

# Generelt om plast til Termformning.

## Plastplader til Termofomning

Overvejelser ved valg af plastmateriale.

### Krav til materialet

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. Krav til funktionen:         | Mekaniske egenskaber<br>Termiske egenskaber<br>Elektriske egenskaber   |
| • Andre egenskaber:             | Kemikaliebestandighed<br>Vejrbestandighed<br>Lyddæmpning<br>Kontakt med varmt vand<br>Brandegenskaber<br>Slidegenskaber<br>Antistatiske egenskaber |
| 2. Krav til forarbejdning:      | Design og udformning   |
| 3. Krav til finish:             | Mat, blank og/eller narv<br>Forarbejdningsteknik<br>Tykkelsesfordeling<br>Dimensionsstabilitet   |
| 4. Krav til indfarvning:        | ~  |
| 5. Krav til efterforarbejdning: | Svejsning<br>Spåntagende forarbejdning<br>Klæbning<br>Udskumning eller forstærkning  |
| 6. Vægtkrav:                    | ~  |
| 7. Priskrav:                    | ~  |

### **Argumenter for termofomning af plader og folier, frem for sprøjttestøbning af granulat eller pulver.**

- Store emner, som det er vanskeligt eller umuligt at sprøjttestøbe pga. størrelsen.
- Emner med ringe godstykkelse.
- Mindre eller middelstore produktionsserier, hvor investering i sprøjttestøbeværktøjer ikke betaler sig.
- Fremstilling af prototyper samt 0-serier.
- Emner, hvor der tit skal foretages ændringer.
- Hvor der stilles specielle krav til overfladen: F.eks. fortryk, laminering, narv.

## Generelt om plast til Termformning.

Oversigt over kommercielt tilgængelige plasttyper i form af plader og/eller folier.

<u>Velegnet til termoformning</u>		<u>Mindre egnet eller uegnet</u>	
Akryl -----	PMMA	Polyamid -----	PA
Polystyren -----	PS	Polyacetal -----	POM
ABS -----	ABS	Polytetrafluorethylen -----	PTFE
PVC -----	PVC	Polyvinylidenfluorid -----	PVDF
Polyethylen -----	PEHD & PELD	Termoplastisk Polyester -----	PETP & PBTP
Polypropylen -----	PP		
Polyphenylenoxyd, modificeret --	PPO		
Polycarbonat -----	PC		

Af de ovennævnte plastmaterialer findes der et meget stort antal varianter, copolymerisater, blandinger og modificerede udgaver, hvor der i det følgende vil blive omtalt de almindeligste.

Der står således et meget stort antal plasttyper og til rådighed ved materialevalget til en given opgave.

De almindeligste metoder til fremstilling af plader og folier af plast:

1. Ekstrudering
2. Kalandrering
3. Presning
4. Støbning: Blokstøbning samt Støbning i baner
5. Blæsning
6. (Flydepresning)

Variationsmuligheder og leveringsmuligheder for ekstruderede plader:

1. Almindelig ekstrudering
2. Laminering
3. Co-ekstrudering
4. Prægning
5. Tilsætning af fyldstoffer og armeringsmaterialer

# Generelt om plast til Termformning.

## Oversigt over opvarmningsmetoder til plastplader.

1. Lokalopvarmning
2. Kontaktopvarmning      Til tynde folier  
Fordrer lav krympeprocent  
Ensartede formater  
Hurtig opvarmning med god virkningsgrad
3. Ovn-opvarmning          Hovedsageligt til PVC og Akryl med begrænset krympeprocent  
  
Langsom opvarmning, god til tykkere plader
4. Stråle-opvarmning      Hurtig opvarmning med:
  - Keramiske varmelegemer: God virkningsgrad
  - Kvartsvarmelegemer: Gode muligheder for styring af temperaturen hen over pladen.
5. Højfrekvensopvarmning Dyr  
Byder endnu på tekniske problemer

Ved termoformning af plader er der følgende forhold at vurdere:

1. Krympning og håndterbarhed  
Ovn-opvarmning, maks. ca. 5 %  
Vakuumformning, fra ca. 3 % til ca. 20 %
2. Form svind:  
Angives i ‰ og beregnes af formlen:  $(T_{\text{afform}} - T_{\text{rum}}) \times \text{udv. koeff. i mm/m}^\circ\text{C}$
3. Afformningstemperatur  
Materialeafhængig
4. Cyklus tider  
Materialeafhængig  
Farveafhængig  
Metodeafhængig
5. Formningsgrad  
Materialeafhængig  
Metodeafhængig

# Generelt om plast til Termformning.

## **Materialegruppe: Polystyren**

Almindelig anvendt betegnelse: Polystyren

Kemisk betegnelse: PS

Egenskaber: Polystyren udgør en gruppe plast med et meget stort antal typer, hvor egenskaberne varierer fra hårde og stive kvaliteter til kvaliteter med mindre stivhed og til gengæld højere slagstyrke. Ligeledes indeholder gruppen kvaliteter med varierende varmefasthed. For de almindeligste anvendte typer er der tale om en god kombination af styrke, stivhed og slagstyrke:

Trækstyrke: 20-30 N/mm<sup>2</sup>

Stivhed: 2000 N/mm<sup>2</sup>

Kærvislagstyrke: 7-9 kJ/m<sup>2</sup>, v. -40 °C 5-6 kJ/m<sup>2</sup>

Maks. brugstemp.: 70°C

Vægtfylde: 1,05 g/cm<sup>3</sup>

Det er indholdet af Butadien (gummi) og strukturen i materialet, der bestemmer egenskaberne.

Særlige egenskaber: Polystyren kendetegnes først og fremmest af en god forarbejdelighed i næsten alle henseender. Når dertil lægges en forholdsvis lav pris, har man årsagen til, at polystyren er en af de allermest anvendte plasttyper.

Af ulemper må anføres: En begrænset ældningsbestandighed  
En ringe vejrbestandighed  
Udpræget tilbøjelighed til opladning med statisk elektricitet.

Fremstillingsmetoder: Næsten udelukkende ekstrudering.

Leveringsmuligheder: Polystyren kan leveres i et meget bredt program af kvaliteter, farver, tykkelser og dimensioner. Plader fremtræder med mat finish, men kan leveres blanke ved co-ekstrudering eller laminering. En lang række narv-typer kan udføres.

Formbarhed: Polystyren er måske den plasttype, der har de bedste varmformnings-egenskaber. Dette gælder både cyklustider, trækforhold, godsfordeling og dimensionsstabilitet på det færdige emne.

Formsvind: Ca. 0,5 %

Forarbejdningstemp.: 130 °C - 150 °C, afhængigt af radier m.m.

## Generelt om plast til Termformning.

Ideel værktøjstemp.:	Ca. 70 °C. Ved fremstilling af bl.a. emballager på trykluftautomater køres med andre værktøjstemperaturer.
Trækforhold:	Ved positiv formning, ca. 2:1 eller mere.
Opvarmning:	Ved dobbelt opvarmning og intensiv-varme ligger opvarmningen på ca.: 10 sec. pr. mm. Afhænger af farve og tykkelse.
Krav til forbehandl. af plader:	Ingen specielle udover evt. renblæsning eller rengøring.
Efterforarbejdning af emner:	Polystyren er normalt ukompliceret at forarbejde efter formningen, hvad enten det gælder spåntagende forarbejdning eller klæbning, lakering og trykning. Derimod kan materialet ikke forstærkes med PUR-skumning.

### Varianter:

1. Standard PS, transparente plader og folier. Anvendes kun i specielle tilfælde til termoformning.
2. Typer med forbedret kemikaliebestandighed overfor Freon og fedtholdige stoffer.
3. Superslagfaste typer med glimrende udendørs bestandighed.
4. Transparente typer med god slagstyrke.
5. En række typer med kombinationen stor stivhed, høj slagstyrke og god varmekfasthed. Disse typer har desuden en forbedret overfladeglans.

## Generelt om plast til Termformning.

### **Materialegruppe: Akrylonitril - Butadien - Styren**

Almindelig anvendt betegnelse: ABS

Kemisk betegnelse: ABS

Egenskaber: Egenskaberne for ABS kan varieres indenfor meget vide rammer. Dels kan forholdet mellem de tre komponenter i denne plast varieres, og dels kan plasten polymeriseres efter forskellige metoder. ABS plast har derfor et meget bredt anvendelsesområde, idet egenskaberne så at sige kan designes til bestemte anvendelser. Specielt for ABS gruppen har mulighederne for co-ekstrudering med andre plasttyper, blanding eller legering med andre plasttyper samt laminering gjort anvendelsesmulighederne endnu større.

Egenskaberne for de almindeligst anvendte typer ABS er følgende:

Trækstyrke: 30-50 N/mm<sup>2</sup>

Stivhed: 1600-2500 N/mm<sup>2</sup>

Kærslagstyrke: 10-18 kJ/m<sup>2</sup>

Maks. brugstemp.: 85 °C

Vægtfylde: 1,05 g/cm<sup>3</sup>

Særlige egenskaber: ABS kendetegnes af generelt gode egenskaber samt en forarbejdelighed, der næsten er på højde med Polystyren. Ældningsbestandigheden for ABS er glimrende, og kemikaliebestandigheden er bedre end for PS. Vejrfastheden er for enkelte typer tilstrækkelig til mange formål, selvom en decideret vejrfasthed kræver, at ABS plader beskyttes ved co-ekstrudering, laminering eller sprøjtrelakering. Tendensen til opladning med statisk elektricitet er for ABS plast mindre end for de fleste andre plasttyper.

Fremstillingsmetoder: Næsten udelukkende ekstrudering.

Leveringsmuligheder: ABS kan ligesom PS leveres i et meget bredt program med hensyn til kvaliteter, farver, tykkelser og dimensioner. De fleste ABS typer fremtræder med blank finish, men matte typer kan også leveres. ABS plader kan ligeledes leveres med forskellige narvprægninger, ligesom co-ekstruderede, laminerede og blandingstyper kan fremstilles.

Formbarhed: Formbarheden for ABS plader er glimrende, og for de mest anvendte typer næsten på højde med PS.

Formsvind: Ca. 0,7 %

Forarbejdningstemp.: 140 °C - 160 °C, afhængigt af radier m.m.

## Generelt om plast til Termformning.

- Ideal værktøjstemp.: 80 °C-90 °C. Ved fremstilling af bl.a. emballager på trykluftautomater køres med andre værktøjstemperaturer.
- Opvarmning: Ved dobbelt opvarmning og intensiv-varme ligger opvarmningen på ca.: 12-15 sec./mm. Afhænger af farve og tykkelse.
- Krav til forbehandl. af plader: Udover evt. renblæsning af plader, skal disse efter nogen lagringstid for-  
ørres inden formning.  
Tørretemperatur: 75 °C - 85 °C  
Ca. tørretider: 1 mm - 1 time  
2 mm - 2 timer  
4 mm - 10 timer
- Efterforarbejdning af emner: ABS emner er normalt ligeså ukomplicerede som PS-emner at efterforarbejde. Derudover kan emner af ABS udskummes med PUR-skum.
- Varianter:
- 1) Udover de allerede nævnte typer med mat finish kan specielt varmefaste typer med en brugstemperatur på op til 95 °C leveres.
  - 2) Blandinger mellem ABS og Polycarbonat i forskellige blandingsforhold giver plader med egenskaber, der ligger imellem disse to plasttyper. Især er det varmefastheden og slagstyrken, der forbedres ved tilsætningen af Polycarbonat.
  - 3) Ved co-ekstrudering og laminering er det især vejrfastheden, der der-ved ønskes forbedret.
  - 4) Transparente typer samt ASA og SAN hører til gruppen af Styren-polymerisater.

## Generelt om plast til Termformning.

### **Materialegruppe: Polymethylmethakrylat**

Almindelig anvendt betegnelse: Akryl

Kemisk betegnelse: PMMA

Egenskaber: Akryl er en plastgruppe med gode mekaniske egenskaber. Akryl er således kendetegnet ved stor styrke, stivhed og hårdhed, hvorimod slagstyrken må betegnes som begrænset.

Egenskaberne ser ud, som følger:

Trækstyrke: 65 - 70 N/mm<sup>2</sup>

Stivhed: 3000-3300 N/mm<sup>2</sup>

Kærvs slagstyrke: 2 kJ/m<sup>2</sup>

Max. brugstemp.: 80 °C

Vægtfylde: 1,18 g/cm<sup>3</sup>

Særlige egenskaber: Akryl kendetegnes af en række specielle egenskaber, som har betydet et ganske bredt anvendelsesområde for denne plasttype. Først skal nævnes en glimrende vejrfasthed, der vel næppe overgås af andre plastmaterialer. Dernæst skal nævnes de optiske egenskaber, som på en række punkter er helt exceptionelle. Og endelig kan nævnes den finish, hvormed Akryl kan forarbejdes. Her tænkes der specielt på polerbarheden og klæbebarheden. Af ulemper ved Akryl må den begrænsede slagstyrke nævnes, ligesom en begrænset kemikaliebestandighed, og her især bestandigheden overfor spændinger og korrosion.

Fremstillingsmetoder: Støbning  
Støbning i baner  
Ekstrudering

Forskellen mellem den støbte plade og den ekstruderede plade, ligger i en bedre varmefasthed, en lidt bedre robusthed, samt i en bedre optisk finish for den støbte kvalitet. Derudover har den støbte plade en bedre kemikaliebestandighed og især en langt bedre bestandighed mod spændingskorrosion.

Leveringsmuligheder: I den støbte kvalitet er leveringsmulighederne med hensyn til farver, dimensioner, tykkelser og overflader næsten ubegrænsede. For den ekstruderede kvalitet er farvemuligheder, formater og overflader mængdeafhængige, og tykkelserne er i praksis begrænset til maks. 8 mm.



## Generelt om plast til Termformning.

Formbarhed:	<p>Støbt Akryl udviser en begrænset formbarhed ved vakuumformning, hvor imod der i stor udstrækning formes ved presning og fri blæsning, eller en kombination heraf. Specielle typer vakuumformes dog i stor udstrækning, hovedsageligt indenfor sanitetsområdet.</p> <p>Ekstruderet akryl har derimod gode vakuumformningsegenskaber. Stilles der krav til den optiske finish samt til et spændingsfrit og dimensionsstabilit emne, er det imidlertid nødvendigt at være opmærksom på korrekt værktøjsfinish, værktøjstemperatur samt spændrammetemperatur.</p> <p>I det følgende refereres til ekstruderet akryl, idet støbt akryl kun forlanger små korrektioner.</p>
Formsvind:	0,5 - 0,6 %
Forarbejdningstemp.:	140 °C - 170 °C
Ideel værktøjstemp.:	80 °C - 90 °C
Opvarmning:	Ved dobbelt opvarmning og intensiv-varme ligger opvarmningen på ca.: 15-18 sec./mm afhænger af farve og tykkelse.
Krav til forbehandling af plader:	Bortset fra evt. renblæsning. Normalt ikke nødvendigt at fortørre.
Efterforarbejdning af emner:	Alt efter kravet til finish, skal der især tages hensyn til den begrænsede slagstyrke. Ved trykning, lakering og klæbning skal der tages højde for et tilladeligt maks. spændingsniveau.
Varianter:	<p>1) For den støbte plade findes en lang række varianter med egenskaber, der tilgodeser det pågældende anvendelsesområde.</p> <p>2) Ekstruderet, slagfast kvalitet med en kærvtlagstyrke på: 6 - 7 kJ/m<sup>2</sup></p> <p>Denne kan det være nødvendigt at fortørre: Temp.: 70 - 75 °C. Aldrig over 80 °C Tid: 2 timer/mm tykkelse</p>

## Generelt om plast til Termformning.

**Materialegruppe:** Polyvinylchlorid

Almindelig anvendt betegnelse: PVC

Kemisk betegnelse: PVC

Egenskaber: PVC findes i en lang række kvaliteter i form af plader og folier. Generelt udviser PVC en god kombination af styrke, stivhed og hårdhed. Slagstyrken varierer en del alt efter typen af PVC, og leveringsmulighederne med hensyn til forskellige egenskaber er derfor brede.

Generelt ser egenskaberne ud, som følger:

Trækstyrke: 45 - 65 N/mm<sup>2</sup>

Stivhed: 2500 - 3000 N/mm<sup>2</sup>

Kærslagstyrke: 2 - 12 kJ/m<sup>2</sup>

Max. brugstemp.: 60 °C

Vægtfylde: 1,35-1,40 g/cm<sup>3</sup>

Særlige egenskaber: Generelt kendetegnes PVC af en glimrende kemikaliebestandighed. Dernæst skal en god forarbejdelighed fremhæves, hvortil svejsning og klæbning hører med. PVC er et særdeles dimensionsstabilt materiale, og for visse typer skal en glimrende vejrfasthed tilføjes. Overfor antændelse, karakteriseres PVC som et selvslukkende materiale.

Af ulemper skal nævnes en begrænset varmfesthed, kuldeskørhed for visse typer, samt en begrænset vakuumformbarhed for visse typer.

Fremstillingsmetoder: Presning

Kalandrering

Ekstrudering

Pressede PVC plader formes næsten udelukkende ved varmpresning og blæsning. Der findes dog undtagelser i form af PVC typer (copolymerisater), som har en glimrende formningsevne ved vakuumformning. De almindelige ekstruderede PVC kvaliteter udviser bedre vakuumformningsegenskaber, men formningsevnen er stadigvæk begrænset. Derimod udviser de modificerede typer en glimrende formbarhed. Dette er typer med en højere slagstyrke og i mange tilfælde også med en udmærket udendørs bestandighed.

Ved kalandrering fremstilles folier, som i vid udstrækning anvendes til vakuumformning af emballager.

Leveringsmuligheder: Leveringsmulighederne for PVC plader og folier er som ovenfor antydnet meget brede. PVC kan således leveres i både klare og farvede folier og plader, hvor til kommer et bredt program i bløde og halvharde folier og plader.

## Generelt om plast til Termformning.

I det følgende refereres til ekstruderede plader med høj slagstyrke, som udviser en god formbarhed, samt klar PVC.

Formsvind:	0,4 - 0,5 %
Forarbejdningstemp.:	120°C – 140 °C eller over 160 °C
Ideel værktøjstemp.:	Ca. 50 °C. Ved fremstilling af bl.a. emballager på trykluftautomater køres med andre værktøjstemperaturer.
Opvarmning:	Ved dobbeltopvarmning og intensiv-varme ligger opvarmningen på ca.: 15-20 sec./mm. Afhænger af farve og tykkelse
Krav til forbehandl. af plader:	Udover renblæsning ingen specielle krav.
Efterforarbejdning af emner:	Emner af PVC kan efterforarbejdes efter de fleste forarbejdningsmetoder for plast. Desuden kan de udskummes med PUR-skum, eller forstærkes med glasfiberarmeret Polyester.
Varianter:	1) Blanding af PVC og Akryl, som især skal fremhæves for en meget høj slagstyrke.

## Generelt om plast til Termformning.

### **Materialegruppe: Polyolefiner**

Almindelig anvendt betegnelse: Polyethylen, Polypropylen

Kemisk betegnelse: PEHD, PELD og PP

Egenskaber: Polyethylenene og Polypropylenene udviser en række fælles egenskaber, som gør det berettiget at betragte dem under et. Polypropylen udviser bedre mekaniske egenskaber i retning af styrke, stivhed og hårdhed end Polyethylen. Det drejer sig dog om blødere og sejere plast end de øvrige plasttyper i denne gennemgang af materialer. Det, der kendetegner Polyolefinerne, er således en god slagstyrke og en god varmefasthed. Egenskaberne ser ud som følger, idet PELD lades ude af betragtning, da dens betydning i forbindelse med vakuumformning er ringe:

#### PEHD:

Trækstyrke: 20 - 30 N/mm<sup>2</sup>

Stivhed: 800 - 1100 N/mm<sup>2</sup>

Kærslagstyrke: 12 - 18 kJ/m<sup>2</sup>

Maks. brugstemp.: 80 °C

kortvarigt: 100 °C

Vægtfylde: 0,95 g/cm<sup>3</sup>

#### PP:

Trækstyrke: 30 - 35 N/mm<sup>2</sup>

Stivhed: 1100 - 1400 N/mm<sup>2</sup>

Kærslagstyrke: 9 - 11 kJ/m<sup>2</sup>

Maks. brugstemp.: 100 °C

kortvarigt: 120 °C

Vægtfylde: 0,92 g/cm<sup>3</sup>

#### Særlige egenskaber:

PE og PP kendetegnes af en god kemikaliebestandighed også overfor en række opløsningsmidler. De er særdeles svære at klæbe, da de afviser de fleste stoffer. Dette gør dem imidlertid også særdeles rengøringsvenlige. Slideegenskaberne for Polyolefinerne er gode, og dette sammen med den store robusthed gør disse plasttyper velegnede indenfor f.eks. levnedsmiddelindustrien. Sammenføjning af dele eller komponenter kan udføres ved hjælp af svejsning, idet disse plasttyper er svejsbare efter næsten alle svejsemetoder.

## Generelt om plast til Termformning.

Af ulemper må anføres:	Af ulemper skal en udpræget kuldeskørhed for PP's vedkommende fremhæves. Ligeledes er vejrbestandigheden begrænset, hvis ikke de specielt UV-stabiliserede typer anvendes. Dimensionsstabiliteten af formede emner er stærkt afhængig af de rette temperaturer på forme og værktøjer, ligesom formningstemperaturen ligger indenfor et forholdsvis smalt temperaturområde.
Fremstillingsmetoder:	Presning Blæsning Ekstrudering Til fremstilling af- vakuumformede emner anvendes ekstruderede plader.
Leveringsmuligheder:	Mængdeafhængigt kan både PE og PP leveres i en lang række farver og i UV-stabiliserede kvaliteter.
Formbarhed:	Polyolefinerne er delkrystallinske plastmaterialer, og denne struktur spiller en rolle i forbindelse med varmformning af disse plasttyper. Det temperaturområde, i hvilket de kan formes, er relativt smalt, hvorfor de kræver en meget nøjagtig og ensartet opvarmning. De formes jo ved en temperatur, der er højere end deres smeltepunkt. PE og PP har et stort formsvind og ved ugunstige værktøjs- og spændrammetemperaturer en stærk tendens til kastninger i emnet. En medvirkende årsag hertil er en relativt stor termisk udvidelseskoefficient og en ringere stivhed hos disse materialer. En anden karakteristisk tendens hos Polyolefinerne er deres tilbøjelighed til at "pakke" mod formen, hvilket giver sig udslag i en urolig overflade på emnet, samt en ringe finish på den side, der vender ind mod værktøjet. Denne tendens kan dog modvirkes ved at forsyne formen med et rigeligt antal vakuumhuller.
Formsvind:	PE: ca. 2,5 % generelt. Der kan være en forskel i ekstruderretning og tværretning på 0,5 - 0,8 %. PP: ca. 1,5 %
Forarbejdningstemp.:	PE: 160 °C - 170 °C PP: 180 °C - 190 °C
Ideel værktøjstemp.:	PE: ca. 80 °C PP: ca. 90 °C
Opvarmning:	Ved dobbeltopvarmning og intensiv-varme ligger opvarmningen på ca.: PE: ca. 30 sec./mm. PP: ca. 20 sec./mm.

## Generelt om plast til Termformning.

Afhænger af farve og tykkelse.

Krav til forbehandl. af plader: Ingen specielle udover evt. renblæsning.

Efterforarbejdning af emner: Begrænset med hensyn til klæbning, lakering, trykning.

Varianter: Da Polyolefinerne har en række gode egenskaber, finder de i stigende omfang anvendelse indenfor vakuumbremningen. Der er efterhånden også kommet et stort antal modificerede typer til, typer som i flere tilfælde afhjælper på de nævnte uheldige sider ved valmformning. Det er specielt PP-baserede typer, der er udviklet:

- Typer med forskellige former for glasfiberarmering.
- Typer med talkum, kridt og træmel.
- Typer med armering af glaskugler.

Fælles for disse modificerede typer er en forbedring af de mekaniske egenskaber, en højere varmekfasthed og en lavere slagstyrke. Derudover en lavere termisk udvidelseskoefficient, en større dimensionsstabilitet og en mindre tendens til kastninger i emnet efter formning. Disse egenskaber varierer alt efter typen og mængden af fyldstoffet.

Af de modificerede typer udgør PP med EPDM-gummi en gruppe med helt specielle egenskaber. Alt efter typen og indholdet af EPDM varierer egenskaberne fra det elastomer-agtige til de stivere typer, som stadig udviser en meget høj slagstyrke.

## Generelt om plast til Termformning.

### **Materialegruppe: Polycarbonat**

Almindelig anvendt betegnelse: Polycarbonat

Kemisk betegnelse: PC

Egenskaber: Polycarbonat er et materiale af forholdsvis nyere dato. Det er kendetegnet af meget fine mekaniske egenskaber, som styrke, stivhed og hårdhed. Den mest iøjnefaldende egenskab er imidlertid den utroligt høje slagstyrke, som næppe overgås af noget andet glasklart materiale. Endvidere skal en høj varmekfasthed fremhæves.  
Egenskaberne er, som følger:

Trækstyrke: Større end  $60\text{N/mm}^2$

Stivhed:  $2500\text{ N/mm}^2$

Kærslagstyrke: Større end  $40\text{ kJ/m}^2$

Max. brugstemp.:  $125\text{ }^\circ\text{C}$

Vægtfylde:  $1,20\text{ g/cm}^3$

Særlige egenskaber: Udover den høje slagstyrke og varmekfasthed har Polycarbonat en glimrende vejrfasthed og kan derfor anvendes til udendørs brug. Emner af Polycarbonat er meget dimensionsstabile, både på grund af den høje varmekfasthed og en lav termisk udvidelse.

Af ulemper må anføres: Af ulemper skal udover en forholdsvis høj pris, en begrænset kemikaliebestandighed, og især en begrænset bestandighed overfor spændingskorrosion, nævnes.

Fremstillingsmetoder: Næsten udelukkende ekstrudering.  
Dog fremstilles folier også ved støbning, og plader ved presning.

Leveringsmuligheder: Polycarbonat fremstilles i såvel folier som i plader. For pladernes vedkommende leveres disse både i glasklare, transparent og i farvede udgaver. Desuden i flere forskellige narvtyper, dimensioner og tykkelser. Folierne leveres klare og transparente i flere forskellige overfladenarv.

Formbarhed: Formbarheden for Polycarbonat er glimrende. Et særkende er en meget hurtig afkøling, ca. 10 gange så hurtig som Akryl. Derfor skal der afformes efter meget kort tid, for at forhindre klemning på formen ved positiv formning.

Slipvinkler v. positiv formning  $5 - 7^\circ$

Slipvinkler v. negativ formning  $2 - 3^\circ$

Vakuumbuller:  $0,5 - 0,15\text{ mm}$

## Generelt om plast til Termforming.

Formsvind:	Ca. 0,8 %
Forarbejdningstemp.:	175 °C - 200 °C med 185 °C som det bedste.
Ideal værktøjstemp.:	Ved Alu-forme og krav til optisk perfekte emner: ca. 140 °C. Ellers forme af andet materiale som Polyester eller metalfyldt Epoxy med ikke for blank overfladefinish.
Opvarmning:	Ved dobbelt opvarmning og intensiv varme ligger opvarmningen på ca.: 15 - 20 sec./mm. Afhænger dog af farve og tykkelse.
Krav til forbehandl. af plader:	Polycarbonat skal ved tykkelser over 2 mm altid fortørres: Temp.: 125 °C ± 3 °C Tid: ved 0,75 mm - ½ time ved 6 mm - 24 timer
Efterforarbejdning af emner:	Emner af Polycarbonat kan efterforarbejdes efter næsten alle de kendte metoder. Ved klæbning, lakering og trykning skal det dog påses, at kun godkendte materialer anvendes. Ved montering bør skrueforbindelser, med mindre de er specielt udformede, undgås. Polycarbonat kan under visse omstændigheder udskummes med PUR-skum.
Varianter:	1) Typer med specielle brandhæmmende egenskaber 2) Blanding af Polycarbonat og PBT (Xenoy).