4. Syreamider 5. Granulat 6. Termoplast 7. Typehjul til skrivemaskiner, tandhjul, skruber, bilbremseslanger



1. 1859 2. Storbritannien 3. Vulkan-fiber 4. Cellulosehydrat 5. Halvfabri-kata 6. Hærdeplaster 7. Kufferter, pakninger



1. 1869 2. USA 3. Celluloid® 4. Cellulosenitrat, campher 5. Halvfabrikata 6. Termoplast 7. Bordtennisbolde, hårpønt



1. 1930 2. Tyskland 3. Polystyren, PS 4. Benzen, ethylen 5. Granulat 6. Termoplast 7. Emballage, lege-tøj, skumisolerig, husholdnings-artikler



1. 1933 2. Tyskland 3. Acrylplast, PMMA 4. Methacrylsremethylester 5. Granulat 6. Termoplast 7. Reflek-ser, lyskulpter, brudssikkert glas, rek-lame- og trafikskilte



1. 1939 2. Storbritannien 3. Poly-ethylen, PELD 4. Ethylen 5. Granulat 6. Termoplast 7. Folier, hule emner som flasker og lign.



1. 1940 2. Tyskland 3. Polyurethan, PUR 4. Isocyanat, polyol 5. Væsker 6. Hærdeplast/termoplast/elastomer 7. Sportsartikler, isolering til køle-skabe og byggeri



1. 1941 2. USA 3. Polytetrafluorethylen, PTFE 4. Tetrafluorethylen 5. Pulver 6. Termoplast 7. Temperaturbe-ständige belægninger, tætninger, isolering



1. 1941 2. USA 3. Umættet poly-ester, UP 4. Dicarbonsyrer, poly- eller dioler 5. Flydende, opløst i styren 6. Hærdeplast 7. Glasfiberarmeret: Møllevinger, tanke, telefonbokse, støbeplast, forseglinger, både, pop-peller



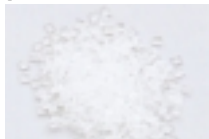
1. 1943 2. USA 3. Siliconeplast 4. Silicium, methylchlorid 5. Olier, pastaer 6. Termoplast 7. Afstøb-ningsforme, fugemasser, kabler, tætninger, imprægneringsmidler



1. 1946 2. Schweiz 3. Epoxyplast, EP 4. Epichlorhydrin, diphenyl-propan 5. Harpiks og hærder 6. Hærdeplast 7. Fiberarmeret: Sportsrekvisitter, fly- og skibsdeler: støbeplast



1. 1955 2. Tyskland 3. Polyethylen, PEHD 4. Ethylen 5. Granulat 6. Ter-moplast 7. Flasker, dunke, flaske-kasser, trykrør, husholdningsartikler



1. 1956 2. Tyskland 3. polycarbonat, PC 4. Bisphenol A 5. Granulat 6. Ter-moplast 7. Sikkerhedsruder /f.eks. styrthjelmsvisirer), kabinetter til kontor- og husholdningsmaskiner, trafikskilte

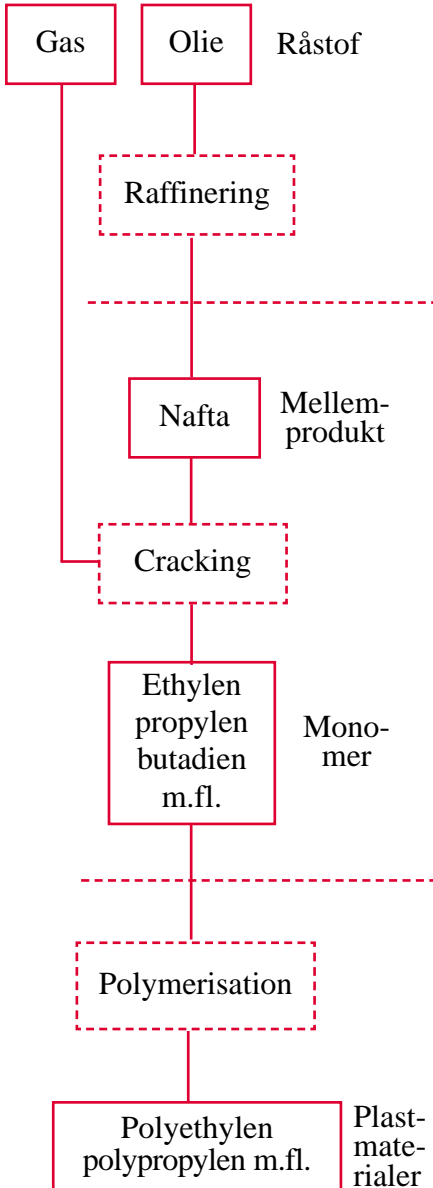


1. 1957 2. Tyskland 3. Polypropylen, PP 4. Propylen 5. Granulat 6. Termoplast 7. Batterikasser, rørdedninger, husholdningsartikler, emballage, medicinsk udstyr



1. 1958 2. USA 3. Acetatplast, POM 4. Formaldehyd 5. Granulat 6. Ter-moplast 7. Tandhjul, kontor- og husholdningsmaskiner, telefon-, radio-, fono-, TV-apparater

Fra råstof til plast



2. Hvordan fremstilles plast?

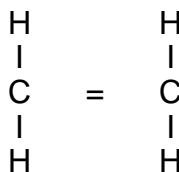
Råstofferne til fremstilling af plastprodukter er i dag råolie og naturgas. Fra disse råstoffer hentes det nødvendige kulstof og brint.

På raffinaderiet bliver olien adskilt i bestanddele (fraktioner) ved destillation. Alt efter kogepunkt udskilles gas, benzin, petroleum, gasolie (fyringsolie) samt sværere olier (fuel olie). Som destillationsrest får man asfalt, som bruges til vejanlæg.

Samtlige bestanddele er kulbrinter (molekyler af kulstof og brint), der kun adskiller sig ved molekylernes størrelse og form. Den vigtigste bestanddel fra raffineringen til produktion af plast er råbenzin (nafta).

Nafta bliver nedbrudt i en termisk spaltningsproces (cracking = nedbrydning) til gasarter som ethylen, propylen, butadien og andre kulbrinterforbindelser. Som alternativ til cracking af råolie kan gasarterne fås fra naturgas.

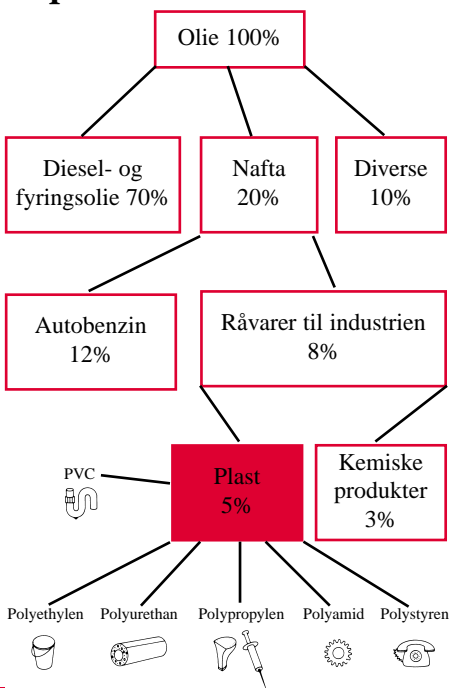
Disse molekyler - byggestenene - er det egentlige udgangspunkt for selve plastfremstillingen. Byggestenene kaldes monomerer - enkeltdele - der ved en kemisk reaktion, en såkaldt polymerisation, bringes til at reagere med hinanden, så der dannes meget lange molekylekæder, som kaldes polymerer. Den vigtigste monomer er ethylen med to kulstofatomer:



Denne anvendes til fremstilling af polyethylen. Fra ethylen kan der dannes nye reaktionsprocesser, som igen danner andre monomerer, f.eks. styren eller vinylchlorid, som er basis for andre plastmaterialer.

Det er vigtigt at få slået fast, at der til plastfremstilling kun anvendes 5 % af de olieprodukter, der kommer fra raffinaderierne.

5 pct. af olien anvendes til plast



3. Hvad er plast?

Plast tilhører familien af polymere materialer.

Betegnelsen stammer fra det græske "polymeros", der kan oversættes til poly = mange og meros = dele. En polymer er derfor et meget stort molekyle - et såkaldt makromolekyle - sammensat af mange ens byggestene. Her illustreret ved et polyethylenmolekyle:



Som det ses af figuren, består polyethylen af kulstofatomer og brintatomer. Disse to grundstoffer indgår som hovedbestanddel i alle plasttyper. Der kan også indgå ilt (O), kvælstof (N) og chlor (Cl), og i sjældnere tilfælde andre grundstoffer. Materialer opbygget ud fra kulstof og brint betegnes ofte som organiske materialer, da disse grundstoffer indgår som hovedbestanddel i alle levende organismer. Plastmaterialerne har derfor mange egenskaber fælles med de naturskabte organiske materialer såsom træ, horn og harpiks.

Polymerer kan opdeles i tre hovedgrupper:

1. Naturmaterialer:

Cellulose fra halm og træ, horn, harpiks, kautsjuk (naturgummi) og proteiner (de vigtigste byggesten i den menneskelige organisme).

2. Bearbejdede naturmaterialer:

Gummi (vulkaniseret kautsjuk), Celluloid og syntetisk horn (caseinplast). I afsnittet om plastindustriens historie blev det beskrevet, at disse materialer var vigtige i industriens barndom.

3. Syntetiske materialer:

Gruppen omfatter menneskeskabte makromolekyler og dermed alle de plastmaterialer, der primært fremstilles af olie og naturgas. Der findes i dag tusindvis af hel-syntetiske plasttyper.

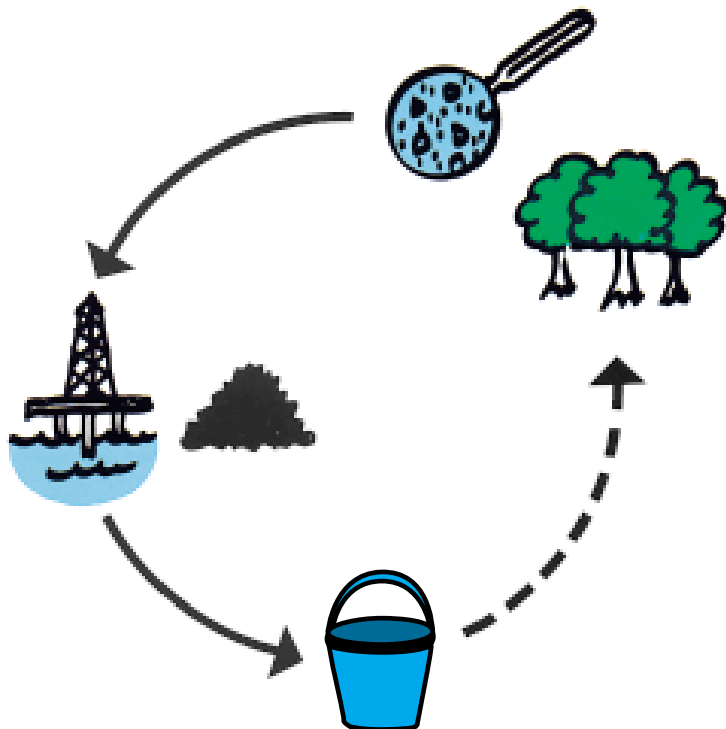
Definitionen på plast:

1. Organiske materialer, der

2. er opbygget af **makromolekyler** - polymerer - og som opstår

3. gennem **bearbejdning** af naturprodukter eller syntetisering af primærstoffer fra olie, naturgas eller kul.

Plast og naturens kredsløb



For flere hundrede millioner år siden var der tropisk klima med kæmpebregner over det meste af jorden. I havet levede mikroskopiske dyr og planter. Når de døde, sank de til bunds og blev dækket af slam og mudder. Efterhånden fik vægten af nye lag temperaturen og trykket til at stige, og gradvis blev det organiske materiale omdannet til kulbrinter, dvs. olie og gas.

Som regel vil olien, der er lettere end vand, søge op mod overfladen, men

nogle steder vil olien blive fanget i uigennemtrængelige lag. I sådanne olie-kilder kan man i dag finde olie og pumpe den op til overfladen.

Selv om al olie og gas består af kulstof og brint, kan der være forskel på sammensætningen fra sted til sted. Olien bliver ført ind til et raffineri, hvor den bliver adskilt i tunge og lette fraktioner som f.eks. fyringsolie og benzin. Den vigtigste fraktion til plastproduktion er råbenzin (nafta).

4. Plastmaterialernes kemi

Fremstillingen af plastråvarer sker ikke i Danmark, men på store petrokemiske anlæg i udlandet, bl.a. i Tyskland, England, Sverige, Finland og Norge.

Dansk plastindustri er en forarbejdende industri, eller en forædlende industri om man vil.

Fremstillingen af råplast sker ved en polymerisation, som afhængigt af de tilstedeværende monomerer kan forløbe efter forskellige reaktionstyper.

Kædepolymerisation

Udgangspunktet for denne proces er monomerer med mindst to kulstofatomer og en dobbeltbinding, f.eks. ethylen eller vinylchlorid.

Reaktionen kan illustreres ved hjælp af dansende par (se figuren). Parrene i øverste række illustrerer tre ethylenmolekyler. I næste række ses et udsnit af den kæde, der dannes, når parrene slipper hinanden, rækker ud og danser kædedans. Det store molekyle, der dannes, er polyethylen, dvs. mange ethylendele (mange dansende par), som er bundet sammen.

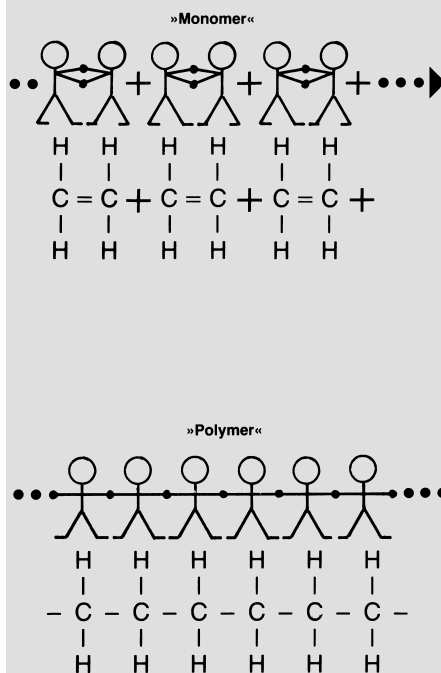
Nogle eksempler på virkelige reaktioner er vist næste side. Reaktionen kræver en aktivering, der bryder dobbeltbindingen mellem kulstofatomerne i ethylenmolekylerne, der derefter meget hurtigt sammenkøbes.

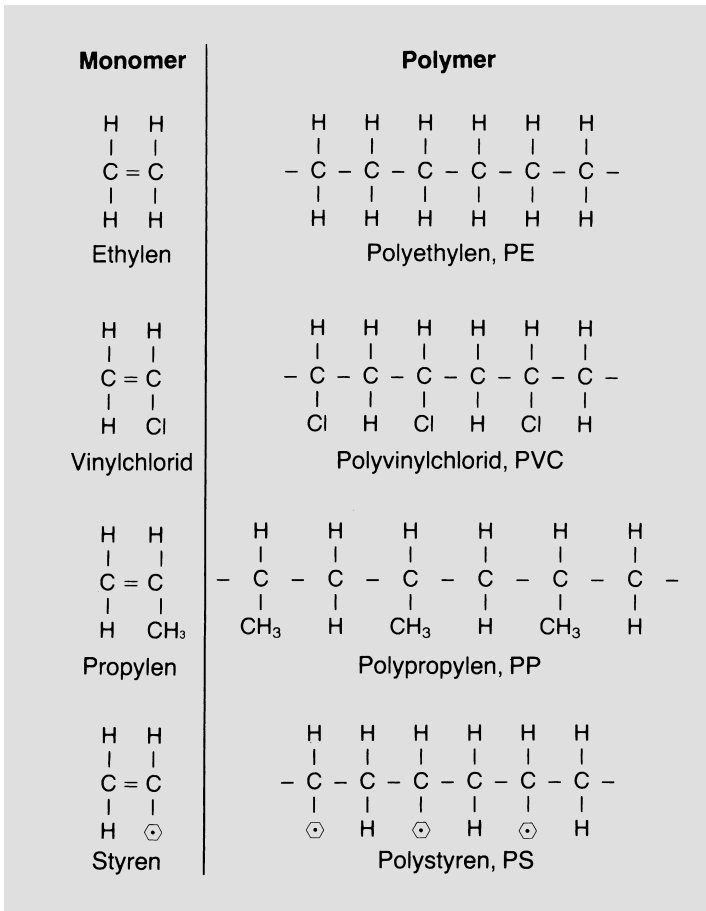
Resultatet er et makromolekyle.

Disse processer har været kendt siden 1930 og sker oftest under tryk og ved forhøjet temperatur i en kemisk reaktor, der indeholder en katalysator.

En række af verdens vigtigste og mest anvendte plasttyper fremstilles ved denne reaktionstype.

Model





Som det ses af figuren, er den eneste forskel på polymererne, at et af brintatomerne - H i ethylenmonomeren er udskiftet med andre atomer eller atomgrupper.

Trinvis polymerisation:

Ved denne reaktionstype reagerer monomerer, der hver har to kemisk reaktive grupper, med hinanden. De betegnes bifunktionelle monomerer. Der bruges to forskellige monomerer, der kan reagere med hinanden, f.eks. kan de to grupper være alkoholgrupper (OH) og syregrupper (COOH), som

ved reaktion danner esterbindinger. Sker reaktionen under fraspaltning af et mindre molekyle, f.eks. vand (H₂O), kaldes det polykondensation. Sker reaktionen uden fraspaltning kaldes det polyaddition. De vigtigste polymerer i denne gruppe er polyester, polyamider (nylon) og polyurethener.

5. Plasttyper



Plastmaterialerne og de produkter, som fremstilles heraf, indeholder millioner af makromolekyler for hvert gram. Makromolekylerne kan sammenlignes med byggesten, og plastproduktet med den færdige bygning. Stenenes størrelse gør det muligt for arkitekten at arrangere tingene og således bestemme bygningselementernes form. Mørtlen (bindingen) mellem stenene giver bygningen den tilsigtede styrke.

På samme måde varierer plastmaterialernes egenskaber, alt efter makromolekylernes størrelse, form, orden og binding, men også efter den måde atomerne er ordnet i makromoleky-

lerne. Makromolekylet forholder sig altså til plastproduktet som stenene til bygningen.

Ud fra egenskaber og struktur opdeler man normalt plastmaterialerne i tre hovedgrupper:

Termoplast
Hærdeplast
Elastomerer

Termoplasttyperne udgør ca 85% af hele plastforbruget.

Inden for termoplast er der langt det største forbrug af polyethylen, polyvi-

Materialforbrug



Termoplast

- Polyethylen
- Polyvinylchlorid
- Polypropylen
- Polystyren
- Anden termoplast

Hærdeplast

- Aminoplast
- Polyurethan
- Umættet polyester
- Anden hærdeplast

nylchlorid, polypropylen og polystyren, der betegnes som "volumenplast".

Andre typer termoplast kaldes ofte "teknisk plast", fordi disse plasttyper typisk har særlige egenskaber, som gør dem velegnede til specielle formål. Der er udviklet mange blandinger, der kaldes "blends", skræddersyet til bestemte områder, og desuden fås mange termoplasttyper, der er forstærket med fibre af fx glas.

Blandt hærdeplasttyperne skal fremhæves melaminplast, der kendes fra en række køkkenartikler, umættet polyester, som forstærket med glasfibre bl.a. anvendes til bådskrog og mølle-

vinger, samt polyurethan, der bl.a. anvendes til en lang række isoleringsopgaver.

Der markedsføres flere tusinde forskellige plasttyper med forskellige egenskaber og anvendelser, og der kommer hele tiden nye til. Plast er altså ikke bare plast, men en hel familie af spændende og ofte meget forskellige materialer.

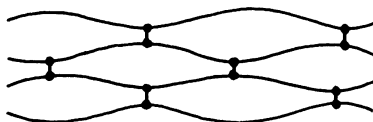
Plastmaterialernes struktur



Termoplast består af lange lineære evt. let forgrenede molekylekæder.



Hærdeplast danner en tredimensionel netværksstruktur.



Elastomerer er opbygget som en løs netværksstruktur.



Termoplast kan smelte

Termoplast

Navnet termoplast skyldes, at disse materialer bliver plastiske - smelter - når de tilføres varme og ved afkøling igen bliver faste - ligesom stearin - en proces der kan gentages mange gange. Denne egenskab udnyttes i forarbejdningen, hvor materialerne opvarmes, formes og afkøles. Tilsvarende kan affald og gamle produkter smeltes og genanvendes.

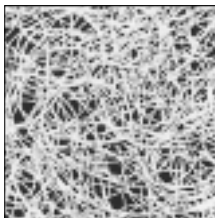
I termoplast ligger makromolekylerne mere eller mindre sammenfiltret mellem hinanden. De holdes sammen af denne filtrering og af relativt svage bindingskræfter mellem atomer i ét molekyle og naboatomer i et andet molekyle.

Antal og styrke af disse bindinger, sammenholdt med de enkelte makromolekylers længde, er medbestemmende for materialets fysiske og ke-

miske egenskaber. Ved træk og tryk og varme er bindingerne ikke stærkere, end at molekylekæderne kan glide mellem hinanden, dvs. at materialet smelter.

Overgangen fra fast til flydende form sker oftest over et bredt temperaturområde, og ingen termoplast har et veldefineret omdannelses-, smelte- eller kogepunkt.

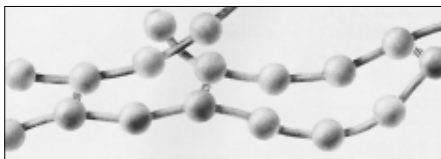
Når de kædeformede og vilkårligt forgrenede makromolekyler ligger fuldstændigt uordnede mellem hinanden - som filt eller en tot vat - betegnes materialet som amorf (uden form). Amorfe plastmaterialer er glasagtige, transparente og oftest sprøde. Molekylekæderne kan imidlertid i nogle afsnit ligge i fuldstændigt velordnede parallelle bundter, som tændstikker i en



Amorf



Delkrystallinsk



Bindingskræfter i en termoplast

æske. Makromolekylerne kan ikke deltag med deres fulde længde i en sådan velordnet struktur - et gitter - og disse områder er derfor altid meget små. Områderne kaldes krystalitter, og de ligger som små afgrænsede krystaller i en ellers uordnet struktur.

Den delvis krystallinske plast er uklær (mælket), men samtidig mere varmebestandig end amorf plast.



Hærdeplast er temperaturbestandig.

Hærdeplast

I modsætning til termoplast kan hærdeplast ikke smeltes efter formgivning og hærkning - ligesom et kogt æg.

Det skyldes, at den endelige polymerisation sker under hærkningen og at polymerisationen for disse materialer fører til dannelse af meget store tredimensionale netværksstrukturer.

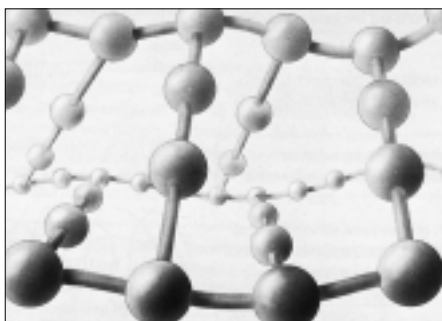
De enkelte polymerkæder er bundet sammen med meget stærke kemiske bindinger, i modsætning til de svagere bindinger i termoplast. Ved opvarm-

ning vil kæderne derfor ikke glide i forhold til hinanden, hvilket betyder, at materialet ikke kan smelte. Hærdeplast kan derfor ikke genanvendes på samme måde som termoplast. Opvarmes hærdeplast til meget høje temperaturer, sker der i stedet en forkulning af materialet.

Råvarerne til hærdeplast leveres normalt som tyktflydende væsker eller som pulvere.

Råvaren består af delvist polymeriserede molekyler, som i molekylkæderne har indbygget reaktive grupper. Ved tilsætning af en aktivator - en hærder - bindes kæderne sammen via de reaktive grupper til den færdige polymer.

På grund af netværksstrukturen kan man opnå meget hårde, stive og stærke materialer, som med deres ringe vægt har fortrængt tidligere brugte materialer, oftest metaller. De vigtigste typer hærdeplast er polyester, polyurethan, melaminplast og phenolplast.



Rumlig struktur for hærdeplast



En elastomer er gummielastisk.

Elastomerer

Hvis makromolekylerne er tværbundet i store masker, fås en gummielastisk plast, en såkaldt elastomer, der ved påvirkning af en lille kraft kan deformeres op til flere hundrede procent og vende tilbage til den oprindelige form.

Egenskaberne kan henføres til mange, lange og fleksible molekylkæder i strukturen, der er sammenholdt af spredte stive knudepunkter. De pågældende knudepunkter kan være baseret på termoplast, og man taler da om en termoplastisk elastomer, der kan smeltes og forarbejdes som termoplast. Dette giver en lang række forarbejdningmæssige fordele. Knudepunkterne kan dog også være baseret på hærdeplast, man taler da om vulkaniseret elastomer eller gummi.

Vigtige eksempler på elastomerer er butadiengummi og isoprengummi.

Tilsætningsstoffer

De plastråvarer, en plastvirksomhed modtager fra råvareleverandøren, er normalt tilsat en række stoffer, dels for at lette forarbejdningen, dels for at forbedre egenskaberne i det færdige produkt. Tilsætningsstofferne er med til at give en endnu større vifte af egenskaber og sikrer dermed, at man kan skræddersy plastmaterialerne til helt specifikke opgaver. De vigtigste tilsætningsstoffer tilhører følgende grupper:

- **Armeringsstoffer**
giver materialer større styrke.
- **Blødgørere**
gør stive materialer bøjelige.
- **Pigmenter**
giver farve.
- **Stabilisatorer**
giver holdbarhed mod bl.a. ultraviolet lys og termisk nedbrydning.
- **Antistatika**
modvirker statisk elektricitet.
- **Brandhæmmende**
midler.
- **Fyldstoffer**
(bl.a. kalk og dolomit)

6. Derfor anvendes plast



Plastforbruget har i løbet af få årtier udviklet sig med eksplosiv hast - og volumenmæssigt anvendes der i dag mere plast end stål.

Den mest enkle begrundelse for dette, er plastmaterialernes store forarbejdelse, kombineret med en meget bred vifte af materialeegenskaber. Man har så at sige selv mulighed for at "skræddersy" egenskaberne ved at vælge den rigtige plasttype til et bestemt produkt.

Samtidig betyder den store formbarhed, at materialerne er særdeles velegnede til masseproduktion. Plast har derfor kunnet indgå som et naturligt element i den industrielle

udvikling efter 2. verdenskrig. Selv meget komplicerede emner, som tidligere bestod af mange dele, kan nu støbes i et stykke. Og ved ekstrudering og folieblæsning kan fremstilles uendelige længder af både stive og kraftige og tynde og bløde produkter.

Derfor plast - 8 gode grunde

- Stor forarbejdelse - mange formgivningsmuligheder
- Lav vægt
- Stor styrke i forhold til vægten
- Minimal vedligeholdelse
- Modstandsdygtighed over for opløsningsmidler og mange andre kemikalier
- Lav ledningsevne overfor såvel varme som elektricitet
- Slagfaste og ofte bøjelige materialer
- Lav friktionskoefficient

Bilen igen

Vender vi tilbage til bilen, som blev vist i indledningen og stiller spørgsmålet: "Hvorfor bruger bilindustrien plast?" kunne svarene bl.a. være:





- Plastdele kan fremstilles hurtigere, billigere og med lavere energiforbrug end stål og aluminium.
- Plastdele kan skræddersys til karosseriet, f.eks. kan benzintanken formes efter undervognen og bagagerummet og dermed optage mindst mulig plads.
- Bilkonstruktionerne skal i dag have lavest mulig vægt af hensyn til benzinforbruget, men samtidig stilles stadig større krav til sikkerheden, og

det forøger vægten. Uden brug af plast ville bilerne derfor være meget tunge. En formindskelse af vægten med 100 kg giver en brændstofbesparelse på ca. 1/2 liter for hver 100 kilometers kørsel.

Plastmaterialernes fordele

De kemiske og mekaniske egenskaber hos en plastpolymer afhænger af den kemiske sammensætning og makromolekylernes størrelse, struktur og indbyrdes orden.



Et bredt spektrum af egenskaber

Den kemiske sammensætning har indflydelse på vægtfylden. De fleste plasttyper har vægtfylde mellem $0,9 \text{ g/cm}^3$ og $1,4 \text{ g/cm}^3$, men hvis tungere grundstoffer indgår i molekyleopbygningen, kan plastmaterialet have en vægtfylde på $2,2 \text{ g/cm}^3$.

Kobber har vægtfylden 8,9, dvs. at en kobbertering på 1 cm^3 vejer 8,9 g.

Stål $6,6 \text{ g/cm}^3$

Aluminium $2,7 \text{ g/cm}^3$

PVC $1,38 \text{ g/cm}^3$

Polyethylen $0,91-0,96 \text{ g/cm}^3$

Lav vægt

Letmetallet aluminium vejer dobbelt så meget som PVC og ca. 3 gange så meget som polyethylen. Man kan derfor opnå ganske betragtelige vægtbesparelser ved at erstatte traditionelle materialer med plast. Som eksempel kan nævnes, at man ved at vælge plast frem for glas til flasker kan reducere vægten for en 1 ltr. flaske fra ca. 750 g til 50 g. Dette er en fordel for forbrugeren,

der kan bære en større nyttelast - men også ved transport til og fra fabriken, butikken o.s.v. kan der lastes mere. Tilsvarende overvejelser gælder ved anvendelse i biler, tog og fly, hvor en lavere totalvægt på drastisk vis kan forbedre brændstoføkonomien.

Barriereegenskaber

Den kemiske sammensætning har også indflydelse på modstandsdygtigheden over for kemikalier som syrer, lud, opløsningsmidler og olie. De forskellige plastmaterialer har forskellige barriereegenskaber, og til næsten ethvert kemikalium findes plasttyper med god bestandighed.

Disse egenskaber har medført anvendelse til kar, beholdere, belægninger osv. i den kemiske industri, men også i hjemmet, hvor plastflasker anvendes til rengøringsmidler og husholdningskemikalier og til at emballere fødevarer.

Isoleringsevne

Den gode isoleringsevne hos plast gælder både for elektrisk strøm og for varme. Varmeledningsevnen for polystyren er eksempelvis 2400 gange lavere end ledningsevnen for kobber.

Det betyder, at en varmemængde, som er en time om at passere en kobberplade, vil være 2400 timer om at passere en polystyrenplade af samme tykkelse. Isoleringsevnen for plast bliver

endnu bedre med opskummede typer, f.eks. polystyrenskum, der på grund af et luftindhold på 98% isolerer endnu 10 gange bedre. Nu er forholdet blevet 1 til 24000.

Plastmaterialernes fordel er endnu mere udtalt for den elektriske ledningsevne. Kobber leder den elektriske strøm 100 trillioner gange bedre end plast - et 1-tal med 20 nuller. Plast er derfor helt enestående materialer til isolering af elektriske ledninger, kontakter, elapparater etc.

Stor styrke

Molekylernes indbyrdes størrelse og orden har indflydelse på de mekaniske egenskaber. Der kan fremstilles plastiske, blødt elastiske, hårdt elastiske og hårde, ja endog sprøde plastmaterialer med forskellig varmebestandighed. I forhold til vægten er plastmaterialerne særdeles stærke og har i flere tilfælde fortrængt metaller i anvendelser, hvor man samtidig prioriterer lav materialevægt. Det gælder rum- og flyindustri, hvor lav vægt, styrke samt modstandsdygtighed over for træthedsbrud betyder, at man i dag bruger plast til bærende vingedele i flere amerikanske kampfly.

Plastmaterialerne har også en meget lav friktionskoefficient, hvilket gør dem egnet til tandhjul og selvsmørende lejer i den mekaniske industri.

7. Forarbejdning af plast

”Forvandlingen” af plastmaterialerne til færdige produkter kan ske ved anvendelse af vidt forskellige forarbejdningsteknologier. Fra enkle manuelt baserede metoder - til fuldautomatisk produktion.

Sprøjtstøbning og ekstrudering er de mest anvendte forarbejdningsmetoder.



Vigtige forarbejdningsprocesser i plastindustrien

Proces	Produkteksempler
Sprøjtstøbning	Kasser, husholdningsartikler, kabinetter, emballage, tekniske artikler
Ekstrudering	Profilen, rør, tagrender, kabelkapper, plader, slanger
Folieblæsning	Folier, bæreposer
Termoformning	Skilte, kabinetter, bakker, emballage
Blæsestøbning	Dunke, flasker, beholdere
Pressestøbning	Skåle, toiletsæder, husholdningsartikler
Fremstilling af skumplast (celleplast)	Isoleringsplader, emballage, møbler, tekniske artikler
Rotationsstøbning	Tanke, beholdere
Kalandrering	Plader, folier, gulvbelægning
Forarbejdning af glasfiberarmeret polyester	Tanke, profiler, møllevinger, både

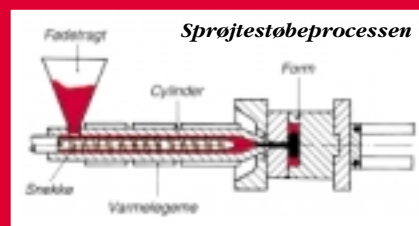
Sprøjtstøbning

Sprøjtstøbning er langt fra nogen ny proces. De første egentlige sprøjtstøbmaskiner blev taget i brug helt tilbage i 30'erne. Sprøjtstøbning er siden blevet en af de mest udbredte og avancerede processer i plastindustrien.

Sprøjtstøbning kan anvendes til meget komplicerede emner - og netop den store formgivningsfrihed har haft afgørende betydning for den eksplosive vækst i plastforbruget.

Sprøjtstøbeprocessen er skematisk angivet på figuren.

- Råplast i pulver- og granulatform tilføres maskinen gennem en føde-tragt.
- Plastmaterialet transporteres af snekken gennem maskinens cylindere og blødgøres ved varme fra omsluttende varmelegemer og friktionsvarme som følge af snekkens rotation.
- Efter endt plastificering indsprøjtes et nøje afmålt volumenplast i den lukkede og afkølede form. Indsprøjtningen sker under stort tryk.
- Plastmassen størkner, og emnet udskydes af formen. Der er normalt ikke behov for efterbearbejdning.





Formværktøjet har afgørende betydning for hele processens forløb. Bl.a. skal kølekanaler og indløb placeres rigtigt.

Formen er et stykke højpræcisionsværktøj fremstillet i specialstål og er derfor dyr at anskaffe.

Sprøjtstøbemaskinens størrelse angives normalt efter lukkekraft og ligger typisk fra 250 kN (25 t) til mere end 10.000 kN (1.000 t).

Støbeprocessen varer fra nogle få sekunder til flere minutter, afhængig af emnets størrelse og kompleksitet. Emnerne kan veje fra mindre end et gram og op til adskillige kilo.

Sprøjtstøbemaskiner er i dag udsty-

ret med en avanceret mikroprocesstyring, der giver mulighed for et optimalt procesforløb.

Ekstrudering

Ekstrudering er en kontinuerlig produktionsproces til fremstilling af eksempelvis rør, tagrender, slanger, profiler og folier.

En ekstruder transporterer og smelter plastmaterialet på samme måde som en sprøjtstøbemaskine. Den afgørende forskel er det afsluttende værktøj. I stedet for at sprøjtes ind i en lukket form presses den blødgjorte plastmasse igennem en dyse og bliver til en "endeløs slange".





Dysen bestemmer emnets form og vægtykkelse. Emnet køles umiddelbart efter dysen, enten ved luft eller ved at trækkes gennem et kar med vand. Det er muligt at fremstille alt fra helt enkle rør og stænger til meget komplicerede vinduesprofiler. Processen giver mulighed for fremstilling af meget store emner, f.eks. rør med en ydre diameter på op til 150 cm.

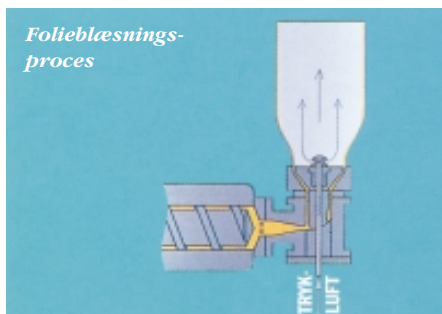
Ekstruderingsprocessen er ofte fuldt automatiseret med løbende dimensionskontrol, og emnerne opskæres herefter i forud programmerede længder.

Folieblæsning

Folier - til bl.a. emballage, byggeri og landbrug - fremstilles ved folieblæsning.

Grundprincippet er som ved ekstrudering, hvor den normale dyse er udskiftet med en ringdyse.

Det smeltede plastmateriale presses af snekken gennem ringdysen, trækkes lodret op og formes ved indblæs-



ning af luft til en stor boble. Luftstrømmen bevirker samtidig, at boblen afkøles, og plastmassen derved overgår til fast form. Oven over boblen, der fremstilles i et kontinuerligt forløb, placeres en fladlægnings- og oprulningsmaskine til opsamling af den færdige folie.

Det er muligt at sammenkoble flere ekstrudere til samme ringdyse, hvorved der kan fremstilles flerlagsfolier.

Man kan i dag fremstille folier med helt op til 7 lag og derved kombinere de forskellige plastmaterialers egenskaber, f.eks. til fugt- og aromatætte emballager.



ØVRIGE FORARBEJDNINGS-TEKNOLOGIER

Termoformning



En plastplade blødgøres ved opvarmning, hvorefter den formes ved hjælp af trykluft eller vakuum. Dyre stålforme er ikke nødvendige til denne metode, hvorfor den ofte anvendes til mindre serier. Til massefremstilling af emballager findes dog også meget komplicerede termoformværktøjer.

Pressestøbning

Plastråvarer som pulver eller tablet forvarmes og indlægges i den nedre del af en todelt presseform. Under højt tryk fordeler den blødgjorte



plastmasse sig i formen. Efter endt hærkning kan det færdige emne udta-

ges af formen. Til denne fremstillingsmetode anvendes især råvarer som phenolplast, melaminplast og ureplast, og produkterne som fremstilles er bl.a. husholdningsskåle, toiletsæder og elektriske artikler.

Fremstilling af skumplast



Celleplast eller skumplast fremstilles bl.a. af ekspanderbart polystyren (EPS) eller polyurethan (PUR), både som hårdt og som blødt skum. Cellestrukturen dannes ved en særlig opskumningsproces, hvor et tilsat drivmiddel sørger for opskumningen. Processen giver mulighed for fremstilling af emner med meget forskellig vægtfylde og hårdhed. EPS-skum anvendes til emballage og isolering, mens PUR-skum anvendes til madrasser, isolering af køleskabe og rør samt, for de hårde typer vedkommende, til tekniske artikler.

Blæsestøbning

Blæsestøbning anvendes ved fremstilling af hule emner - f.eks. flasker og

Blæsestøbte produkter



beholdere. Metoden er nærmest en kombination af sprøjtestøbning og ekstrudering. En ekstruder fremstiller en kontinuerlig slange af blødgjort plastmasse, som automatisk afskæres i den ønskede længde. Slangen opblæses derefter i en to-delt form, som samtidig afkøles.

Kalandrering

Man kan fremstille plastfolie ved at lede plastmasse gennem et kompliceret system af opvarmede valser. Ved at regulere valsernes temperatur og indbyrdes afstand, kan man bestemme foliens tykkelse. Denne metode kal-

des kalandrering og anvendes bl.a. ved fremstilling af PVC-folie til regntøj, gulvbelægning etc.

Forarbejdning af glasfiberarmeret polyester

Glasfiberarmeret polyester anvendes til en lang række stør-



re produkter, hvor kravet er stor mekanisk styrke og bestandighed kombineret med lav vægt. Blandt mange kan nævnes: mølevinger, både, surfboards, bygningsdele, bildele, tanke og rør til den kemiske industri.

Der findes flere forskellige forarbejdningsmetoder, hvor de mest udbredte er håndoplægning og sprøjteoplægning.

Håndoplægning er den enkleste forarbejdningsmetode. En form af eksempelvis træ, polyester eller beton fores med glasfibermatter, der herefter manuelt påføres polyester tilsat hærder. Dette gentages, til den ønskede materialetykkelse er opnået.

Ved sprøjteoplægning anvendes en tilsvarende form som ved håndoplægning. Ved hjælp af en sprøjtepestol påføres polyester opblandet med korte glasfibre direkte i formværktøjet.

8. Anvendelse af plast

Uden plastfibre til fremstilling af tøj kunne verdens befolkning ikke klædes på. Hvis man skulle erstatte alle plastfibre med uld, ville det kræve så mange får, at hele Europa skulle udlægges til græsareal.

Plast bruges overalt

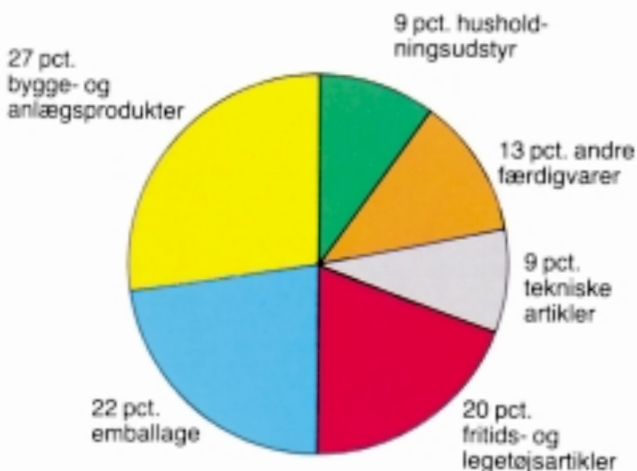
Færdigvarer eller komponenter af plast er med til at gøre hverdagen lettere.

Plast er let at forarbejde, selv til meget komplicerede produkter, og der findes i dag ikke et hus, en bil eller en maskine, som ikke indeholder plast. Plast anvendes til emballage, som gør transporten nemmere og sik-

rer at fødevarerne kan holde sig. Det bruges som byggemateriale på grund af dets store styrke og vejrbestandighed, til hospitalsartikler, hvor der kræves høj hygiejne, til elektroniske apparater, som muliggør kommunikation og dataudveksling, samt til en lang række andre nyttige produkter i det daglige arbejde, i husholdningen og i fritiden.

Olie kaldes for det sorte guld, og plast fremstilles enten af olie eller naturgas. Olien eller gassen forvandles til den lange række af uundværlige plastprodukter, som kendes i dag - og produkterne bruges overalt.

Anvendelsesområder for plast i Danmark



Mere og mere plast

Hver dansker brugte i 1960 6,5 kg plast, og plastindustrien var en relativt lille og upåagtet industri.

Dette har ændret sig radikalt. Op gennem 60'erne og 70'erne har plast i mange tilfælde erstattet de ofte dyrere og mindre velegnede naturmaterialer.

PVC erstattede f.eks. læder og gummi ved produktionen af slanger, mapper, tegnebøger, ledninger og kabler.

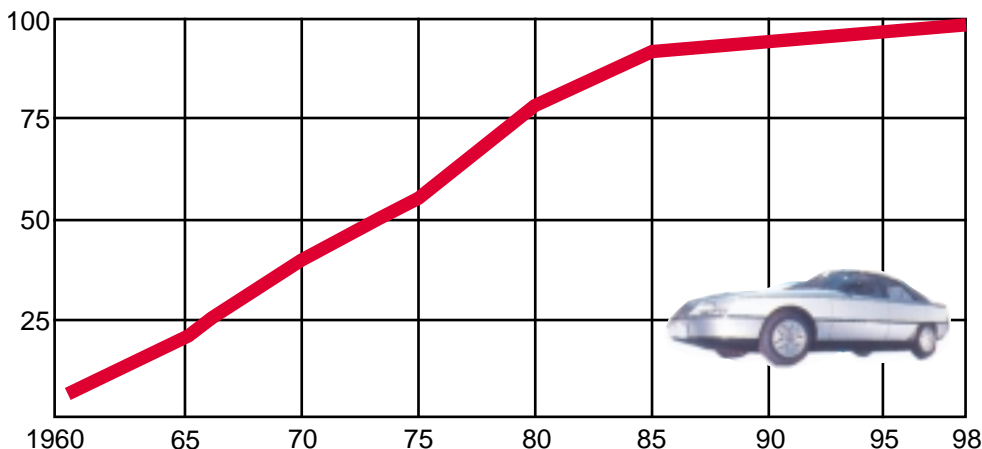
I byggeriet fortrængte PVC træ og metal som gulvbelægnings- og rørmaterialer, og polyethylen - som i dag er

det mest anvendte plastmateriale - afløste i mange tilfælde papir og metaller til emballageformål.

Plast har siden da fundet anvendelse til helt nye og spændende formål, især inden for elektronikindustrien og i sundhedssektoren.

I 1998 brugte hver dansker i gennemsnit 100 kg plast, en markant forøgelse af forbruget siden 1960, og udviklingen vil fortsætte. Nye plastmaterialer sætter ofte plastindustrien i stand til at producere helt nye og bedre produkter - også ud fra en miljømæssig synsvinkel.

Plastforbrug i kg pr. indbygger siden 1960



Plast som byggesten

Hver gang vi taster et nummer på mobiltelefonen eller skriver på computeren, trykker vi på taster af plast. Hele tastaturet er fremstillet af plast, og mens computerens kabinet er af plast og metal, er næsten al indmaden som printplader til f.eks. lyd- og grafik kort af plast, således at op mod 90 % af den moderne PC'er er af plast.

Plast er en vigtig forudsætning for store dele af den teknologiske udvikling. Fremstilling af telefoner, måleudstyr, biler osv. er helt afhængig af præcist fremstillede plastprodukter med stor slidstyrke og formbarhed. Plast kan støbes med 1/100 millimeters nøjagtighed.

Foruden de mest kendte plasttyper er det især materialet ABS, som er meget udbredt, f.eks. til telefonapparater. Men også polyamid, acryl og polycarbonat er almindelige.

Plastemballage til alle formål

Emballage er et af de områder, hvor der bruges meget plast. Hovedformålet med at emballere en vare er at beskytte den og for fødevarer desuden at forlænge holdbarheden.

Mange varer skal transporteres over store afstande, og det stiller krav om

slidstyrke, let håndtering og lav vægt. Den lave vægt er også en fordel, når forbrugeren bærer varen hjem. Et yoghurtbæger af plast vejer kun 5 gram, medens et tilsvarende glasbæger ville veje 125 gram. Plastemballage nedsætter desuden støjniveaue under pakkeprocessen og medvirker dermed til et bedre arbejdsmiljø.

I supermarkedet kan vi både se og røre ved varerne. Plastemballage muliggør hygiejnisk opbevaring og transport af varerne. Men plastemballagen har også andre fordele. Den er tæt, hvilket sikrer længere holdbarhed for en række produkter. Dermed undgår man spild af fordærvede fødevarer. I Danmark har vi bragt spild af fødevarer ned til et minimum, mens op mod halvdelen af næringsindholdet går til spilde i u-lande, før varen når frem til forbrugeren. I fremtiden vil vi se så tætte emballager, at det ofte vil være overflødigt at nedkøle maden. Det vil spare energi og vil være en stor gevinst i lande med meget varmt klima og mangel på kølefaciliteter.

Selv om vi bruger mere og mere emballage, falder emballagemængden - målt efter vægt. Det skyldes, at ikke mindst plastemballage er blevet lettere. Et lille yoghurtbæger, der for 20 år siden vejede 6,5 gram, vejer i dag kun 3,5 gram.

Emballage-facts

EU vedtog i 1994 et emballage-direktiv, kaldet emballagens europæiske grundlov. Direktivet har to overordnede formål: Beskytte miljøet ved at reducere mængden af affald fra brugt emballage samt sikre vareernes frie bevægelighed hensigtsmæssigt.

Sådan fordeler emballagen sig:

Papir og pap: 49,3 procent

Plast: 14,3 pct.

Metal: 10,4 pct.

Glas: 8,3 pct.

Træ: 7,6 pct.

Tekstil: 0,1 pct.

Kun 23 pct. af affaldet fra en dansk husholdning er emballage. Og det fordeler sig sådan:

Pap og papir: 7,8 pct.

Plast: 6,1 pct.

Glas: 6,9 pct.

Jern og metal: 2,2 pct.

Danskernes forbrug af emballage falder markant i volumen. Industrien produktudvikler emballagen af økonomiske hensyn og i henhold til forbrugernes miljømæssige krav. F.eks. bliver emballagen stadig lettere. Danskernes samlede emballageforbrug er faldet 11 procent målt i vægt siden 1990, selvom vareforbruget er steget markant samtidig.

(Kilde: Dansk Industris pjece: Emballage - fråds eller fornuft).

Mens 1000 bæreposer tidligere vejede 47 kg, vejer de i dag 32 kg.

Emballagen er også en forudsætning for de mange færdigretter, som f.eks. kan sættes lige i mikroovnen. I dag tåler flere plastemballager tillige så høje varmegrader, at de kan sættes ind i en almindelig ovn.

Endvidere kan man trykke informationer direkte på plastemballagen, f.eks. oplysninger om fødevarers indhold og holdbarhed. Det sparer papiretiketter. Desuden kan låg til bøtter

og bægge af plast tages af og sættes på utallige gange.

Mange produkter bliver flot præsenteret i plastemballagen, der kan strækkes, formes og farves efter behov. Emballage er blevet en del af vores livstil. Tænk blot på bæreposer, der kan være enkle og tynde eller kunstneriske og af meget høj kvalitet.

Til hospitalsudstyr, hvor der stilles store krav til hygiejne, holdbarhed, korrosionsbestandighed og lav vægt,

er plastemballager meget udbredt. Ud over den større hygiejne anvendes plast bl.a. af sikkerhedshensyn i laboratorier, hvor emballagen ikke må gå i stykker, så indholdet slipper ud.

Plastemballager fremstilles af mange plasttyper, men de mest anvendte er polyethylen, polypropylen, polystyren og polyester. Det samlede emballageforbrug i Danmark er 750.000 tons. Det svarer til 150 kg. for hver dansker. Heraf er knap 15 % eller ca. 22 kg af plast. Emballageforbruget falder langsomt i Danmark, fordi emballager bliver stadig lettere.

Plast i byggeriet

Et almindeligt dansk hus indeholder ca. 2 tons plast, og forbruget af plast i byggeriet stiger. Plast bruges f.eks. til vinduer, tætningslister, gulve, isolering, tagrender, rør og bordplader.

Endvidere bruges plast til lamper og møbler og til kabler og ledninger, hvor man udnytter, at plast ikke leder elektricitet. F.eks. leder kobber elektricitet 100 trillioner gange bedre end plast.

Den lange holdbarhed har stor indflydelse på udbredelsen, men også materialets styrke, pris, form og indfarvningsmuligheder har betydning.

Hvis man erstattede plastmaterialerne med andre materialer, hvor det var muligt, ville det gøre samme hus adskillige tusinde kroner dyrere, i mange tilfælde ville huset blive mindre solidt og vedligeholdelsen mere omfattende.

Plast bruges stadig mere til større konstruktioner. f.eks. bjælker, trapper, brønde og broer af kompositmaterialer, der hverken kan ruste, rådne eller tæres.

Forsyningen med gas og vand og bortledningen af spildevand sker gennem rør af plast, oftest af PVC. Disse rør kan holde næsten evigt, mens rør af jern eller beton langsomt tæres og skaber et stort vandspild. Næsten halvdelen af verdens varmerør kommer fra fire danske virksomheder. Varmerørene består af et inderrør af stål omgivet af isolerende polyurethanskum og en skal af polyethylen.

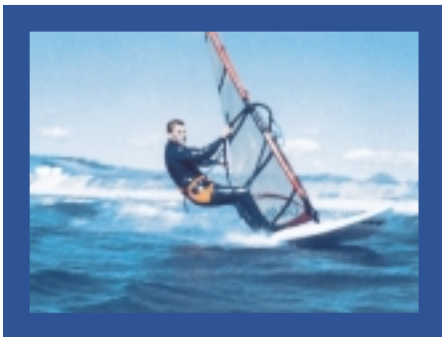
Mange mennesker regner stadig ikke plast for at være et "fint" materiale. Plast kan imidlertid slet ikke undværes i et moderne byggeri, og nogle af de flotteste byggerier som det olympiske stadion i München og den danske pavillion på verdensudstillingen i Sevilla, (som i dag står i Japan) består for en stor del af plast.

Plast i fritiden

Det olympiske motto med "længere, hurtigere og højere" gælder også for plast. Ofte er plastmaterialer et vigtigt led i nye verdensrekorder. Da Linford Christie i 1993 vandt verdensmesterskabet i 100 meter løb, vejede hans løbesko kun 150 gram. Eller tænk på stangspringeren, hvor kulfiberarmede polyesterstænger har betydet, at højden 6 meter nu er passeret.

Men næsten uanset hvilken idrætsgren og på hvilket niveau, der dyrkes sport, er plast deltager. Fodboldstøvler er fremstillet af plast, og selv bolden er af plast. I England anlægges flere og flere fodboldbaner med kunstgræs - af plast.

Slalomløberen er udstyret med plast fra yderst til inderst. Undertøjet og den vind- og vandtætte skidragt er af polyamid fibre (nylon) og støvler,



hjelm og briller er også af plast. Selvfølgelig er ski og stave også af plast. Den lave vægt og den glatte overflade giver de gode resultater.

Når hastigheden stiger yderligere, og vi kommer op i Formel 1, er hele konstruktionen baseret på plastmaterialer, og det allervigtigste er opbygningen af den kulfiberarmede brønd, som køreren sidder i.

Plast til transport

Glasfiber-armeret umættet polyester, der er et såkaldt kompositmateriale, har særlige anvendelsesmuligheder. Polyester er en hærdeplast, og når den blandes med glas- eller kulfibre fås et meget stærk materiale, der desuden er modstandsdygtigt over for såvel vind og vejr som for skrappe kemikalier. Materialet er mest kendt for sin anvendelse til møllevinger og både, men bruges også til containere, svømmebassiner og badekar.

Mulighederne for armeret plast synes uanede. Søværnet har en række Standard Flex skibe med 54 meter lange skrog. Skibet består af en sandwichkonstruktion med hårdt plastskum i midten omgivet af laminat af polyester med 8 - 10 lag glasfibervæv. Plast er umagnetisk, og skibene er derfor velegnede til minelægning og -strygning.

Også helt små både som surfboards og kanoer laves i dag af kompositmaterialer. En konkurrencekano kan veje helt ned til 6,5 kg.

I dag er det også muligt at lave mindre fly og togvogne af kompositmaterialer. I Schweiz har man bygget et helt tog af kompositter, mens vi herhjemme anvender det til vægge, lofter og paneler, fronte og skørter i IC-3 tog.

Et lille tomotorers, danskbygget fly af kompositter vejer kun 200 kg.

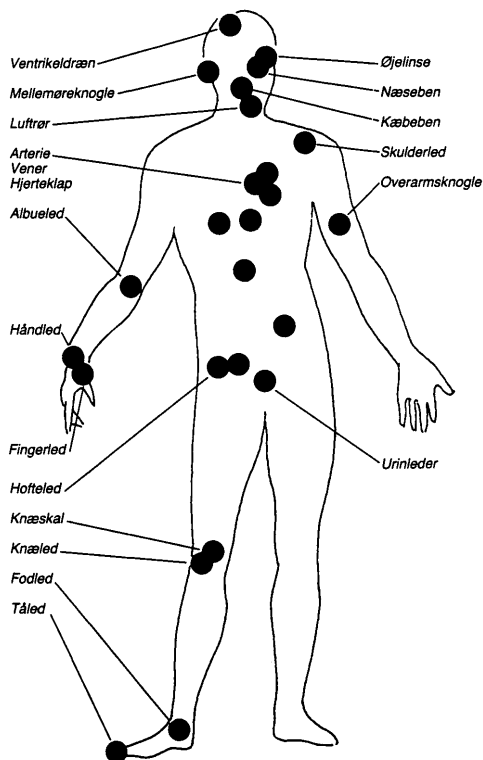
Plast i sundhedssektoren

I 1965 indopererede Rigshospitalet det første kunstige hoftelod på et menneske. Siden er plastmaterialer blevet brugt til en lang række "reserveredele" i den menneskelige krop. Hvad enten det drejer sig om hjerteklapper, knæskaller, spiserør eller øjenlenser, og de fleste danskere har stiftet bekendskab med en plastfyldning i tænderne. Plast er således med til at give mennesker med en sygdom eller et handicap en bedre livskvalitet.

Plast bruges af hygiejniske grunde til engangsartikler som flasker, sprøjter, plaster, poser og slanger.

Endelig bruges plast til laboratorieudstyr som bakker og skåle til celledyrk-

Plast, menneskets reserveredele



ning og opformering af DNA-molekyler. Det kræver en overflade af helt specielle polymerer, der kan binde celler og molekyler. Hermed får man en teknik til hurtig og præcis bestemmelse af f.eks. hvilken type salmonellabakterier, der findes i et stykke kød.

Danske plastvirksomheder er førende i verden og bruger mange penge på udvikling af nye og forbedrede produkter. Plastingeniørerne arbejder side om side med læger, kemikere og biologer, når der afprøves nye plastmaterialer eller teknologier. F.eks. er det en vigtig opgave at forhindre, at det menneskelige væv frastøder det fremmede materiale, hvad enten det er brugt til et kateter eller et øredræn.

Der stilles strenge krav til de virksomheder, der fremstiller produkter til sundhedssektoren. Det er en renrumsproduktion, hvor der skal fremstilles helt sterile produkter. Hygiejnen på fabrikkerne er lige så høj som på hospitaler, og virksomhederne inspiceres konstant af internationale sundhedsmyndigheder. Mange af produkterne skal jo anvendes på patienter i livstruende situationer.

Plast og dansk design

Overalt i verden er dansk design et positivt begreb, og tankerne føres hen på TV-apparater, telefoner og andre moderne brugsgenstande. Dengang plast var et nyt materiale forsøgte virksomhederne at efterligne produkter af træ og metal. I dag benytter designerne sig af plastmaterialernes store formbarhed - plast kan næsten altid formes efter designerens

ønske - og meget af den formgivning, der findes i moderne design er kun mulig ved hjælp af plast.

Mange ID-prismodtagere (industrielt design) de senere år har fremstillet deres produkter helt eller delvist af plast.

Design er ikke kun et spørgsmål om udseende, men også et spørgsmål om at produktet er funktionelt igennem hele dets livscyclus. Designeren skal sikre, at produktet er godt at bruge, og også at det kan bortskaffes på en fornuftig måde, når det er udtjent. Designet har også betydning for at produktionsprocessen kan blive rationel. Da en dansk fabrik for nylig udviklede et hovedsæt med mikrofon og øresnegl til håndfri telefonering, lykkedes det at fremstille hovedsættet af kun 11 plastdele, der tilsammen vejede under 10 gram. Da en anden fabrik i sin tid udviklede Novo Let-pennen til diabetikere, fik man penne, der indeholder en ampul til flere indsprøjtninger, ned på kun syv plastdele. Dermed kunne pennen fremstilles til 1/100 del af prisen for en tilsvarende metalsprøjte.



Plast i vindmøller

Halvdelen af alle nye vindmøller i verden kommer fra Danmark. Møllevinger og møllehus er lavet af glasfiber-armeret polyester, og takket være danske virksomheders forskning er møllerne blevet stadigt større og mere effektive.

På 10 år er møllernes effekt blevet mangedoblet. Fra 100 kW-møller til 2000 kW-møller, der er store nok til at dække 1000 husholdningers årlige el-forbrug.

De største møller har en rotordiometer på 63 meter og er 60 meter høje. Vingerne er blevet mere aerodynamiske for at udnytte vinden bedre. Hastigheden ved vingspidserne er op til 200 km. i timen. Derfor kræves en meget stærk plastkonstruktion, hvis møllen skal køre i døgndrift i 20 år eller mere.

Vindmøller skal opstilles, hvor det blæser mest, men også hvor møllerne passer til landskabet. Takket være aerodynamikken, støjer moderne vinger kun ganske lidt.

Folketinget har vedtaget, at 20 % af Danmarks el-forbrug i år 2003 skal komme fra vedvarende energi. Dette er muligt med kun 1000 af de største

møller. I dag producerer møllerne 10 % af det danske elforbrug - helt uden at forurene. Vindmøllerne er så effektive, at de på tre måneder fremstiller lige så meget energi, som der går til at fremstille og vedligeholde dem i hele deres levetid.

Vindmøller er blevet folkeeje i Danmark. 100.000 danske landmænd og byboere ejer hver en mølle eller en andel af en af de 4000 møller.

Danske møller findes over hele verden, ikke mindst i store vindmølleparker. Vindmøllerne er blevet meget populære i u-lande, der ikke har råd til at importere brændsel.

9. Plast og miljø

Al menneskelig aktivitet bruger af naturens ressourcer og påvirker miljøet. Sådan har det været fra civilisationernes begyndelse, og sådan er det i stadig højere grad, efterhånden som jordens befolkning vokser og vokser. Den store udfordring til vor tid er at tilrettelægge landbrug, industri, transport, boliger, sundhedsvæsen, fornøjelser - alt det, vi ønsker i tilværelsen - på en sådan måde, at miljøet ikke påvirkes ud over dets bæreevne. Derfor er det vigtigt, at alle ressourcer udnyttes bedst muligt, inden de ender som affald.

Produkter af plast er ligesom alle andre industriprodukter både en del af miljøbelastningen - og en del af løsningen. Plast byder på mange direkte fordele sammenlignet med andre materialer til en lang række opgaver. Men det er måske endnu vigtigere for miljøet, at plastmaterialerne også er forudsætningen for mange teknologiske fremskridt, der ellers ikke havde været mulige. Tænk blot på udviklingen inden for den elektroniske industri, der i vid udstrækning forløber parallelt med udviklingen af plastmaterialerne. En computer ville ikke kunne fremstilles uden plast.

Men plast skal fremstilles, bruges, genvindes og bortskaffes med om-

tanke, ligesom alle andre materialer. Dette er en vigtig erkendelse som forudsætning for til stadighed at kunne forbedre miljøindsatsen. Plastindustrien i Danmark har formuleret sin egen miljøpolitik, der rummer dette, og virksomhederne arbejder målbevidst videre med brug af stadig renere teknologi både for råvarer og for processer. Plastvirksomheder er også blandt de førende med systematisk miljø- og energistyring.

Plast sparer ressourcer

Kun knap 5 % af den vestlige verdens samlede olieforbrug går til fremstilling af plast. Herfra skal trækkes de meget væsentlige energi- og ressourcebesparelser, som opnås ved at anvende produkter af plast: lettere biler og tog, lettere emballager, bedre isolering, mere holdbare rør osv.

Hvis man vil vurdere, om aktiviteter eller produkter er mere eller mindre belastende for miljøet, er det nødvendigt at vurdere helheden: Man skal betragte produkter over hele deres livscyklus og medtage såvel fordele som ulemper. Målet er naturligvis at vælge de rigtige materialer og metoder. Det rigtige spørgsmål om plast er derfor: Ville den totale belastning af miljøet blive større eller mindre, hvis man erstattede plast med andre

materialer. I de fleste tilfælde er svaret, at det er en særdeles fornuftig anvendelse af olien at bruge den til plastprodukter. Når olie bruges til transport eller opvarmning forbrændes den og giver bevægelsesenergi og varme - og forsvinder derved. Når olien bruges til plast, gør den først god nytte på mangfoldige måder, før den til slut kan forbrændes og også give el eller varme.

Transportmidlers energiforbrug er direkte afhængig af deres egenvægt, så der er store besparelser at hente ved at bruge lette, stærke plasttyper. F.eks. vil en bil, hvor 15 % er fremstillet af plast, spare omkring 5 % benzin. Emballager af plast er oftest lettere end emballager af andre materialer, og det sparer energi, når varer skal transporteres. En 1/4 liter sodavandsflaske af glas vejer 260 gram, mens en tilsvarende plastflaske vejer 30 gram. Byggeprodukter som rør og vinduer af plast har en endog meget lang holdbarhed og skal ikke udskiftes ret ofte, og det sparer mange ressourcer. Det har vist sig muligt at fremstille gangbroer af glasfiberarmeret polyester, som får en meget lavere egenvægt end stålbroer. Derved behøves et meget mindre betonfundament, hvilket igen sparer ressourcer. Hverken rør, vinduer eller gangbro kræver i øvrigt vedligeholdelse og også dette sparer

ressourcer. God isolering af køleskabe med opskummet plast er en forudsætning for lavenergi-køling. Og så videre og så videre.

Her til kommer, at det meste plast kan forbrændes med energiudnyttelse, når produkterne er udtjente. På den måde udnyttes omkring halvdel af den forbrugte olieenergi endnu en gang. Termoplast er i øvrigt velegnet til materiale-genanvendelse og kan omsmeltes og bruges igen og igen, før det forbrændes.

Fra affald til nye plastprodukter

Alle produktionsprocesser i industrien skaber noget affald, og alle produkter ender før eller siden som affald. Hvis de tekniske og økonomiske muligheder er til stede, er det den ideelle løsning på affaldsproblemet at etablere retursystemer eller at genanvende materialet til nye produkter. Kan man løse problemerne ved indsamling og sortering, bliver affaldet et værdifuldt materiale.

I en plastvirksomhed opstår f.eks. affald, når produkterne skal skæres til, ved fejl eller i forbindelse med opstart og slukning af maskinerne. Det meste af dette affald kan smeltes om og genanvendes i virksomhedens

egen produktion til nye produkter. Kun affald af hærdeplast kan ikke umiddelbart genanvendes.

I en lang række erhverv, hvor der bruges plastprodukter (afdækningsfolie i landbruget, krympefolier i detailhandelen osv.), opstår også plastaffald. Meget af dette affald kan også genanvendes - dog kun til produkter, hvor der ikke kræves råmaterialer af højeste kvalitet og ikke til fødevareemballager. Typisk bliver denne regenererede plast anvendt til affaldssække, tæpperør, kompostbeholdere og vejpæle.

Plastfolien bliver efter endt brug (fx som beskyttelse af varer) til affald. Affaldet indsamles af en vognmand. Plastaffaldet er blevet returmateriale.

Returmaterialet ankommer til virksomheden, som skal genanvende materia-

lerne. Det lagres, og der foretages en første grov inddeling efter kvalitet.

Returmaterialet sorteres og alle urenheder (kapsler, metaltråde, papir m.v.) fjernes. Materialerne tilføres regenereringsanlægget.

Returmaterialeterne vaskes, tørres og findeles i det avancerede anlæg. Materialet kan nu fyldes på de særlige ekstrudere, som skal omsmelte det til "nyt" plastgranulat. Hele anlægget er styret af microprocessorer.

Granulatet emballeres og er klar til at blive anvendt som ny råvare i plastindustrien, fx til fremstilling af affaldssække.

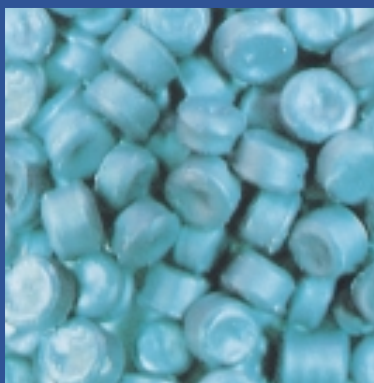
Plasten i øl- og sodavandskasser bliver i Danmark anvendt igen og igen til nye kasser. Kasserne bliver først brugt mange gange, idet den pant, der betales



for kasserne, hjælper til med at indsamlingen bliver meget effektiv. Når kasserne bliver beskadiget, bliver de knust, omsmeltet og sprøjtet støbt til nye kasser. Sodavandsflasker af PET bliver også brugt mange gange, og når de kasseres hakkes de i stykker, omsmeltes og spindes til tråd, som anvendes til fleece-tøj. Der går 25 flasker til en sweater.

EU har vedtaget et emballagedirektiv, der kræver, at mindst 15 % af alt emballageaffald i løbet af nogle år skal materialegenanvendes. Direktivet gælder også for plast. I Danmark indsamles og genvindes for øjeblikket ca. 8 % af det danske plastemballageaffald, idet det især er transportemballage, der indsamles.

Teknisk set kan plast fra husholdningsaffald også genanvendes. Det er imidlertid ofte forurenet af madvarer o.s.v. og består desuden af mange forskellige plastmaterialer, der skal sorteres før affaldet kan regenereres til nye råvarer af god kvalitet. Mange danske plastprodukter er efterhånden mærket med en materialekode, der gør det muligt at sortere. Men manuel sortering af blandet plast fra husholdningerne er naturligvis dyr, og arbejdsmiljøet ved sådant sorteringsarbejde er meget belastet af de rådende madrester, der altid følger med. Derfor er den eneste reelle mu-



lighed, at husholdningerne selv frasorterer de plastprodukter, der har en materialeværdi, og afleverer dem på kommunens genbrugsplads. De senere år er der dog udviklet anlæg, der automatisk kan sortere plastmaterialerne, men det kræver, at plasten på forhånd er adskilt fra det øvrige affald.

Det er et stort problem for genvinding af plast, at prisen på nye plastråvarer er meget lav. Omkostningerne ved at indsamle og regenerere plast er lige så store, som omkostningerne ved fremstilling af ny plast. Derfor har de virksomheder, der regenererer plast, svært ved at få økonomien til at hænge sammen, især hvis de ikke kan starte med godt sorteret affald, der kan give nye gode råvarer. Råvareproducenterne arbejder også med at udvikle metoder til kemisk recycling af plast, og måske vil der kunne skabes bedre økonomi i disse fremgangsmåder, fordi det vil skulle foregå i store anlæg. Ved disse metoder nedbrydes polymererne til små molekyler, der kan bruges til fremstilling af nye kemiske stoffer.

Plast til forbrænding

Affaldsmængden pr. dansker er hvert år 2.000 kg - svarende til 11 millioner tons for hele landet. Størstedelen er

affald fra fabrikker og bygningsaffald. Af den samlede affaldsmængde udgør plast dog kun ca. 5%.

Som alternativ til genanvendelse kan energien i plastprodukter udnyttes via et forbrændingsanlæg, og det er den bedste fremgangsmåde for husholdningsaffald.

For få år siden blev 22% af plastaffaldet i Vesteuropa genanvendt. 7% blev materiale-genanvendt til ny plast, og 15% blev energi-genanvendt i forbrændingsanlæg. Resten blev deponeret på en losseplads.

Tallene ser helt anderledes ud i Danmark takket være vore mange forbrændingsanlæg, der laver fjernvarme og en del af dem også elektricitet. Næsten al husholdningsaffaldet forbrændes, inklusive plastaffaldet. Plastaffaldet er nyttigt, når det brændes. Plast er "lånt" olie eller naturgas og øger temperaturen i forbrændingsovnene. En passende mængde plast giver en mere ren forbrænding af det øvrige affald. Et ton plastaffald har omtrent samme brændværdi som et ton fyringsolie.

De fleste plastmaterialer kan brændes uden andre miljømæssige gener end afbrænding af naturgas. Forbrænding af polyethylen, det mest almindelige plast-

Varmeværdi for forskellige materialer

Polystyren	46000	kJ/kg
Polyethylen	46000	kJ/kg
Polypropylen	44000	kJ/kg
Fyringsolie	44000	kJ/kg
Fedt	37800	kJ/kg
Naturgas	34000	kJ/kg
Stenkul	29000	kJ/kg
Brunkulsbriketter	20000	kJ/kg
Læder	18900	kJ/kg
Polyvinylklorid	18900	kJ/kg
Papir	16800	kJ/kg
Træ	16000	kJ/kg
Husholdningsaffald	8000	kJ/kg

materiale, udvikler kun H_2O (vand) og CO_2 (kuldioxid), stoffer som indgår naturligt i naturens kredsløb.

Når man forbrænder PVC, dannes der imidlertid saltsyre på grund af chlorindholdet, der bidrager til at øge mængden

af røgenreprodukt på forbrændingsanlæggene. Derfor er det en god ide at holde mest muligt af PVC-affaldet borte fra de almindelige forbrændingsanlæg og i stedet genvinde det eller bortskaffe det i specielle anlæg.

10. Job i plastindustrien

Der findes mange forskellige og afvekslende job i plastindustrien. Plastindustrien har sine egne uddannelser: plastmagere, plastteknikere og plastingeniører. Det er tilrettelagt sådan, at man kan starte som plastmager og fortsætte op gennem uddannelsessystemet som plasttekniker og plastingeniør. Fra alment gymnasium eller HTX kan man gå direkte til plastingeniørstudiet.

Fælles for alle uddannelserne er, at de åbner for et arbejde med teknologi og materialer på et område, hvor begge dele er i kraftig udvikling - og dermed for job med indhold og udviklingsmuligheder for den enkelte. Uddannelserne er lige velegnede for drenge som for piger.

Plastmager

Plastmageruddannelsen blev oprettet, fordi virksomhederne har brug for unge med en solid all-round viden om plast. Man lærer om alle måder at lave plastprodukter på, og om hvilke materialer, der egner sig til hvad. Plastmageren kan starte og styre maskinerne i en plastvirksomhed, kan finde og rette fejl og sikre, at kvaliteten er i orden. Man får svendebrev som faglært plastmager, når uddannelsen er gennemført med godt resultat. Uddannelsen varer 4 år.

Unge kan starte som plastmagerelev efter 9. eller 10. klasse. Som regel finder man en praktikplads, tegner en uddannelsesaftale og starter på virksomheden. Men man kan også starte i et grundforløb, der ender på Den jydsk Haandværkerskole i Hadsten, som vil hjælpe med at finde en praktikplads.

Det er også muligt for voksne, der har arbejdet i plastindustrien i nogle år, at gennemføre uddannelsen og aflægge svendeprov. Som voksenlærling skal man være fyldt 25 år og være ansat på en plastvirksomhed. For voksne tager uddannelsen højst 2 1/2 år.

Plasttekniker

Plastteknikeruddannelsen er fra 1995 og foregår på Den jydsk Haandværkerskole. Målet med uddannelsen er at videreudanne plastmagere - eller personer med andre faglærte uddannelser, som har fået et godt kendskab til plastindustrien.

Der undervises i plastteknologi til brug ved design, produktudvikling, materialevalg, konstruktion og procesvalg for plastprodukter, man lærer om virksomhedsdrift og har også fag som EDB, CAD og fremmedsprog. Uddannelsen afsluttes med et projekt, der gennemføres i samarbejde med en plastvirksomhed. Uddannelsen varer 2 år.

Plastingeniør

Uddannelsen foregår på Danmarks Tekniske Universitet, Aalborg Universitet og på flere ingeniørhøjskoler. Man bliver diplomingeniør med speciale i plastteknik. Uddannelsen varer 3 1/2 år.

Undervisningen omfatter udover plastteknologi også fag som planlægning, driftsteknik, EDB, CAD, økonomi, design og miljø og afsluttes med et udviklingsprojekt i samarbejde med en plastvirksomhed. Ønsker man et endnu dybere kendskab til plast (processteknik og polymerkemi), kan man læse videre til civilingeniør. For civilingeniører varer uddannelsen i alt 5 år.

Plastindustrien - en branche i vækst

Danmark har omkring 500 plastvirksomheder, der næsten alle er stiftet i sidste halvdel af 1900-tallet. De fleste er mindre virksomheder, men der er også en række meget store som LEGO System A/S, Coloplast A/S, Maersk Medical A/S, LM Glasfiber A/S, Vestas Wind Systems A/S og Nordisk Wavin A/S.

Plastindustriens omsætning udgør ca. 30 mia. kroner om året. Der er knap 30.000 ansatte beskæftiget med de-

sign, konstruktion, produktion og salg af produkter. Dermed er plastindustrien den femtestørste industribranche i Danmark.

Danske plastvirksomheders eksportandel udgør ca. 70%. Hertil kommer, at flere og flere af virksomhederne åbner fabrikker i udlandet. Produktionen på de udenlandske fabrikker tæller ikke med i eksporten. Plastmaterialer bruges til stadig flere produkter, og "plastindustri" bliver i stadig højere grad en del af andre "industrier". Der er derfor rift om de uddannede plastfagfolk.



UDVALGTE PLASTMATERIALER

ABS

ABS anvendes bl.a. til kabinetter, tekniske artikler, telefoner, beskyttelseshjelme og legetøj.

ABS er en termoplast, ret stærk og slagfast med en pæn blank overflade.

Acrylplast

Acrylplast bruges bl.a. til ovenlysvinduer, beskyttelseskærme, belysningsarmaturer, skilte, briller, urglas, lytglas og busruder. Acrylplast er en termoplast, hård, blank, glasklar og vejrbestandig.

Epoxyplast

Epoxyplast anvendes ofte i kombination med glas- eller kul fibre til meget stærke konstruktioner bl.a. i fly-, skibs- og bilindustrien. Yderligere anvendes materialet til overfladebelægninger og lim.

Epoxyplast er en hærdeplast med høj kemisk modstandsdygtighed og stor varmebestandighed.

Fluorplast

Fluorplast - måske bedst kendt under handelsnavnet teflon eller fluon - bruges bl.a. til belægninger på pander og gryder samt til komponenter og overfladebelægninger i den kemiske industri.

Fluorplast er en termoplast kendetegnet ved en meget lav friktionskoefficient,

modstandsdygtighed mod kemikalier samt evnen til at modstå temperaturer op til 250 grader.

Melaminplast

Melaminplast bruges bl.a. til fade, skåle, tallerkener, kopper, skeer og bordlaminater. Melaminplast er en hærdeplast, et stift og forholdsvis hårdt materiale med en flot overflade.

Ureaplast

Ureaplast bruges bl.a. til husholdningsartikler, dørhåndtag, toiletsæder og installationsmateriel. Ureaplast er en hærdeplast og et stift materiale, der ofte bruges tilsat fyld- og armeringsstoffer.

Polyamid

Polyamid fås i flere typer kendt under handelsnavnet nylon. Polyamid bruges bl.a. til lejer, tandhjul, styreskiver, drivremme, knivskafter, skåle, overfladebelægning på stål samt tekstiler. Polyamid er en termoplast og et stærkt og sejt materiale.

Polycarbonat

Polycarbonat bruges bl.a. til flasker, kabinetter, styrthjelme, legetøj, lytteglas, skudsikre ruder, medicinske artikler og til andre tekniske formål. Polycarbonat er en termoplast med særdeles god slagstyrke. Materialet kan fremstilles glasklart.





Polyester (glasfiberarmeret)

Glasfiberarmeret polyester bruges bl.a. til møllevinger, både, biler, tog, flagstænger, gitterkonstruktioner, styrthjelme, armaturer og containere. Den polyestertype, der bruges til disse produkter, er en hærdeplast. Glasfiberarmingens bevirker, at materialet bliver meget stærkt og modstandsdygtigt.

Polyethylen

Polyethylen forekommer i forskellige varianter fra meget bøjelige til mere stive typer - betegnet som henholdsvis LDPE og HDPE (lav- og høj-densitet, densitet = massefylde).

LDPE er sejere, men mindre stærk end HDPE og bruges bl.a. til folie, bæreposer og belægning på karton (fx er mælkekartoner indvendig belagt med LDPE), baljer, flasker og kabelisolering.

HDPE er meget mere formstabil end LDPE og bruges bl.a. til vand- og afløbsrør, flasker, baljer, spande og legetøj.

En særlig type er LLDPE (Linear Low Density PE). Materialet er en modifikation af normal LD og er bl.a. i besiddelse af en betydelig større rivestyrke. Polyethylen LLD er derfor særdeles velegnet til poser, der skal slutte tæt om produktet, som fx poser til dybfrost-fjerkræ.

Polyethylenterephthalat (PET)

Polyethylenterephthalat bruges bl.a. til flasker til kulsyreholdige drikke, til stegeposer, til bakker til mikrobølgeovne og komponenter inden for den mekaniske finindustri.

PET er en termoplast, en meget bestandig polyesterplast, der både fås amorf (transparent) og delkrystallinsk (ugennemsigtig).

Polypropylen

Polypropylen bruges bl.a. til laboratorieudstyr, hospitals- og husholdningsartikler, emballage og tovværk.

Polypropylens store anvendelse skyldes bl.a. en kombination af styrke, sejhed og evne til at modstå temperaturer op til 120 grader. Materialet kan derfor tåle sterilisation ved kogning.

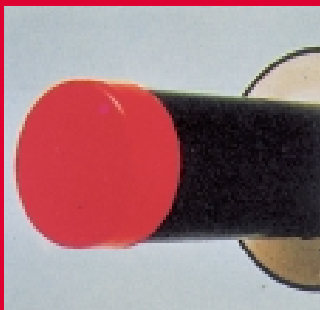
Polystyren

Polystyren er en termoplast, der leveres i flere typer.

Grundtypen er glasklar og bruges bl.a. til emballage og engangsservice. Slagfast polystyren er tilsat gummi, der gør materialet sejt. Slagfast polystyren bruges bl.a. til radio- og TV-kabinetter, bakker, støvsugere, voddugler og kontormaskiner.

Polystyren kan også ekspanderes, d.v.s. opskummes. Ekspanderet polystyren (EPS) er meget let, har gode isolerings-





egenskaber og støddabsorberende evne. Det anvendes til bl.a. isoleringsplader, hulmursfyld og emballage.

Polyurethanplast

Polyurethan bruges hovedsageligt opskummet som celleplast. Man skelner mellem 3 hovedtyper: Blødt skum, hårdt skum og integralskum.

Blødt skum - ofte betegnet skumgummi - anvendes bl.a. til madrasser, møbler og skosåler.

Hårdt skum anvendes til isolering af fx bygningselementer, fjernvarmerør og køleskabe.

Integralskum består af en opskummet kerne og en hård yderskal. Materialet anvendes bl.a. til tekniske artikler, kabinetter, kofangere og skærme.

PVC

PVC fås både som hård PVC og som blød PVC.

Hård PVC bruges bl.a. til rør, vinduesprofiler, tagrender og tagplader.

Blød PVC fås i mange kvaliteter tilsat blødgørere i en mængde, der giver materialet den ønskede blødhed. Blød PVC bruges bl.a. til gulvbelægning, industrislanget, haveslanget, el-ledninger samt til en lang række produkter til sundhedssektoren.

PVC er en termoplast.

Materialeforkortelser

ABS	Acrylnitril-butadien-styren
ASA	Acrylnitril-styren-acrylat
EP	Epoxy
EPS	Ekspanderet polystyren
EVA	Ethylen-vinylacetat
EVAl	Ethylen-vinylalkohol
GUP	Glasfiberarmeret umættet polyester
MF	Melaminplast
PA	Polyamid
PBT	Polybutylenterephthalat
PC	Polycarbonat
PEEK	Polyetheretherketon
PEHD	Polyethylen, høj densitet
PELD	Polyethylen, lav densitet
PEMD	Polyethylen, medium densitet
PEI	Polyetherimid
PET	Polyethylenterephthalat
PF	Phenolplast
PIR	Polyisocyanurat
PMMA	Polymethylmethacrylat
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen
PPO	Polyphenylenoxid
PPS	Polyphenylsulfid
PPSU	Polyphenylsulfon
PS	Polystyren
PSU	Polysulfon
PTFE	Polytetrafluorethylen
PUR	Polyurethan
PVAL	Polyvinylalkohol
PVC	Polyvinylchlorid
PVDC	Polyvinylidenchlorid
PVDF	Polyvinylidenfluorid
SAN	Styren-acrylnitril
UF	Ureaplast
UP	Umættet polyester

