

MuoviPlast-lehti aloittaa tässä numerossaan 10-osaisen artikkelisarjan ”Hyvä Tietää Muovista”. Siinä esitellään perustietoa tavallisimmista muoveista, kuten valtamuovit, tekniset muovit, erikoismuovit ja biomuovit. Kestomuovien yleisimmät työstömenetelmät esitellään sarjan loppupuolella. Sarja on alunperin ilmestynyt vuonna 2009 ruotsalaisessa PlastForum-lehdessä. Sen taustalta löytyy aikaisemmin muun muassa DuPontilla työskennellyt Ulf Bruder, joka nykyään toimii oman konsulttiyrityksensä Brucon AB:n parissa. Suomenoksesta vastaa Polymerik Oy:n Erik Lähteenmäki.

POLYMEERIT JA MUOVIT

Välillä kuulee kysyttävän: Mitä eroa on polymeerillä ja muovilla? Vastaus on yksinkertainen: Ei mitään eroa, koska ne ovat sama asia. ”Polymeeri”-sana tulee kreikan kielen sanoista ”poly”, joka tarkoittaa monta sekä ”mer” tai ”meros”, jotka tarkoittavat yksikköä.

Haku Internetistä löytyvästä tietosanakirjasta, Wikipediasta, (www.wikipedia.fi) hakusanalla ”polymeeri” tuottaa seuraavan tuloksen: ”Polymeeri on molekyyli, jossa useat pienet molekyylit eli monomeerit ovat liittyneet toisiinsa kemiallisin sidoksin katalyyttien vaikutuksesta prosessissa, jota kutsutaan polymeeraatioksi.

Polymeerit voidaan jakaa synteettisiin ja luonnossa esiintyviin. Luonnon polymeerejä eli biopolymeerejä ovat muun muassa tärkkelys, selluloosa, DNA, proteiinit, kautsu ja guttaperkka. Nykyisin eniten käytetyt muovit, polyeteeni, polypropeeni ja polyvinyylikloridi, ovat petrokemian jalostusketjuihin liittyviä synteettisiä tuotteita. Muoveilla on korkea polymeeraatioaste, eli niiden jokainen molekyyli (polymeeriketju) on muodostunut 1000-100 000 pienestä molekyylistä (monomeeristä).

Muoveilla tarkoitetaan päivittäisessä kielenkäytössä materiaaleja, jotka perustuvat polymeereihin, mutta niihin on lisätty useita eri lisäaineita, jotta materiaaliin saadaan toivotut lisäominaisuudet. Esimerkkejä käytetyistä lisäaineista ovat värit, pehmittimet tai jäykkyyttä lisäävät komponentit.

Polymeerimateriaalit jaetaan usein kumimaisiin aineisiin (elastomeerit), kertamuoveihin ja kestumuoveihin.

Nykyään käytettävät muovit ovat synteettisesti valmistettuja materiaaleja, jotka koostuvat monomeerimolekyyleistä, jotka on sidottu toisiinsa muodostaen pitkiä polymeeriketjuja. Kun polymeeriketju koostuu ainoastaan yhdenlaisista monomeereistä, polymeeriä kutsutaan homopolymeeriksi. Mikäli ketjussa esiintyy useamman tyyppisiä monomeerejä, polymeeriä kutsutaan kopolymeeriksi.

Eräs esimerkki muovista, jota esiintyy sekä homo- että kopolymeerinä, on asetaali. Asetaalimuovilla on tunnus POM (polyoksimeteeni) ja se koostuu suurimmaksi osaksi ”formaldehydi”-nimisestä monomeeristä. Formaldehydin rakenneosat (atomit) ovat hiili, vety ja happi.

Suurin osa polymeereistä on orgaanisia, rakentuen hiiliketjun ympärille, mutta myös kemiallisesti epäorgaanisia polymeerejä on olemassa. Tunnetuin on pii-happiketjusta muodostuva silikoni, eli poly(alkyyylisiloksaani).

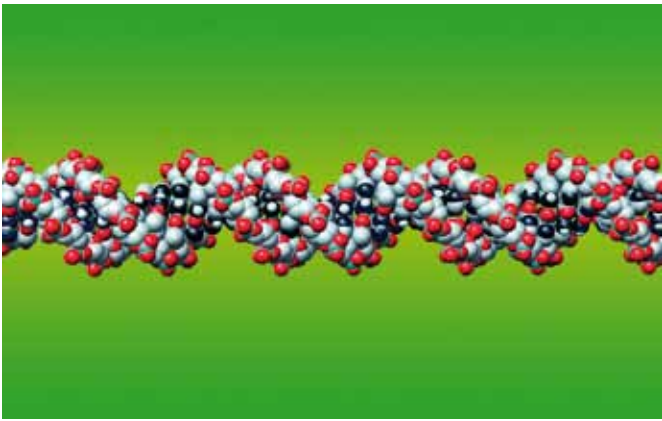
Hiili ja vety ovat kaksi ylivoimaisesti dominoivaa alkuainetta muoveissa. Aikaisemmin mainittujen alkuaineiden hiili (C), vety (H), happi (O) ja pii (Si) lisäksi muoveista löytyy viisi muuta alkuainetta: typpi (N), fluori (F), fosfori (P), rikki (S) ja kloori (Cl).

Erittäin harvoin työstetään aivan puhdasta polymeeriä. Normaalisti muoviin on lisätty eri lisäaineita (eng. = modifier) raaka-aineen ominaisuuksien parantamiseksi. Yleisiä lisäaineita ovat:

- voiteluaineet (helpottaa tuotteen ulostyöntöä muotista)
- lämpöstabilisaattorit (parantavat prosessointi-ikkunaa)
- väriaineet
- lujiteaineet, kuten lasi- ja hiilikuitu (lisäävät jäykkyyttä ja lujuutta)
- sitkistysaineet iskulujuuden parantamiseksi
- UV-stabilisaattorit (suoja auringonvaloa ja sään vaikutuksia vastaan)
- palonestoaineet
- antistaatti-lisäaineet
- vaahdotusaineet (esim. solumuoveissa).

Kertamuovit

Kumin tavoin myös kertamuoveissa esiintyy ristisilloittumia molekyyliketjujen välillä, mitä kutsutaan myös verkottumisek-



Kuva 1, yllä: Polymeerit ovat suuria makromolekyyliä, joissa monomeerimolekyylit ovat kiinnittyneet toisiinsa pitkiksi ketjuiksi. Yhdessä ainoassa polymeeri-ketjussa voi olla tuhansia monomeerimolekyyliä.



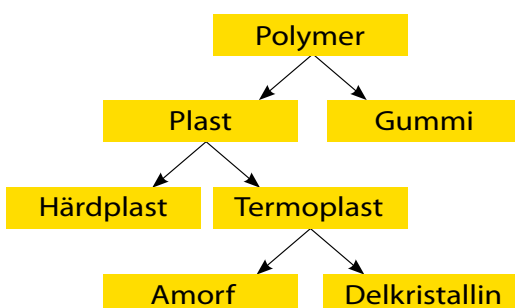
Kuva 2, oikealla: Meripihka on luonnollinen polymeeri. Hyttynen tämän kiven sisällä tarttui havupuun pihkaan mahdollisesti jo yli 50 miljoonaa vuotta sitten. Hiukan mietittävä, kun puhutaan muovien hajoamisesta luonnossa.



Kuva 4, yllä: Kautsu eli luonnonkumi on luonnon polymeeri, jota ihminen on käyttänyt jo tuhansia vuosia. Vuonna 1839 amerikkalainen Charles Goodyear keksi vulkanisointiprosessin (ristisilloittumisprosessin), jossa luonnonkumiin sekoitetaan rikkiä, jolloin molekyylit verkottuvat paineen ja lämpötilan alaisena. Tämä prosessi lisäsi kumin ominaisuuksia ja käyttöä merkittävästi.



Kuva 5, yllä: Plastic Padding tai muut niin kutsutut kaksi-komponenttiliimat ovat tuttuja monessa kodissa. Niissä kaksi komponenttia sekoitetaan toisiinsa, jolloin alkaa kemiallinen verkottumisprosessi, joka kovettaa aineen. Toinen komponentti on nimeltään kovetin. Tässä reaktio tapahtuu ilmanpaineessa ja on siten matalapainereaktio.



Kuva 3: Synteettisten polymeerien jako kumiin ja muoveihin. Muovilla on alajako kerta- ja kestumuveihin. Kestumovit voidaan taas jakaa amorfisiin ja osakiteisiin muoveihin.

si. Ristisilloittumat ovat niin voimakkaita, että ne eivät katkea edes lämmitettäessä. Raaka-aine on siten sulamatonta. ”Kerta”-sana kertamuovissa tarkoittaa, että muovi kovettuu ainoastaan kerran ja on sen jälkeen aika muuttumatonta.

Kertamuoveja työstetään joko nestemäisessä tai kiinteässä muodossa ja joissain tapauksissa niitä työstetään korkeapainemenetelmillä. Joitakin tavallisia kertamuoveja ovat:

- fenolimuovit kattiloiden kahvoissa
- melamiini muovilaminaatissa
- epoksi kaksikomponenttiliimassa
- tyydyttymätön polyesteri muoviveneissä
- vinyliesteri auton koreissa
- polyuretaani kengänpohjissa tai vaahtomuovissa.

Monella kertamuovilla on erittäin hyvät sähköiset ominaisuudet ja ne kestävät korkeita käyttölämpötiloja. Niistä saadaan erittäin lujia lasi-, hiili- tai Kevlar®-kuiduilla lujittamalla. Huonoja puolia ovat hidas valmistusprosessi ja raaka-aineen kierrätys hyötykäyttöön tai energiaksi.

Kestomuovit

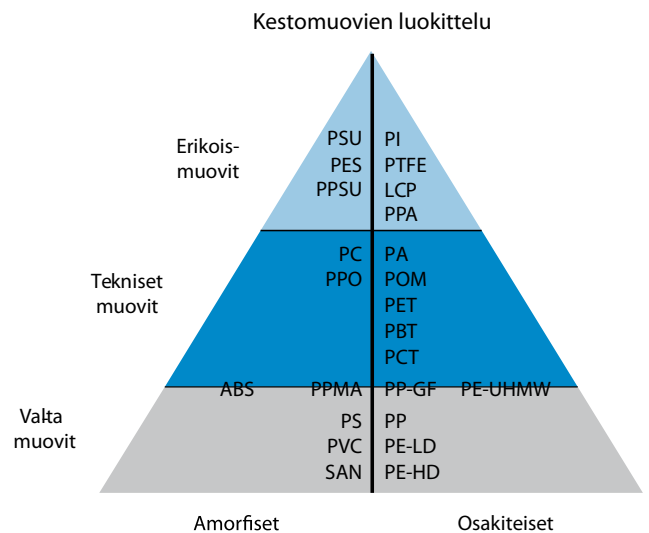
Kestumuoveilla on se etu, että ne sulavat aina uudelleen, kun niitä kuumennetaan tarpeeksi. Niitä on helppoa työstää usealla eri menetelmällä, kuten:

- ruiskuvalu, muovituotteiden yleisin työstömenetelmä
- muottipuhallus, pullot ja ontot kappaleet
- ekstruusio, putket, levyt ja profiilit
- kalvopuhallus, esimerkiksi muovipussit
- rotaatiovalu, suuret ontot kappaleet esimerkiksi nestesäiliöt
- lämpömuovaus, levy tai kalvo muovataan suksiboksiksi tai pakkaukseksi.

Kestomuovi voidaan sulattaa ja työstää monta kertaa uudelleen. Raaka-aineessa tapahtuu kuitenkin työstön aikana hajoamista. Myös normaalissa käytössä hapettuminen, auringonvalo (UV-säteily) ja kemialliset aineet saattavat heikentää kierrätettäväksi tarkoitettua muovin ominaisuuksia. Käytännössä uusien tuotteiden tuotannossa kierrätetään ainoastaan tuotannossa syntyvää jätettä. Yleinen tapa on muovijätteen kierrätys energiaksi, koska muovilla on erittäin korkea energiasisältö. On myös olemassa vaihtoehtoisia kierrätystapoja, kuten kemiallinen hyötykäyttö, mikä ei kuitenkaan ole lyönyt itseään läpi suuressa mittakaavassa pääosin siitä syystä, että uuden, neitseellisen raaka-aineen valmistus on edelleen edullisempaa.

Amorfinen vai osakiteinen kestomuovi

Kuvassa 3 näkyy, miten kestomuovit jaetaan kahteen pääryhmään, eli amorfisiin ja osakiteisiin kestumuoveihin. Jako perustuu muovin kemialliseen rakenteeseen. Eräs tuttu amorfinen aine ympärillämme on lasi, kun taas metalleilla on kiteinen rakenne. Amorfinen muovi pehmenee samalla tavalla kuin lasi, kun sitä lämmitetään. Sen seurauksena sitä voidaan lämpömuovata.



Kuva 7, yllä: Kestumuovista valmistetut tuotteet voivat saada uuden elämän kierrätyksen ansiosta. Tämä kierrätysmuovista valmistettu meluaita on siitä oiva esimerkki. Kuva: Polyplank AB.

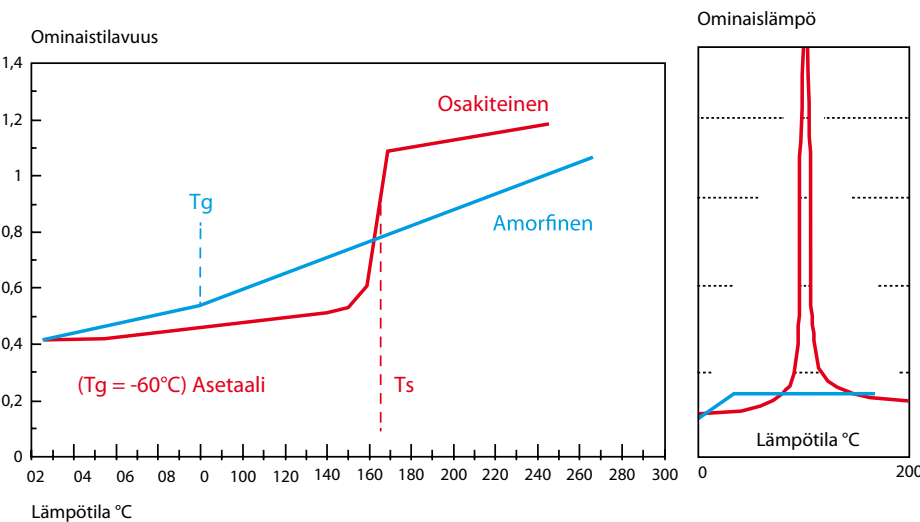
Kuva 8, yllä: Kestumuovien luokittelu eri ryhmiin. Luokitteluun tutustutaan tarkemmin myöhemmässä vaiheessa.

Amorfisilla materiaaleilla ei ole sulamispistettä, vaan sen sijasta käytetään materiaalin lasisiirtymälämpötilaa (T_g), jonka yläpuolella molekyyliketjut pääsevät liikkumaan suhteessa toisiinsa. Osakiteinen muovi ei taas pehmene samalla tavalla, vaan siirtyy sulasta tilasta nestemäiseksi sulamispisteessään.

Osakiteiset muovit kestävät yleisesti kuormituksia korkeam-



Kuva 6, yllä: Polyuretaani voi olla joko kertamuovi tai kestopuovi. Se voi myös olla jäykkää tai hyvin joustavaa, kuten vaahtomuovi.



Kuva 11 ja 12, yllä: Lämmitettäessä amorfista ainetta kasvaa ominaisilavuus lineaarisesti sekä lasisiirtymälämpötilan (Tg) alla- että yläpuolella. Myös osakiteisellä aineella on lasisiirtymälämpötila, koska 100-prosenttisesti kiteisiä muoveja ei ole olemassa. Sulamispisteen (Ts) alueella ominaisilavuus kasvaa merkittävästi (esim. asetaalimuovilla 20 %), mikä selittää suuren muottikutistuman ruiskuvalussa. Amorfisilla materiaaleilla ei ole sulamispistettä ja huomattavasti pienempi muottikutistuma. Energian tarve amorfisen materiaalin lämmittämiseksi yhden asteen on vakio lasisiirtymälämpötilan yläpuolella. Asia on kuvattu oikeanpuoleisessa kaaviossa. Osakiteisellä aineella vaaditaan huomattava määrä energiaa materiaalin sulattamiseksi sulaan olotilaan. Tämä aiheuttaa ruiskuvalajalle haasteita, koska tarvitaan paljon energiaa kun osakiteiset muovit jäähähtävät ruiskuvalukoneen suuttimeen tai muotin valukonaviin. Joskus pitää ottaa kaasupuhalluslamppu avuksi kiinteytyneen muovin poistamiseksi.

Kuva 9, yllä: Kestomuovi-polyesteri PET on muovi, joka voi olla sekä amorfinen, kuten virvoitusjuomapullossa, että osakiteinen, kuten silitysraudassa.

missä lämpötiloissa paremmin kuin amorfiset. Lisäksi niillä on parempi väsymislujuus ja kemikaalien kesto. Ne eivät myöskään ole herkkiä n.k. jännityssäröilylle. Osakiteiset muovit muistuttavat metalleja enemmän ja niillä on paremmat jousiominaisuudet kuin amorfisilla muoveilla. Amorfiset muovit voivat puolestaan olla täysin läpinäkyviä ja niitä voidaan lämpö-

muovata. Niillä on yleensä pienempi muotti- ja jälkikutistuma ja vähäisempi kieroutumistaipumus.

On tärkeää, että suunnittelijat ja muovituotteiden työstäjät ovat tietoisia siitä, minkä tyyppistä raaka-ainetta käytetään. Amorfiset ja osakiteiset raaka-aineet käyttäytyvät eri tavalla lämmitettäessä ja työstettäessä ja tarvitsevat siten erilaiset prosessiparametrit.