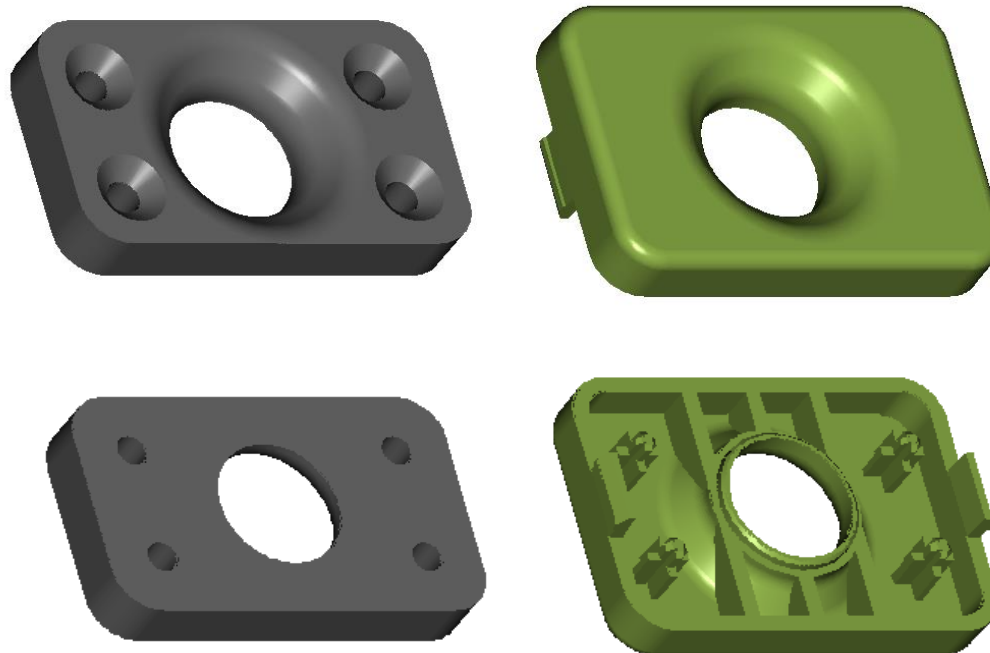


Muovituotteen riskikartoitus

Lyhyt opas muovituotteen riskien tunnistamiseen



Johdanto

Muovituotteen suunnittelu ei ole helppoa ja virheet ovat kalliita. Tähän oppaaseen on kuvattu vaiheittain asiat, jotka muovituotesuunnittelijan pitää ottaa huomioon tuotetta suunnitellessa. Asiat on pyritty käsittelemään tärkeysjärjestyksessä, koska tuotesuunnittelussa on tehtävä ensin valintoja merkittävistä asioista ja vasta myöhemmin pohdittava pienempiä yksityiskohtia.

Tämä ei ole opas suunnitteluvalintojen tekemiseen ja ratkaisujen löytämiseen, vaan muistilista asioista, jotka pitää ottaa huomioon muovituotesuunnittelussa.

Sisältö

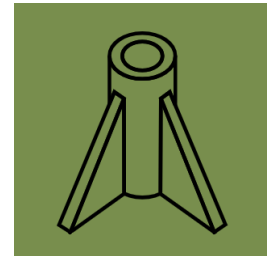
Projektiin liittyvät riskit

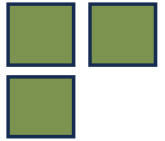
- Muovi?
- Kokoonpantavuus ja osien määrä
- Valmistusmenetelmä
- Kustannukset ja aikataulu
- Muovimateriaali ja väri
- Pesäluku ja muottimateriaali



Tuotekohtaiset riskit

- Muotin aukeamissuunnat
- Seinämävahvuus ja rivat
- Snapit, saranat ja ruuvitornit
- Päästöt ja pyöristykset
- Syöttötapa ja -paikka
- Imut, vääristymät, yhtymäsaumat
- Ulostyöntö
- Pinnanlaadut
- Merkinnät





Muovi?

Onko muovi oikea valinta tuotteen materiaaliksi?

Mitkä ovat tuotteelle asetetut vaatimukset?

Minkälaiseen ympäristöön tuote tulee?

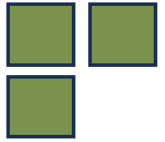
Kuinka tuotetta käytetään?

Muovin käyttöympäristön merkittävimpiä rajoitteita ovat lämpötila, kemialliset aineet ja mekaaninen kulutus.

Tuotteen osalta merkittävimpiä haasteita ovat vaadittu lujuus, mittatarkkuus, jatkuva kuormitus.

Jos muovin käyttö epäilyttää, niin asia kannattaa varmistaa huolellisesti, koska virheet ovat kalliita.

Yksi parhaita tapoja varmistua muovin sopivuudesta käyttökohteeseen on tutkia löytyykö olemassa olevia vastaavia muovituotteita. Tässä pitää muistaa tarkastella ympäristöä, käyttötapaa ja tuotemuotoja.



Kokoonpantavuus ja osien määrä

Muovista tehdyssä osassa voi olla varsin monimutkaisiakin muotoja ilman, että osan hinta nousee.

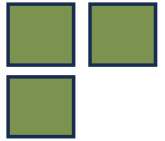
Jos tuote on osa isompaa kokoonpanoa, niin voidaanko tuote suunnitella siten, että kokoonpano helpottuu, esim. korvaamalla ruuvikiinnitys snap-kiinnityksellä?

Osaan voi myös suunnitella muita kokoonpanoa helpottavia piirteitä, kuten merkinnät, hakumuodot, kohdistavat tapit jne. Myös muoviosan erottuva väri voi helpottaa kokoonpanoa tai laitteen huoltoa.

Joskus yhdellä muoviosalla voidaan korvata 2-3 osaa, esim. muovisarana tai osittain joustava muoto muoviosassa.

Samassa muoviosassa voi olla myös ”ylimääräisiä” muotoja, jotka mahdollistavat osan käyttämisen useammassa eri paikassa tai tuotteessa.

Kokoonpanon nopeutuminen tai kokoonpanovirheiden väheneminen voi olla merkittävä kustannuksia alentava tekijä.



Valmistusmenetelmä

Miten muovituote on tarkoitus tehdä?

Ruiskuvalu, rotaatiovalu, pursotus, 3d-tulostus, koneistus jne.

Tyypillisiä piensarjavalmistustapoja ovat koneistus ja 3d-tulostus, koska molempien aloituskustannus on pieni. Koneistus soveltuu yksinkertaisille tuotteille, joilla on lujuusvaatimuksia.

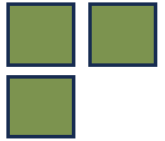
3D-tulostus soveltuu monenlaisille ja hyvin monimutkaisillekin osille. 3D-tulostusmateriaaleja on eri käyttötarkoituksiin.

Ruiskuvalu on yksi kaikkein edullisimmista tavoista valmistaa tuotteita, mutta ruiskuvalua varten tarvitaan muotti, minkä takia aloituskustannukset ovat suuret ja tuotemuutokset kalliita.

Tyypillisesti ruiskuvalu on 3D-tulostusta edullisempi vaihtoehto, kun tarvittava kappalemäärä on yli 1000kpl.

3D-tulostusta kannattaa aina käyttää tuotesuunnittelun tukena prototyypeissä, kokoonpanotesteissä ja koemarkkinoinnissa. 3D-tulostetuilla kappaleilla voi myös aloittaa myynnin ja tulostettujen osien ja ruiskuvaluosien ”hybridikäytöllä” tuotetta voi myydä isojakin määriä.

Jos tuotetta tehdään aluksi 3D-tulostamalla ja myöhemmin on tarkoitus siirtyä ruiskuvalettuihin kappaleisiin, niin on todella tärkeää varmistaa, että osat soveltuvat ruiskuvaluun. Riskinä on merkittävät ongelmat aikataulujen ja kustannusten kanssa.



Kustannukset ja aikataulu

Ruiskuvalutuotteen merkittävimmät kustannukset ovat muotti-, ruiskuvalu- ja muovimateriaalikustannus.

Pienissä valmistusmäärissä (alle 10.000kpl) muottikustannus on helposti yli puolet kaikista kustannuksista ja materiaalikustannuksella ei ole mitään merkitystä. Erittäin suurissa valmistusmäärissä (yli 1.000.000kpl) taas muottikustannuksella ei ole merkitystä, vaan kaikki kustannusoptimointi kannattaa keskittää jaksonajan minimointiin.

Pienissä tuotteissa muottikustannus on 5-15t€ ja muovituotteen hinta 1000kpl erissä n. 1€/kpl ja 10.000kpl erissä n. 0,30€/kpl.

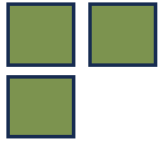
Muovituotteen toteuttamiseen menee yleensä 6-12kk suunnittelun aloituksesta ensimmäisiin myytäviin tuotteisiin. Muotin valmistusaika on 1-3kk ja osan jokaiseen muutoskierrokseen kannattaa varata noin kuukausi (muutossuunnittelu, muottimuutos ja osien testaus).

Muovituotteen voi toteuttaa muutamalla eri tavalla:

- Tuote Kiinasta, valmistaja hankkii muotin jostain
- Muotti Kiinasta ja valu Suomesta
- Muotti ja valu Suomesta
- Tuote Suomesta, valmistajalla on tyypillisesti ”in house”-ratkaisu muotinvalmistukseen

Suomalainen muotinvalmistaja, jolla on ruiskuvalua alkaa olemaan aika mielenkiintoinen vaihtoehto, kun haetaan kustannustehokasta piensarjavalmistusta. Itse muovituotteet on Suomessa ja Kiinassa käytännössä samanhintaiset.

Merkittävin ero Suomen ja Kiinan välillä on suunnittelun tuessa ja tuotemuutosten toteuttamisessa. Suomalaisen valmistajan kanssa kommunikaatio on sujuvaa ja nopeaa.



Muovimateriaali, kutistuma ja väri

Osan muovimateriaali kannattaa valita aikaisessa vaiheessa, koska materiaali vaikuttaa moneen suunnitteluratkaisuun, mm. seinämnpaksuus, juoksumatka, lujuus, läpinäkyvyys, kemikaalinkesto.

Läpinäkyvyys ja elastisuus ovat yksi merkittävimpiä materiaalia rajaavia vaihtoehtoja. Seuraavaksi tulevat lujuus ja ympäristöön soveltuvuus.

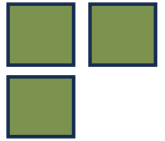
Kun tuotteelle sopivat materiaalin pääluokat on löydetty, täytyy selvittää muut lisäaineilla tehtävät ominaisuudet, kuten palonsuoja, uv:n kesto, lasermerkattavuus yms.

Muovi kutistuu aina kiteytyessään, joten muovituote on aina hiukan pienempi kuin muottipesä. Kutistuma on materiaalikohtainen, joten tuotteen koko muuttuu, jos materiaali vaihtuu.

Tyypillisesti kutistuma on 0,5-1%, mutta voi olla jopa 4%.

Yleensä värejä on saatavilla hyvin, mutta on myös muovimateriaaleja, joissa värisävyt voivat olla hyvinkin rajatut. Tyypillisesti puukomposiiteilla ja tietyillä kierrätysmuoveilla värit rajautuvat ”maanläheisiin” sävyihin. Uv:n kesto rajaa myös jonkin verran värejä. Lisäksi erikoisväreillä saattaa olla pitkät toimitusajat.

Sopivan muovimateriaalin valinta kannattaa aloittaa etsimällä vastaavassa käyttökohteessa olevia muovituotteita ja selvittää niissä käytetty muoviraaka-aine, lisäaineet ja värit. Pyörää on turha keksiä uudelleen ja jos tuotteelle valittua raaka-ainetta ei ole käytetty kyseisessä käyttötilanteessa, niin siihen on usein olemassa joku syy.



Pesäluku ja muottimateriaali

Tuotteen valmistuserän koko määrittelee muotin pesäluvun. Yleensä yksipesäinen muotti on riittävä 10.000kpl sarjoihin eli n. 100.000kpleen vuosivolumiin. 1M kpleen vuosivolumi tarvitsee 4-8 –pesäisen muotin.

Perhemuotti on yksi vaihtoehto pienille sarjoille eli samaan muottiin viedään useampi tuote. Yleensä tuotteita ei kuitenkaan voida ajaa yhtä aikaa, koska kunkin tuotteen ruiskuvaluparametrit ovat erilaiset. Muottikustannus per osa jää perhemuotissa edulliseksi, koska muotissa on ”yhteisiä” osia.

Toinen tapa ratkaista muottikustannushaastetta on valmistajan ”in house”-ratkaisut, joissa käytetään samaa muottirunkoa useille eri tuotteille ja tuotekohtaisesti valmistetaan vain tuotemuodot tekevät insertit.

Muottimateriaalit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: alumiini, nuorrutusteräs ja karkaistu teräs.

Alumiini soveltuu alle 10.000kpl tuotantomäärille, nuorrutusteräs alle 100.000kpl ja karkaistu teräs >1M kpl.

Alumiinin suurin haaste on huono hitsattavuus, joten korjaaminen ja tuotemuutokset saattavat olla hankalia.



Muotin aukeamissuunnat

Tuotteelle ja muotille määritetään tuotesuunnittelussa pääaukeamissuunta ja mahdolliset sivuliikkeet (luistit, nousevat keernat yms). Aukeamissuunnat määrittävät jakosaumojen sijainnit ja tuotteen päästöjen suunnat.

Aukeamissuunta, jakotason monimutkaisuus ja sivuttaisliikkeet vaikuttavat merkittävästi muotin hintaan ja toimitusaikaan.

Muovituotteen suunnittelussa yksi vaikeimpia asioita on määrittää aukeamissuunnat, koska se vaatii muottitekniikan tuntemista. Tällä osa-alueella pienetkin muutokset tuotteen geometrioissa voivat tarkoittaa merkittävää kustannuseroa muotin hinnassa.

Usein muovituotteen suunnittelussa joudutaan valitsemaan ulkonäön (reiät ulkopinnalla), muottikustannuksen ja muotin keston välillä. Siis tehdäänkö esim. jokin tuotemuoto luistilla vai jakotason siirrolla.

Tuotemuutoksien suunnittelu on erityisen haastavaa, jos tuotemuutos vaikuttaa aukeamissuuntaan tai jakosaumaan. Näissä tapauksissa kannattaa ehdottomasti tehdä yhteistyötä muotinvalmistajan kanssa.

Seinämävahvuus ja rivat



Muovituotteen lujuus ei yleensä kasva tuotetta paksuntamalla. Liian paksu seinämä aiheuttaa ongelmia ja lisäkustannuksia ruiskuvalussa. Oikea tapa suunnitella hyvä ja luja muovituote on kotelorakenne, jota jäykistetään ja lujitetaan ripamuodoilla.

Tyypillisesti muovituotteen seinämävahvuus on 1-3mm. Puukomposiiteilla voidaan käyttää jopa 5-10mm seinämiä.

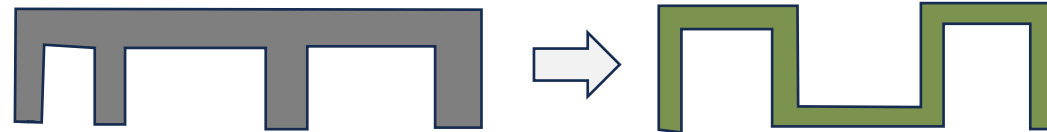
Seinämävahvuutta voi määrittää juoksumatka/seinämävahvuus – suhdeluvulla. Juoksumatka on pisin etäisyys syöttöpisteestä tuotteen reunaan. Luvun pitäisi olla alle 100 eli 100mm pitkä tuote vaatii 1mm seinämän, jos muovi syötetään tuotteen päädystä.

Ripojen suunnittelussa tärkein ohje on:

Rivan paksuus pitää olla alle 70% seinämävahvuudesta, muuten riskinä on imujäljet seinämän toisella puolella. Siis kotelossa, jossa on 2mm seinämä, rivan paksuus ei saisi ylittää 1,4mm.

Rivat lujittavat tuotetta, mutta niiden valmistaminen muottiin lisää muottikustannusta ja rivat aiheuttavat ruiskuvalussa monenlaisia ongelmia. Jos mahdollista rivan korkeus/paksuus –suhde kannattaa pitää alle 10 eli 1,4mm rivan pitäisi olla alle 14mm korkea.

Jos ripamuodot pystyy vaihtamaan ulkopinnan vuorotteluun (kuva), niin monet ripoihin liittyvät ongelmat poistuvat.





Snapit, saranat ja ruuvitornit

Muovi on joustavaa, mikä mahdollistaa osan suunnittelussa monenlaisia liitosmuotoja tai jopa kahden osan yhdistämisen yhdeksi osaksi.

Hyvin yleinen muoviosan liittämistapa toisiin osiin on snap-liitos. Snap-liitoksia on useita erilaisia, mutta kaikkia yhdistää sama perusrakenne eli liitoksen mennessä kiinni muovi joustaa/taipuu ”kynnen” yli ja palautuu sen jälkeen entiselleen ja lukitsee osan.

Kalvosarana mahdollistaa kahden osan yhdistämisen yhdeksi osaksi ja lisäksi saadaan saranatoiminto. Käytännössä kalvosarana onnistuu vain polypropeenilla (PP).

Ruuviliitos on myös yleinen muoviosien liitostapa. Osaan voidaan tehdä ruuvitorni, johon kierretään erityisesti muoville suunniteltu teräsruuvi.

Muoviin voidaan myös upottaa kierreinsertti joko valun yhteydessä tai jälkityöstönä (asennus lämmöllä tai ultraäänihitsauksella).

Ruuvitorneja ja muoviruuveja käytetään yleensä liitoksissa, joita ei tarvitse avata tai avauksia tulee vain muutamia. Kierreinsertit toimivat hyvin liitoksissa, joita avataan usein tai ruuvilla esim. säädetään jotain.

Päästöt ja pyöristykset



Muovituote tarvitsee päästöjä, että tuote saadaan lähtemään ulos muotista. Päästöt myös auttavat muotinvalmistuksessa.

Päästökulman suuruus riippuu muovimateriaalista, pinnanlaaduista ja tuotteen muodoista.

Yleensä ns. toiminnallisilla pinnoilla sopiva päästökulma on 1-3 astetta. Jos tuotteessa on karkea kipinäpinta, niin päästökulmaksi tarvitaan 3-5 astetta, muuten riskinä on vetojäljet. Jakotason siirrot vaativat myös 3-5 asteen päästön.

Päästökulma aiheuttaa esim. ripaan ohuen kärjen ja paksun juuren, jolloin ongelmiksi tulevat imut, täyttyminen ja muotin valmistettavuus. Kotelomaisen tuotteen pääjakotaso viedään usein tuotteen alareunaan, jotta ulkopinnan ja sisäpinnan päästö on eri suuntaan ja siten seinämävahvuus säilyy vakiona (kuva).

Muovituotteessa tarvitaan pyöristystä erityisesti sisänurkissa, jotta materiaali virtaa muotissa hyvin ja että tuotteesta tulee luja. Terävät sisänurkat aiheuttavat tuotteeseen jännityskeskittymän ja tuote murtuu rasituksessa helposti.

Muotinvalmistustekniikat, kuten koneistus ja kipinätyöstö, jättävät aina muotin sisänurkkiin eli tuotteen ulkonurkkiin pyöristykseen. Pyöristykseen suuruus riippuu työstötavasta ja tuotegeometriasta. Yleensä näin syntyvä pyöristys on 0,2-0,5mm.

Tuotteeseen kannattaa mallintaa ne pyöristykset, joilla on tuotteen toiminnan kannalta merkitystä ja jättää pois kaikki pyöristykset, jotka eivät ole merkityksellisiä. Tuotteen 3d-mallista tulee "raskas" ja hankala hallita, jos siinä on turhia pyöristykksiä. Lisäksi pienet tuotemuutokset muotinvalmistusta varten on työläs tehdä.

Jos tuotteeseen tarvitaan terävä nurkka, jossa ei saa olla pyöristystä, siitä kannattaa mainita erikseen.



Syöttötapa ja -paikka

Yleisimmät syöttötavat ovat:

- Porttisyöttö
- Filmisyöttö
- Tunnelisyöttö
- Kissankynsi
- Kuumasuutin (avo)
- Neulasulkusuutin

Listan ensimmäiset neljä syöttötapaa tulee kappaleen ulkoreunaan ja kaksi viimeisintä voi tulla kappaleen keskelle tuotepintaan. Ensimmäiset ovat edullisia ja jälkimmäiset vaativat muottiin lisäteknikkaan. Kaksi ensimmäistä syöttöä pitää irrottaa tuotteesta erikseen, loput irtoavat automaattisesti. Tunnelisyöttö on yleisin syöttötapa.

Syöttöpaikka vaikuttaa siihen kuinka kappale täyttyy ruiskuvalussa ja useaan laatuasiaan. Tyypillisesti syöttöpaikka sijoitetaan tuotteen paksuimpaan kohtaan, mutta usein muut tekijät ovat tärkeämpiä kuin seinämävahvuus.

Usein syöttöpaikka viedään pitkän kappaleen keskelle, jotta juoksumatkat ovat mahdollisimman lyhyitä. On kuitenkin tilanteita, jossa syöttö viedään nimenomaan pitkän kappaleen päähän, esim. jos halutaan minimoida vääristymiä tai syötön kohdalle tuleva heikompi paikka.

Syöttöpaikan valinnalla voidaan myös vaikuttaa yhtymäsaumojen syntymiseen ja sijaintiin, sekä ilmanpoiston onnistumiseen.

Syöttöpaikasta jää myös aina visuaalinen jälki, jonka sijaintia halutaan optimoida.



Imut, vääristymät ja yhtymäsaumat

Muovin kutistuma aiheuttaa imuja paikkoihin, joissa on massakeskittymiä tai isoja seinämävahvuuden vaihteluita. Imu näkyy tuotepinnalla painaumanäköinä tai toisella puolella olevan muodon ”peilaantumisenä”. Imuja voidaan tehokkaimmin välttää suunnitteluvaiheessa.

Muovituote voi vääristyä ruiskuvalussa eli muovin kutistuma vetää tuotteen mutkalle. Suurimmat vääristymät syntyvät lasikuitulujitteisilla muoveilla. Tämä johtuu siitä, että lasikuitulujitteinen muovi kutistuu virtaussuunnassa eri tavalla kuin virtauksen poikittaissuunnassa.

Kun sula muovi virtaa muottiin, niin sularintamien kohdatessa syntyy yhtymäsauma. Yhtymäsauma on tilanteesta riippuen huomaamaton, visuaalisesti häiritsevä tai pahimmillaan hyvin heikko.

Yhtymäsaumoja syntyy aina tuotteessa olevien aukkojen ja reikien ”taakse” eli kun muovi syötetään jostain kohden sisään, niin muovi virtaa muotojen yli ja aukon kohdalla virtaus jakaantuu ja aukon jälkeen virtaukset kohtaavat toisensa.

Yhtymäsaumojen sijaintiin ja laatuun voi vaikuttaa syöttöpisteen sijoituksella ja tuotemuodoilla. Pääsääntöisesti yhtymäsaumoja syntyy aina johonkin.



Ulostyöntö

Tuote poistetaan muotista ulostyönnön avulla. Ulostyöntöä on oltava riittävästi, jotta tuote saadaan ehjänä ulos muotista. Ulostyöntö jättää aina tuotteeseen jäljet ja jokainen ulostyöntötappi yms. lisää muotin kustannuksia.

Tyypillisimmät ulostyöntötavat on ulostyöntötapit ja levyulostyöntö. Tappeja käytetään yleisemmin, levyulostyönnöllä saadaan puolestaan ulostyöntöpinta-alaa enemmän ja siten kappale työnnettyä tehokkaammin.

Ruuvitorneissa käytetään paljon holkkiulostyöntöä.

Suunnittelijan tärkein tehtävä on määrittää mihin ulostyöntöjälkiä ei saa tulla. Ja lisäksi on hyvä ymmärtää miten kappale on tarkoitus työntää ulos muotista, koska se rajoittaa ja mahdollistaa asioita suunnittelussa.

Muottisuunnittelijan kanssa kannattaa käydä läpi mihin ja minkälaiset ulostyönnöt on tulossa.



Pinnanlaadut

Muovituotteessa käytetään tyypillisesti seuraavia pinnanlaatuja:

- Toiminnallinen kiillotus
- Kipinäpinta
- Kiillotettu pinta
- Puhallettu pinta

Toiminnallinen kiillotus tarkoittaa sitä, että pinnalla ei ole mitään erityistä vaatimusta ja pinnanlaadun määrittää muotin toimivuus. Yleensä pinnanlaatu on jonkinlainen hiottu tai koneistettu pinta.

Kipinäpinta on yleisin muovituotteissa oleva näkyvä pinta eli eri karkeudella oleva mattapinta. Kipinäpinnan karkeus määritetään VDI-asteikoilla. Hieno pinta on VDI20-22, normaali VDI24-27, karkea VDI30-33.

Kiillotettu pinta määritetään SPI-asteikolla, jossa A1 on virheetön ja A3 sallii pientä sumua/huntua/jälkiä. Käytännössä A3 riittää useimpiin kohteisiin. Kiillotettua pintaa käytetään läpinäkyvissä tuotteissa ja liukupinnoissa.

Puhallettu pinta on usein edullinen korvike kipinäpinnalle. Valitettavasti sen laatu ja kesto on hinnan mukainen.

Merkinnät



Muovituotteeseen voidaan tehdä muotilla merkintöjä. Yleisimmät merkinnät ovat:

- Logo tai tuotemerkki
- Raaka-aine/kierrätysmerkki
- Valmistuspäivämäärä
- Pesänumero
- Tuotekoodi tai versiomerkintä

Usein logo tehdään muottiin siten, että tuotepinta on kipinäpinta ja siinä oleva logo on kiillotettu. Pinnankarheusero lisää merkinnän erottuvuutta. Jos halutaan selvästi erottuva logo, niin usein merkinnän joutuu tekemään erillisellä prosessilla, kuten tampopaino tai laser.

Kierrätysmerkkinä käytetään usein kolmiota, jonka sisällä on raaka-ainenumero. Muottiin on saatavilla valmiita inserteitä, joissa on erilaisia merkintöjä ja merkintää voidaan vaihtaa helposti myöhemmin.

Valmistuspäivämäärä on ehkä tärkein merkintä muovituotteessa, koska sen avulla voidaan jäljittää milloin tuote on valmistettu. Tyypillisesti merkintä tehdään muottiin lisättävällä valmiilla insertillä (kuva), jossa on kierrettävä nuoli osoittamassa valmistuskuukautta ja vuotta.

Pesänumero tarvitaan aina, kun tuotetta tehdään useammalla pesällä tai muotilla.

Tuotekoodi ja/tai versio lisätään muottiin kaivertamalla ja muutos on helpoin tehdä laserhitsaamalla ja kaivertamalla uusi koodi.

Loppusanat

Muovituotteen suunnittelu ei ole helppoa, mutta toivottavasti tämä ohje auttaa sinua suunnittelemaan yhä parempia muovituotteita.

Muovi on hankala yhteistyökumppani. Muovi vastustaa kaikkia ideoita ja tahtoo tehdä asiat omalla tavallaan.

Olen kuitenkin sitä mieltä, että jokaisen kokeneen tuotesuunnittelijan pitää pystyä myös suunnittelemaan muovituotteita. Kaikkea ei tarvitse osata itse ja apua kannattaa pyytää.



”Tehdään parempia muovituotteita yhdessä, surkeita on jo maailmassa riittävästi.”

Jyrki Gröhn, muovimies