

2 Generelt

De enkelte plastmaterialene

Plast:

Vanlig brukt som et samlebegrep for polymere materialer. Polymere materialer kan være naturlig forekommende (cellulose, naturgummi, etc.) eller laget syntetisk ved å binde sammen mange små enheter (molekyler) til lange kjeder.

Poly=mange

Mer=del



De viktigste polymermaterialene, som brukes til rør er polyvinylklorid (PVC), polyetylen (PE), polypropylen (PP) og glassfiberarmert polyester (GRP). De tre første tilhører gruppen termoplaster, mens det siste materialet er en herdeplast.

Termoplastene PVC, PP og PE

Termoplast:

En plasttype som blir myk ved oppvarming og dermed kan varmes formes flere ganger.

Herdeplast:

En type plast som ikke mykner ved oppvarming. Kan ikke varmes formes flere ganger.

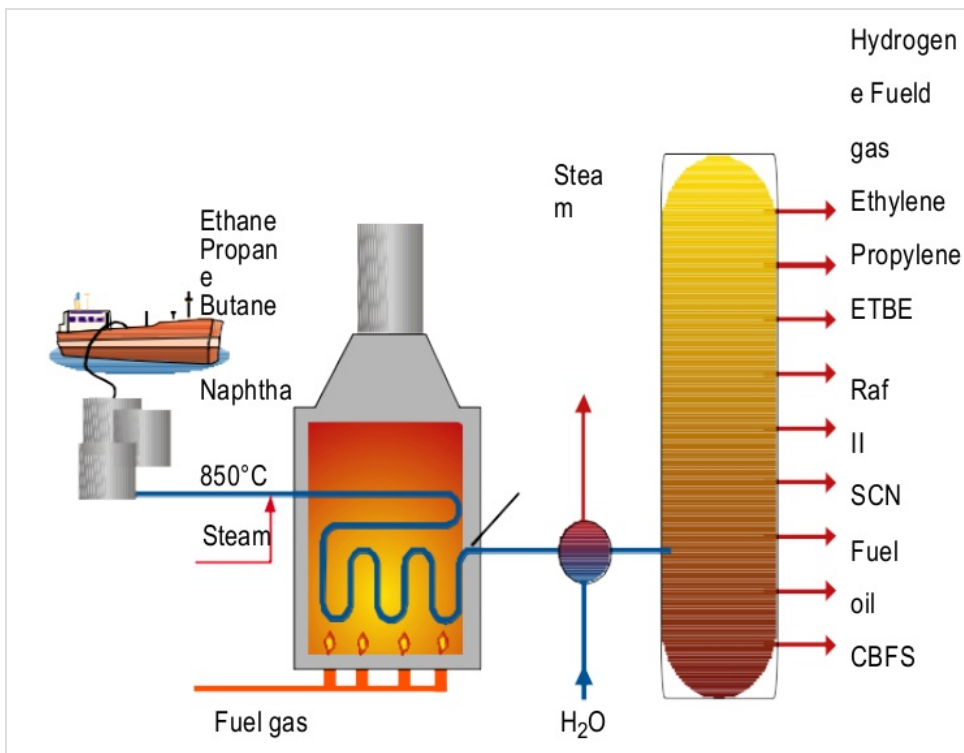


Polyvinylklorid (PVC)

PVC var det første plastmaterialet som ble brukt til å produsere rør. Allerede på midten av 1930-tallet ble de første rørene produsert i Tyskland. Utgangspunktet var en spesiell type E-PVC. Rørene ble produsert ved hjelp av en "ram-ekstruder". I prinsipp anvendes et stempel til å presse den smeltede polymeren gjennom en dyse for å lage røret. Noen av disse rørene er fremdeles i bruk i Tyskland.

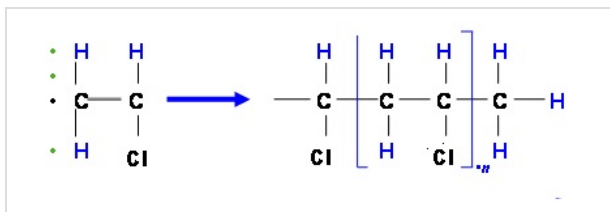
PVC består av ca. 57 % klor og ca. 43 % organisk materiale. Klor kommer fra vanlig koksalt (NaCl). Dette løses i vann, og ved å lede strøm gjennom denne saltløsningen dannes klor (elektrolyse). Et biprodukt er lut (NaOH).





Figur 2.1

Den organiske del av molekylet kommer fra olje eller gass. Først blir oljen eller gassen kjørt gjennom en "ovn" (cracker) hvor molekylene deles opp og danner etylen ($H_2C=CH_2$) og propylen sammen med en rekke andre produkter i mindre mengder. Klor og etylen ledes så sammen for å lage vinylklorid monomer, som er råstoffet i PVC-produksjonen. For å få PVC må mange enheter vinylkloridmonomer kobles sammen.



Figur 2.2

Denne prosessen kalles polymerisasjon og foregår i store autoklaver (trykketanker), der vinylklorid- monomer blandes sammen med vann og nødvendige hjelpestoffer, og varmes opp til $50-70^\circ C$. På denne måten kobles mange enheter vinylkloridmonomer sammen (for PVC til rør: ca. 1000 enheter), og resultatet er PVC i form av partikler i vannfase. Dette tørkes så til et hvitt pulver med ca. 150 mikrometer partikkelstørrelse. For å kunne lage rør må en sette til forskjellige tilsatsstoffer som har som oppgave å optimalisere ekstruderingsprosessen, og gi rørene de rette egenskapene. Typiske tilsatsstoffer er varmestabilisator, fyllstoff, smøremiddel og fargestoff. PVC er en såkalt termoplast med lav krystallinitetsgrad (10-15 %), den er transparent og stiv med en E-modul på ca. $3000 N/mm^2$. Den har dessuten et mykningspunkt på rundt $80 C$.

PVC-materialet til rør har i dag betegnelsen PVC-U (Polyvinylklorid – unplasticized). Med dette menes såkalt "hard PVC", som ikke er tilsatt mykner .

Polyetylen (PE)

Polyetylen er i dag en fellesbetegnelse på mange forskjellige produkter med vidt forskjellige egenskaper. Utgangspunktet var polyetylen med lav densitet (LDPE), som for første gang ble produsert kommersielt like før andre verdenskrig. De første rørene av LDPE ble produsert midt på 1950-tallet. Mot slutten av dette tidsrommet ble den første store modifiseringen av dette plastmaterialet mulig, ved at en oppdaget en helt annen måte å produsere PE på. Ved å bruke de såkalte Ziegler/Natta-katalysatorene, kunne PE produseres med helt andre egenskaper. Dette er såkalt høy densitets polyetylen (HDPE). Den er mye stivere enn LDPE og har gode sveisbare egenskaper. De første rørene av polyetylen for bruk i vannforsyningen ble produsert på slutten av 1950-tallet. Siden den tid har utviklingen fortsatt med stadig introduksjon av nye og forbedrede typer for produksjon av rør. Dette har skjedd ved videreutvikling av polymerisasjonsteknologien og tilsatsstoffene. I tillegg til bedre katalysatorer, brukes ofte også mindre mengder av

andre monomer (f.eks. heksen og okten) for å optimalisere egenskapene til produktet.

Polyetylen er produsert utelukkende av organisk materiale. Utgangspunktet er olje eller gass. Første trinnet er det samme som beskrevet for PVC, nemlig "cracking" av olje eller gass til etylen, propylen og diverse biprodukter. Etylen er råvaren i PE-produksjonen.

Denne reaksjonen kan foregå i gassfase eller i "slurry". Dette er kontinuerlige prosesser hvor etylen kjøres inn i den ene enden av prosessen og polyetylen kommer ut i den andre enden. Under denne prosessen tilsettes stabilisatorer som for eksempel antioksidanter og eventuelle andre nødvendige stoffer. Som en avslutning på produksjonsprosessen er det en stor ekstruder som lager de granulaten som vi kjenner som polyetylen.

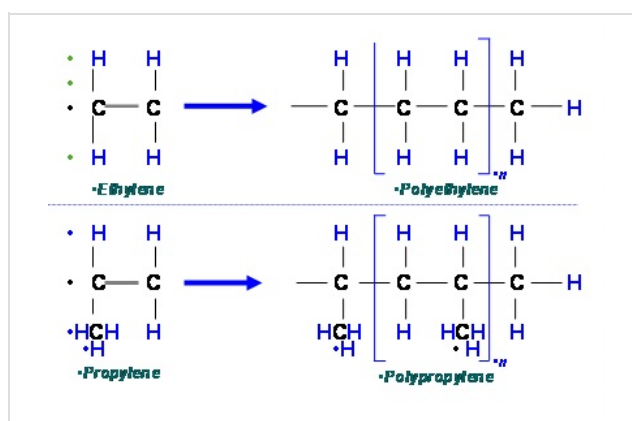
Polyetylen brukt til rør er også en termoplast, men i motsetning til PVC har den mye høyere grad av krystallinitet - opp til 70% for en HDPE. Det betyr at den er opak (lyset blir spredt av krystallene) og den vil derfor ha et melkehvitt utseende. Den har derfor også et forholdsvis godt definert smeltepunkt, i overkant av

130 C. E-modulen er på ca. 700-1250 N/mm². Polyetylen er motstandsdyktig mot de fleste organiske løsningsmidlene ved normale temperaturer.

I dag benyttes to betegnelser for polyetylenrør:

PE80 er PE-materiale med bruddspenning på minimum 8 MPa. PE100 er PE-materiale med bruddspenning på minimum 10 MPa.

PE100 RC er en videreutvikling av PE100 materialet og er ekstra motstandsdyktig mot langsom sprekkvekst (slow crack growth).



Figur 2.3

Polypropylen (PP)

Polypropylen ble først produsert midt på 1950-tallet, og kommersiell produksjon kom i gang bare noen år senere. Det er de samme hovedtypene katalysatorer som brukes i både PP- og PE-produksjon, men forskjellene er likevel betydelige. Produksjonen kan foregå i "slurry", løsning eller gassfase. Råstoffet kommer fra samme kilde som for PE, nemlig "cracked" olje eller gass. Propylen, som er et av hovedproduktene fra "crackingen", er råvaren i PP-produksjonen

Polypropylen finnes i mange forskjellige varianter både med hensyn til molekylvekt (kjedelengde) og molekylstruktur. Den finnes som homopolymer (bare propylen som råvare) eller kopolymer (der en også bruker andre råvarer enn propylen, f. eks. etylen). Disse mange variantene gjør at PP har mange anvendelsesområder, og den er i dag en av de mest utbredte polymerene. En "ren" PP homopolymer er en krystallinsk termoplast med et smeltepunkt på ca. 160 C. Det fins 2 typer copolymer, PP-b av såkalt blokk type samt PP-r med såkalt random fordeling av CH₃ gruppene. Trykkløse rør produseres av PP kopolymer med E modul 1300 N/mm²

PPHM (Polypropylen high modulus) har en E-modul på 1700 – 2000 N/mm².

Også PP er motstandsdyktig mot de fleste løsningsmidler ved normale temperaturer.

Herdeplasten GRP

GRP-(Glassfibre reinforced plastic (or polyester)) materialet ble utviklet rett før



Rørekstrudering av PVC, PE og PP

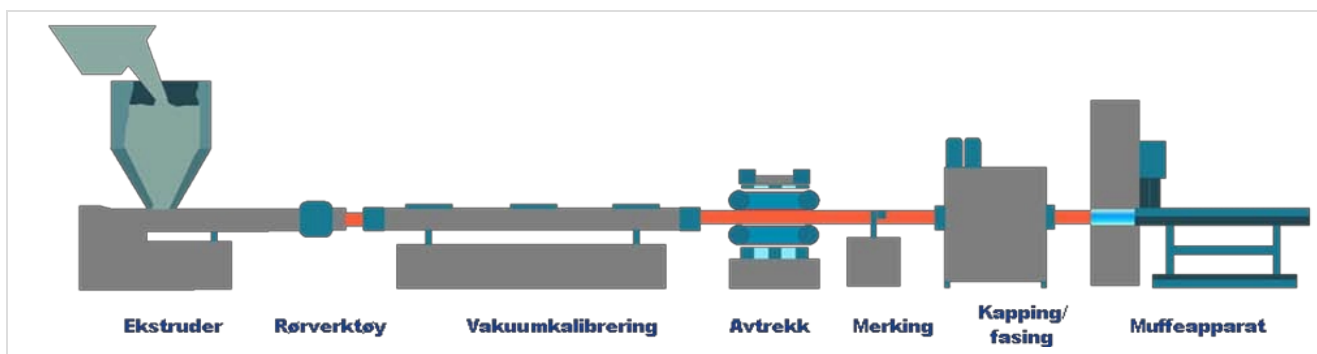
NB! Forklaring som gis i dette kapitlet, gjelder tradisjonelle, såkalte glatte rør, det vil si rør med glatt utvendig overflate. Rør for trykkløse rørsystemer kan også produseres med konstruert rørvegg, for eksempel dobbeltveggede rør. Produksjonen foregår i prinsippet omtrent som for "glatte rør".

Rør av PVC (polyvinylklorid) fremstilles i dobbelskrueekstrudere. Råstoffet er en dryblend (pulverblanding) hvor alle nødvendige tilsatsstoffer som stabilisator, smøremiddel og fyllstoff er tilsatt i en blande-prosess hos rørr produsenten.

Ekstrudering foregår med en massetemperatur på ca 195 C. Materialet er ved denne temperaturen en viskøs masse som lett lar seg forme i ekstruderdysen til et sirkulært produkt. Etter at dysen er passert, går materialet inn i kalibreringsenheten, hvor utvendig dimensjon bestemmes og nedkjøling foregår. Neste trinn i denne kontinuerlige prosessen er kutting av riktig rørlengde. Deretter går røret til muffestasjonen. Den ene enden av rørlengden føres inn i en ovn som lokalt varmer opp materialet til det er formbart igjen. Etter at tilstrekkelig temperatur er nådd, føres den varme rørenden over en formgivende dor, låses og nedkjøles. I denne operasjonen vil dessuten et tetningselement bli plassert i muffen. Etter at dette trinnet i prosessen er ferdig, kan rørene buntet og legges til lager.

Rør av PE (polyetylen) og PP (polypropylen) fremstilles i enkeltskrueekstrudere. Råstoffet, i form av granulat, er hos råstoffprodusenten tilsatt de nødvendige additiver for den videre prosess og bruk. Ekstruderingsteknikken er relativt lik den som er beskrevet for ekstrudering av PVC-rør. Massetemperaturen i ekstruderen vil imidlertid være en annen enn den som anvendes for PVC.

Rør av PE fremstilles i kontinuerlige lengder uten muffe. Rør av PP fremstilles med muffe og tetningselement.

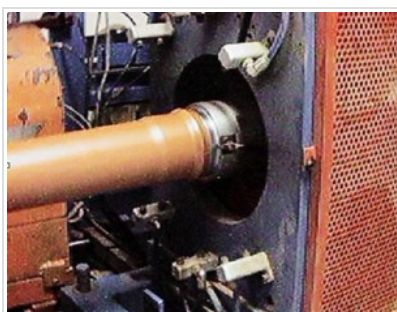


Figur 2.4



Tabell 2.1

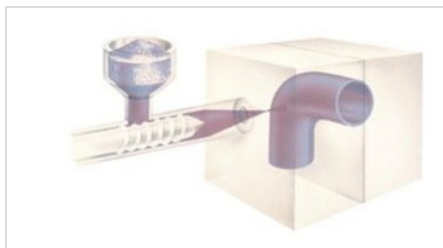
Ekstrudering og muffing av rør.



Tabell 2.2

Sprøytstøping av rørdeler av PVC, PE og PP

Sprøytstøping av rørdeler foregår i en totrinns prosess. Den ene delen er ekstrudering til smeltet masse. Den andre delen er støping av et produkt med den smeltede massen. I praksis foregår sprøytstøping ved at dryblend eller granulat smelter i en enkeltskrue-ekstruder. Den smeltede massen akkumuleres foran skruespissen i ekstruderens sylinder. Dette volumet sprøytes så inn i formen, der det avkjøles til ferdig produkt.



Figur 2.5 - Sprøytstøping av rørdeler

Manuell produksjon av rørdeler av PVC, PE og PP

PVC kan varmeformes og limes. PE og PP kan varmeformes og sveises. En del standardprodukter lages manuelt. Typiske eksempler er langbend og store rørdeler. Mulighetene for å få lagd nettopp den varianten du trenger, er stor. Metodene er enkle og gir stor fleksibilitet.

Produksjon av rør og rørdeler, GRP

Materialene som benyttes til fremstilling av rør og rørdeler av GRP (glassfiber reinforced polyester) er relatert til produksjonsmetoden som benyttes, og de mest anvendte er:

Kontinuerlig vikleprosess (Flowtite – APS Norway):

- Avansert kjerne – Utvendig påføring av materialene
- Kontinuerlig og kuttet glassfiber, sand og polyester
- Høy produksjonskapasitet, rør med høy trykkapasitet
- Mest brukt til vann, avløp og kraftverk



Sentrifugal støping (Hobas og C-Tech):

- Roterende form, materialene påføres innvendig
- Kuttet glassfiber, sand og/eller kalsiumkarbonat (kalk), polyester
- Rør med begrenset trykkapasitet
- Først og fremst brukt til avløp og ved begrenset innvendig overtrykk

Kryssvikling : (Sarplast, Ameron)

- Roterende kjerne – Utvendig påføring av materialene
- Kontinuerlig glassfiber, polyester. Rør med stor aksialstyrke som anvendes innen industri, shipping, olje og gass.

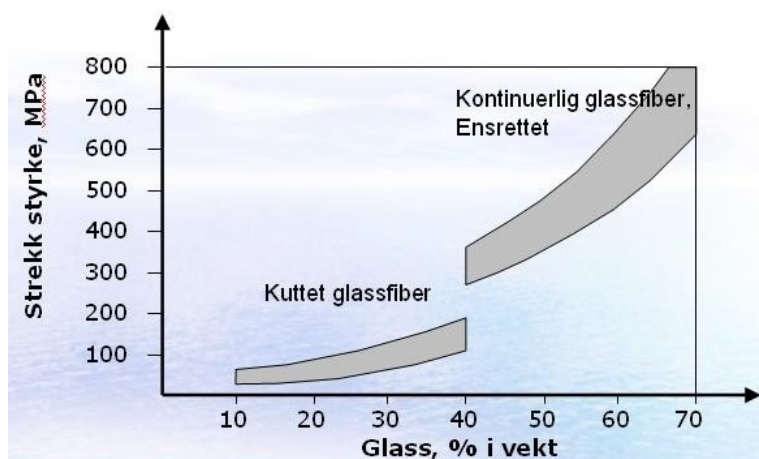


Rørdeler lages som regel av rørsegmenter som lamineres sammen, dvs. i stor grad handarbeid med pålegging av glassfibermatter og polyester. Dette gir også en stor fleksibilitet for skreddersydde løsninger for kundene. Bend leveres for eksempel med den vinkelen som kunden ønsker, ikke låst til et begrenset antall standard vinkler.

GRP ble fra starten av anvendt til rør innen den kjemiske industrien pga. materialets gode korrosjonsegenskaper. I Norge startet produksjonen av rør midt på 60-tallet og de eldste rørene i det norske markedet er i dag mer enn 40 år.

Kombinasjonen av mengde og type glassfiber gir forskjellige egenskaper som vist i nedenstående skisse.

Mengde og type glassfiber: typisk strekk styrke (avhengig av blanding)



Figur 2.6

Materialdata

I tabellen gjengis veiledende verdier for de viktigste materialegenskapene for de mest brukte plastmaterialene innen VA.

Egenskaper	Enhet	PVC	PP-b	PP-HM	PE80MD/HD	PE100	GRP
Densitet	kg/m ³	1400	900	900	950/956	959	1950
Bruddspenning v/ 20°C og 50 eller 100 år, MRS	N/mm ²	25	10	10	8	10	
Dimensjonerende spenning - høy designfaktor (C=1.6)	N/mm ²	10			5,0	6,3	
Dimensjonerende spenning - lav designfaktor (C=1.25)	N/mm ²	12,5	-	-	6,3	8,0	
Strekkfasthetvedflyt	N/mm ²	55	30	38	19/22	25	
E-modul(korttids)	N/mm ²	3000	1300	1700-2000	800/1000	1100	15000-40000 ³⁾
Krypmodul1)(50årsbelastning)	N/mm ²	ca1000	ca300	ca500	ca160	ca200	
Krypforhold (EN-ISO 9967, 50 års ekstrapolasjon)		ca3	ca4,2	ca4,2	ca5	ca5	
Lineær, termisk utvidelseskoeffisient	mm/m°C	0,08	0,13	0,13	0,18	0,16	0,026
Slagfasthet Notch Izod ved 23°C (ISO 178)	kJ/m ²	> 5	> 40	> 40	> 50	> 50	
Maks. brukstemperatur korttidsbelastning 2) (trykløst rørsystem)	°C	95	100	100	95	95	
Maks. brukstemperatur ved kontinuerlig belastning 2)	°C	45	60	60	45	45	
Varmeledningsevne	W/m°C	0,16	0,20	0,20	0,40	0,40	

Tabell 2.3 - 1) Krypmodul = korttids E-modul/krypforhold. Verdiene er avhengig av råvaren, og bør sjekkes i hvert enkelt tilfelle

1. Krypmodul = korttids E-modul/krypforhold. Verdiene er avhengig av råvaren, og bør sjekkes i hvert enkelt tilfelle
2. Plastmaterialene tåler normalt temperaturer mellom 20°C og 45°C godt, men i trykkrør må tillatt trykk reduseres. Ved temperaturer over 45°C kontinuerlig i selvføllsledninger, bør du kontakte rørproduzentenes eksperter for å diskutere materialvalg og valg av løsninger.
3. Et GRP-rør har forskjellig E-modul i ring – strekk, ring – bøy og i lengderetningen. E-modulen oppgitt i ring – strekk varierer med DN, SN, og PN. Spesifikt oppgis denne ved behov.

Begreper

PP-b – Polypropylen av block type

PPHM – Polypropylen av High modulus type HDPE - Polyetylen høy densitet

MDPE – Polyetylen medium densitet

PN – Nominell trykkklasse, tillatt driftstrykk – eksempelvis PN12,5.

MRS – (Minimum required strength) minimum bruddspenning som angir minste styrke til rørmaterialet (normert krav som gjelder ved 20°C og 50 eller 100 års levetid).

PE 80 – PE-materiale som tilfredsstillter krav til "minimum bruddspenning" på 8 MPa.

PE100 – PE-materiale som tilfredsstillter krav til "minimum bruddspenning" på 10MPa

PE100RC – PE100 materiale med ekstra god motstand mot langsom sprekkvekst

PVC-U – Materiale som tilfredsstillter krav til "minimum bruddspenning" på 25MPa

SDR – "Standard dimensjonsforhold" som er utvendig rørdiameter/godstykkelse. SDR er et uttrykk for hvor kraftig røret er (egentlig hvor "tykkvegget"), og jo lavere SDR-verdi, jo kraftigere rør.

S – Rørklasse = $(SDR - 1)^{1/2}$ – uttrykker egentlig det samme som SDR, men skalaen er gitt med lavere tallverdi sammenlignet med tilsvarende SDR. S-verdier brukes spesielt på PP-rør og deler. Denne verdien kan også stå på deler til PE trykkrør.

σ – Sigma, som angir dimensjonerende spenning i MPa.

C – Betegnes ofte som total dimensjoneringskoeffisient (designfaktor eller sikkerhetsfaktor).

Sammenheng mellom **C**, **MRS** og σ er: $\sigma = MRS/C$