

KOTELOIDEN VALMISTUSMENETELMÄT JA NIIHIN LIITTYVÄT SUUNNITTELUOHJEET

TkT Harri Eskelinen

Elektroniikkasuunnittelijan ei tarvitse osata itse valmistaa koteloita, mutta mitä enemmän tietää valmistusmenetelmistä ja niiden erityispiirteistä, sitä vähemmän tekee vääriä oletuksia ja suunnitteluprojekti etenee nopeammin. Kustannukset pysyvät paremmin hallinnassa.

PIIRILEVYISTÄ
LAVERGHETTA: MICROWAVE
MATERIALS AND FABRICATION
TECHNIQUES (ARTECH HOUSE)

Perusasioita ruiskuvalusta

- Ruiskuvalu on yleisin menetelmä muokata erilaisia polymeerimateriaaleja muovituotteiksi.
- Ruiskuvalu sopii seuraaville polymeereille:
 - Kestomuovit
 - Kertamuovit
 - Elastomeerit
 - Kumi
 - Komposiitit
 - Solustetut muovit



Ruiskuvalun neljä päävaihetta:

- **Plastisointi** (muovimassan sekoittaminen ja lämmitys)
- **Ruiskutus** (muottipesän täyttäminen)
- **Jäähdytys** (muottipesässä olevan materiaalin jäähdytys)
- **Valmiin kappaleen ulostyöntö muotista**
- **Ruiskuvalu on sopiva menetelmä suurille tuotantomäärille. Jos tuotantomäärä on pieni, muottikustannusten osuus yhden kappaleen valmistuskustannuksista nousee kohtuuttomaksi. Sopiva määrä on vähintään 10 ... 100 000 kappaletta.**

Ruiskuvaletun kotelon ominaisuudet

- Ruiskuvaluprosessin onnistumiseen vaikuttavat muovimassan lämpötila, paine, virtaavan muovimateriaalin suuntautuminen (orientaatio) ja materiaalin kutistumisominaisuudet.
- Ruiskuvaletut kappaleet ovat näistä ominaisuuksista johtuen epähomogeenisia ja niihin muodostuu sisäisiä jännityksiä → otettava huomioon koteloita mitoitettaessa
- Ruiskutusvaiheen asetusten merkitys kappaleen pinnanlaadun muodostumiselle on tärkeä. Kotelon pinnanlaatu riippuu merkittävästi käytetystä ruiskutusnopeudesta.
- Ruiskuvalukappaleen pinnanlaatu vaativat, että massasulan lämpötila olisi vakio koko ruiskutusvaiheen ajan → otettava huomioon geometriaa suunniteltaessa ja asetettaessa pinnanlaatuvaatimuksia

- Jäähdytysjakson ja jähmettymisen tulisi tapahtua tasaisesti, jotta saataisiin huokoseton, jännityksetön ja kieroutumaton kappale.
- Muotissa kappaletta ympäröivät muotin seinämät ja kutistuminen on osin mekaanisesti ohjattua. Kappale ei pääse taipumaan tai kieroutumaan ja siten myöskään jälkipaineen aiheuttamat sisäiset jännitykset eivät pääse purkautumaan → kun suunnitellaan ruiskuvalettava kotelo, suunnitellaan ensisijaisesti sen muotti !

Ruiskuvalumenetelmän asettamat reunaehdot tuotteelle:



Missä on raja seinämäpaksuudelle?

- Seinämäpaksuuden raja riippuu itse paksuudesta sekä sulan virtausmatkasta. Jos valmistetaan matkapuhelimen kuori seinämäpaksuudeltaan n. 1 mm, puhutaan varmasti ohutseinämäteknikasta. Yhden millimetrin paksuisen paidannapin valmistus ei ole enää ohutseinämäteknikkaa, sillä kappaleen koko on hyvin pieni ja sulan muovin virtausmatka lyhyt.
- Ohutseinämäteknikasta puhutaan, kun seinämäpaksuus on alle 1 mm ja virtausmatka-seinämäpaksuus-suhde (L:T) on yli 100:1. Matkapuhelinten kuorten seinämäpaksuus on nykyisin noin 0,8 mm ja L:T-suhde noin 150.

- Jäykkyyden puute on suurin ohutseinämäisten kappaleiden käyttökohteita rajoittava tekijä.
- Kappaleen neliömomentti romahtaa kahdeksasosaan, kun seinämänpaksuus puolitetaan. Hyvin ohuet seinämät muuttavat kappaleen ”kalvomaiseksi”, mitä ei välttämättä haluta.
- Muotoilemalla, rivoittamalla sekä käyttämällä lujitettua materiaalia pystytään kappaleen jäykkyyttä parantamaan.

Ruiskuvalettavan tuotteen suunnittelussa huomioonotettavat tekijät:

- Kappaleen sisäiset muodot
- Päästöt
- Virtausmatka muotin sisällä
- Joidenkin muovilaatujen loviherkkyys
- Lujuusominaisuudet
- Paikka, josta muottipesä täytetään
- Muotin ulostyöntömekanismi
- Muotin jäähdytysjärjestelmä
- Liikkuvat keernat

Ruiskuvalettavat materiaalit:

- Amorfisia kestopuoveja ovat esim. PC, ABS, PVC, PS ja PMMA. Osakiteisiä ovat esim. PE, PP, PA, POM ja PET.
- Komposiiteissa matriisina on muovi, johon on seostettu haluttuja seosaineita. Tyypillisiä ovat erilaiset mineraaliseostetut muovit. Mineraalitäyteainetta esim. kalsiumkarbonaattia CaCO_3
- Polymeeriseokset, joissa on sekoitettu keskenään yhtä tai useampaa polymeeriä siten, että polymeerit eivät reagoi keskenään atomitasolla (nk. "blendit")



ABS + PC -blendistä valmistettu matkapuhelimen kuori

Akryylinitriilibutadieenistyreenin ja polykarbonaatin seos

Muita ruiskuvalettuja koteloita:

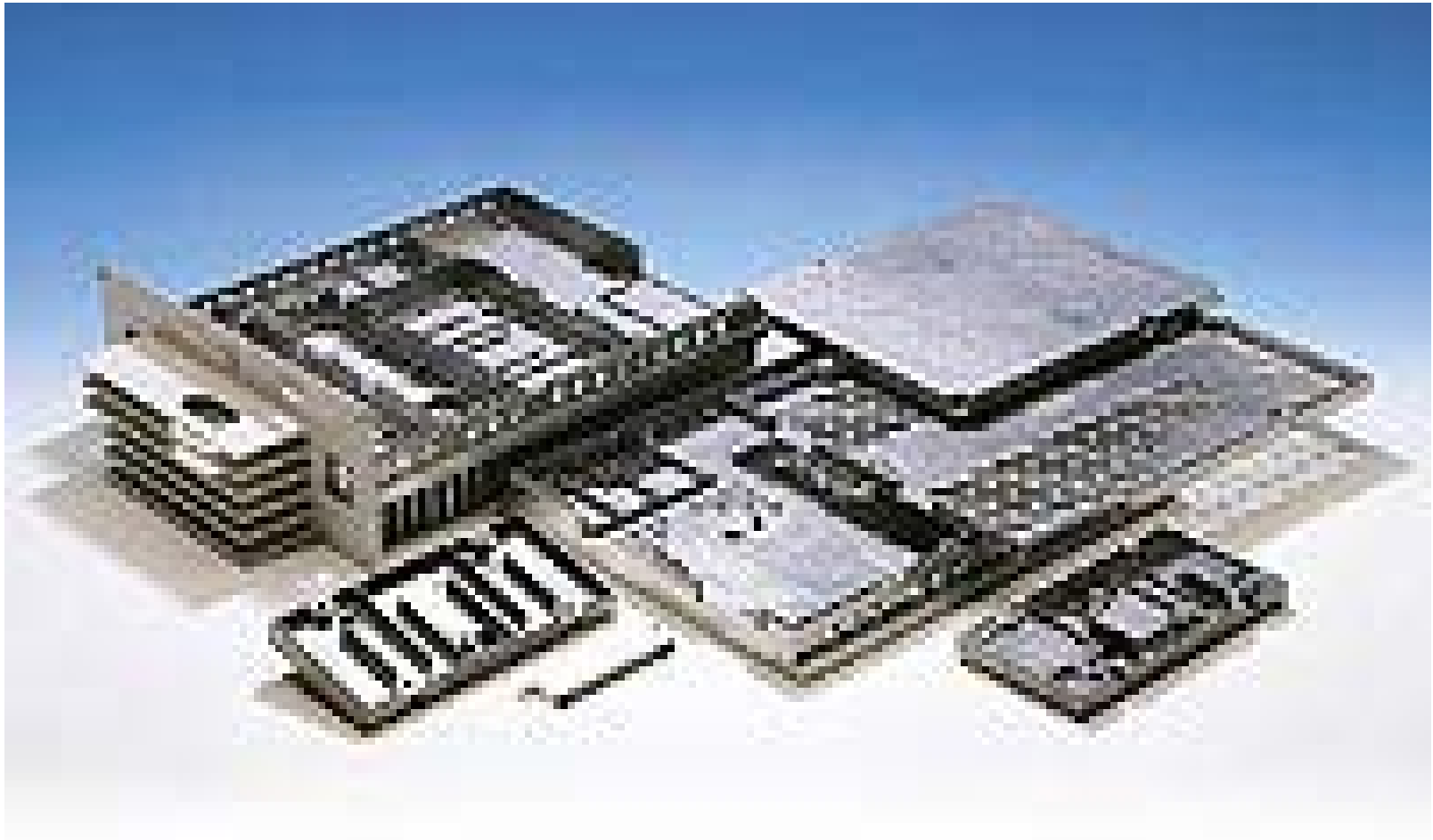


Perusasioita metallien painevalusta

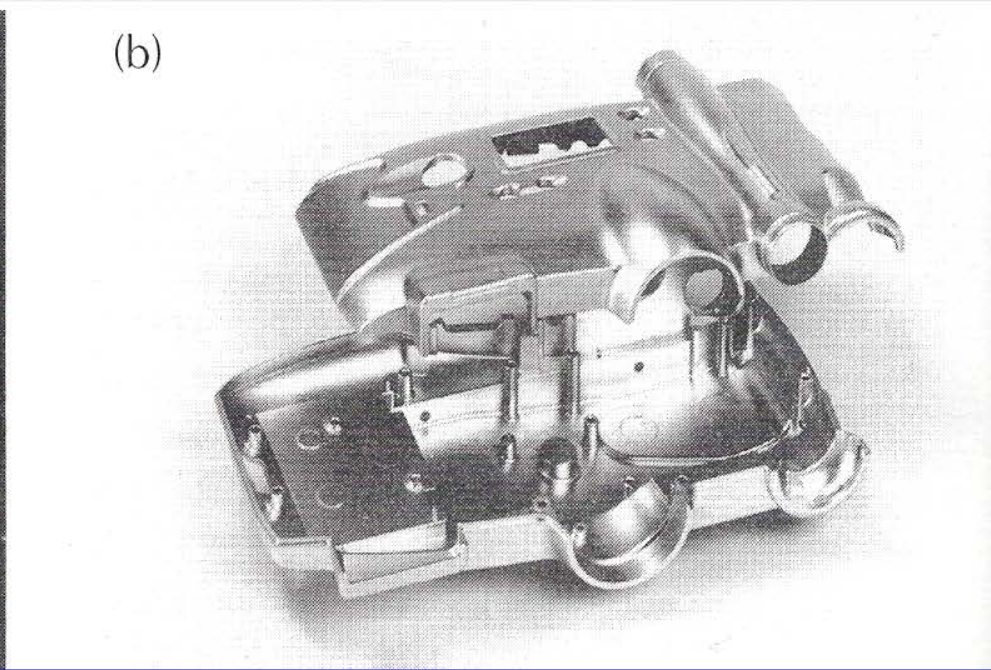
- Peruselektroniikan kotelot valmistetaan lähinnä alumiiniseoksista tai sinkkiseoksista.
- Kevyet, ohuet rakenteet, kuten kamerat valmistetaan magnesiumseoksista.
- Sinkillä saavutetaan parempi metallin juoksevuus muottiin, joten ohutseinäiset kappaleet kannattaa tehdä sinkistä.
- Kun koko kasvaa, vältetään painoa ja alumiiniseos on tarkoituksenmukaisempi.
- Alumiiniseoksia on erityisen vaikeita valaa, koska niillä on taipumus tuottaa kaasukuplia.
- Alumiinilla on myös suuri kiteytymiskutistuma, mikä aiheuttaa imuja, vääntymiä sekä vaikeuksia poistaa kappale muotista

- Kappale voi olla muodoiltaan vaativa: ohuita seinämiä, teräviä reunoja, hankalia kulmia ja kierteitä voidaan painevalaa.
- Painevalussa sula metalli, jonka lämpötila on alumiinia valettaessa noin 700°C ja magnesiumia valettaessa noin 650°C, syötetään suurella nopeudella ja paineella teräksestä valmistettuun kestopuottiin. Vaativien painevalukappaleiden valamisessa tyhjövalun käyttö on onnistumisen edellytys.
- Taloudellinen yli 5000kpl sarjoissa.
- Tarkkuustoleranssi 0.5% nimellimitasta.

Alumiinipainevalun esimerkkinä tukiasemissa tarvittavat koteloinnit



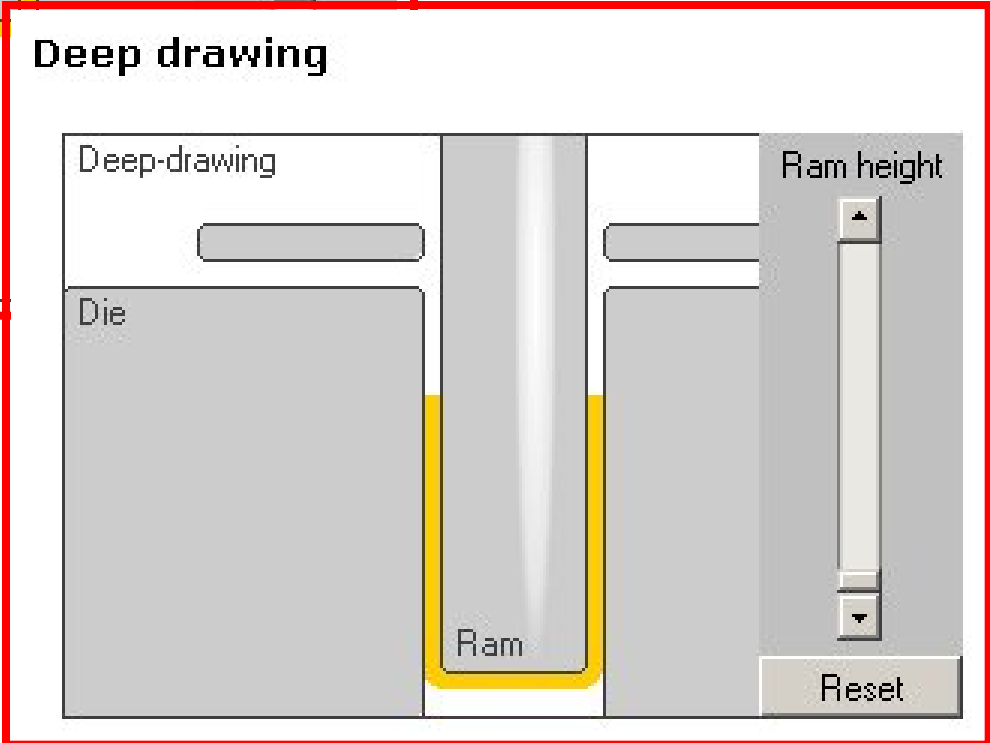
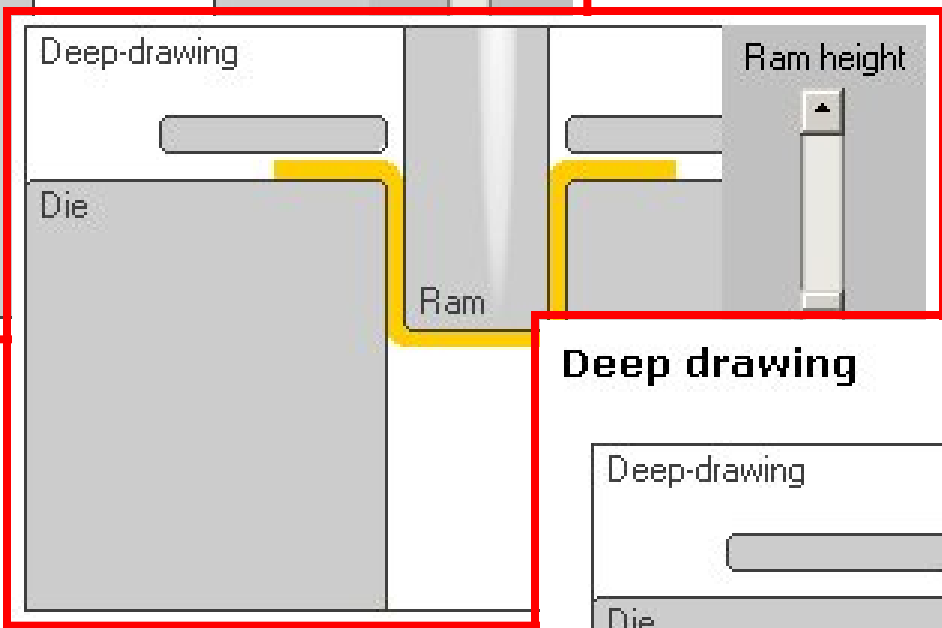
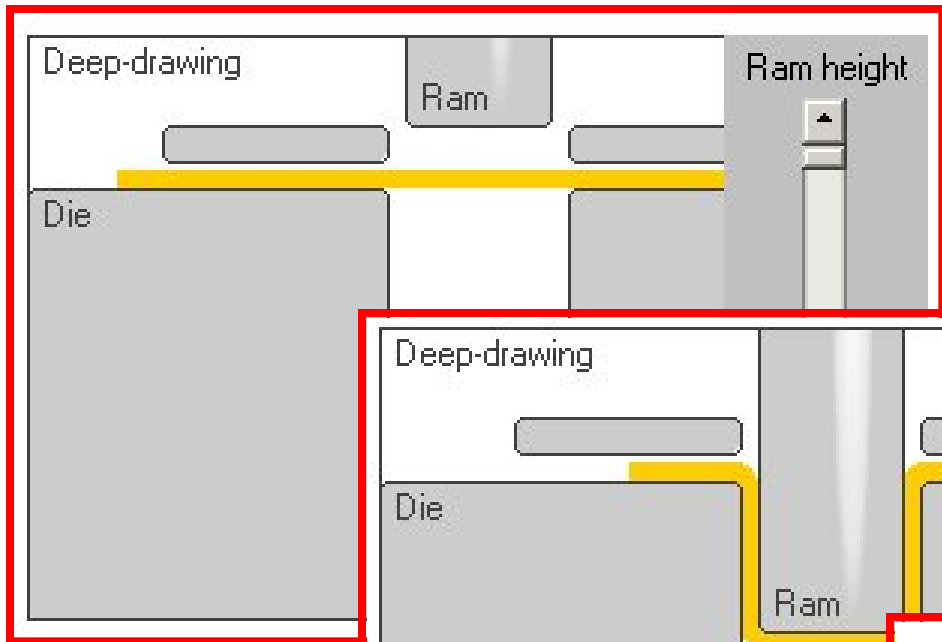
Magnesiumpaineevalun esimerkkinä videokameran runko



Perusasioita syvävedosta ja venytysmuovauksesta

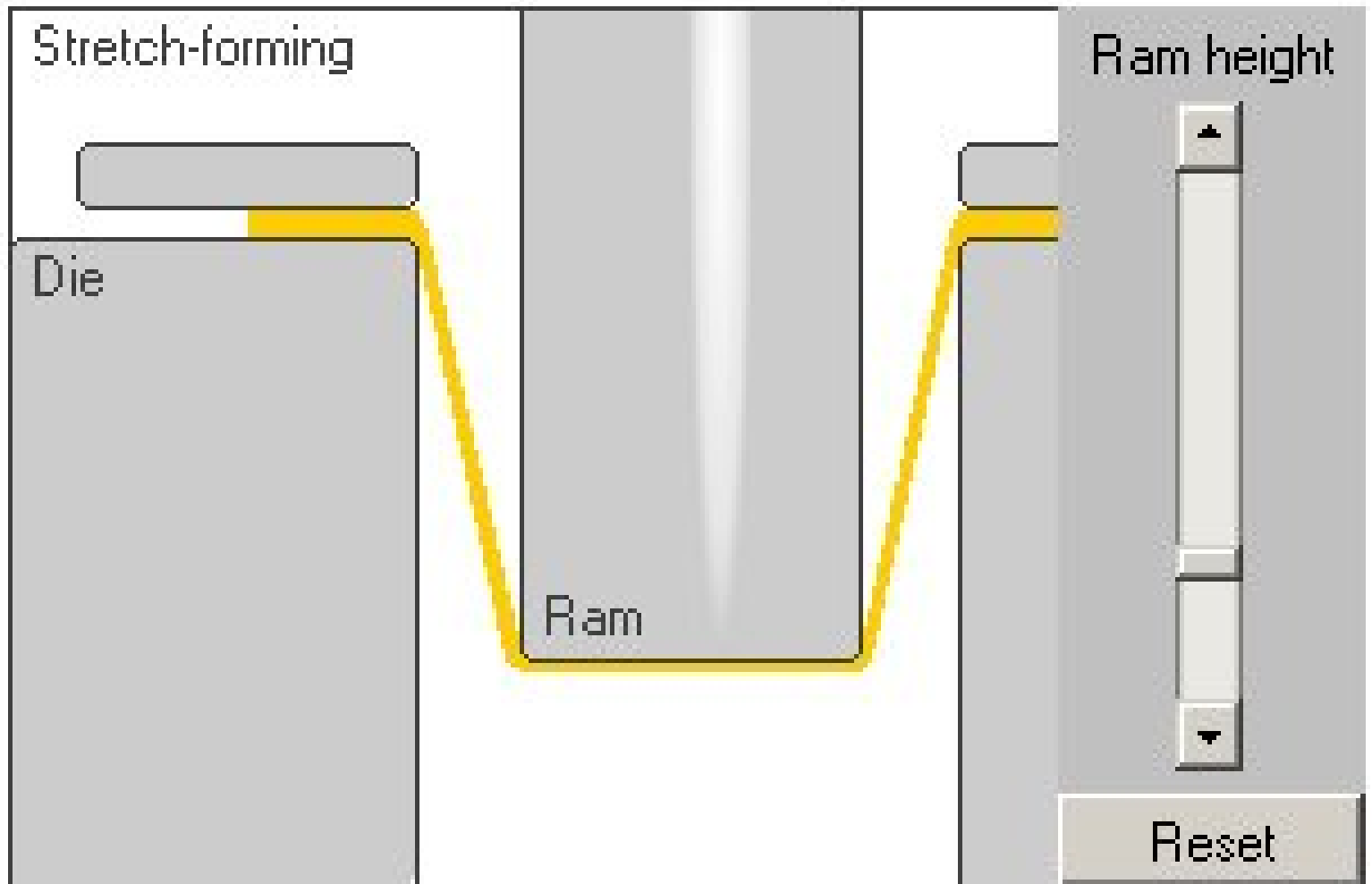
- Syvävedossa levyaihiosta painetaan kotelo pyrkimättä muuttamaan levynpaksuutta
- Venytysmuovauksessa aihion liukuminen muovattaessa on estetty ja levy ohenee
- Syvävedolla saavutetaan hyvä valmiin kotelon mittatarkkuus ja pinnanlaatu sekä kotelon muotojäykkyys.
- Sopii erinomaisesti sarjatuotantoon

Syvävedon periaate



Venytysmuovauksen periaate

Stretch forming



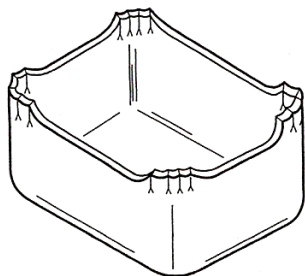
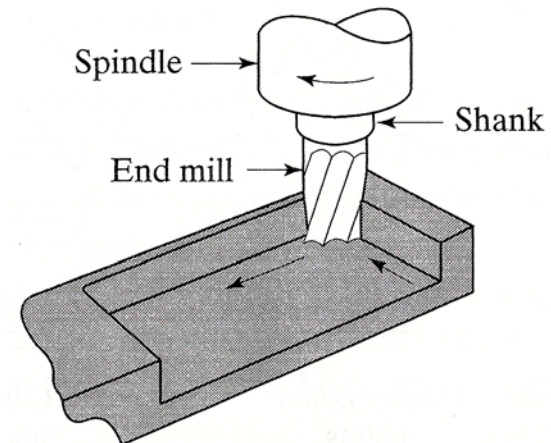
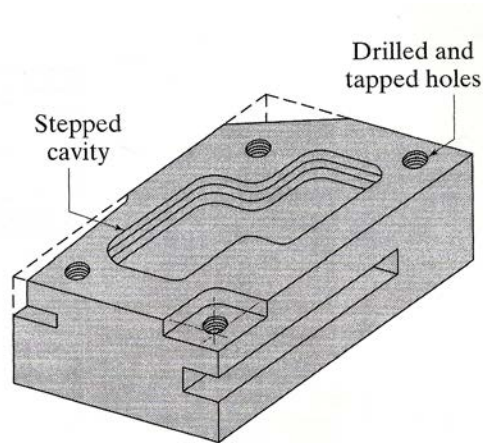
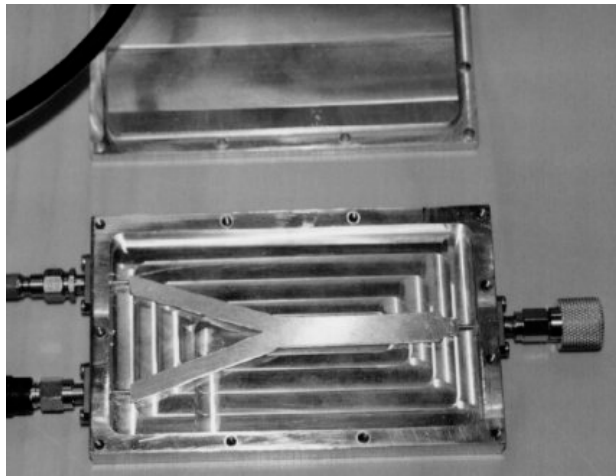
Syvävedettyjä koteloita...



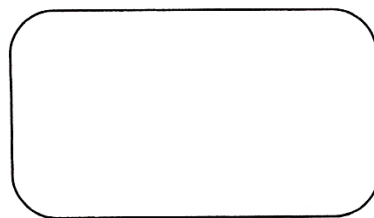
Kyseisen kaltaisille koteloille mahdollisia materiaaleja ovat mm. alumiiniseokset, pronssit, kupariseokset ja kylmä-valssattu teräs sekä μ -metalli (Ni77/Fe14/Cu5/Mo4).

Yksittäisiä koteloita tai niiden muotoja voi valmistaa myös mm.

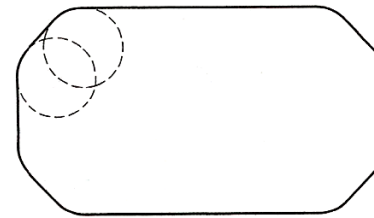
- Perinteisillä lastuavilla työstömenetelmillä
- Levyosista taivuttamalla, lävistämällä ja käyttämällä eri liittämismenetelmillä
- Kipinätyöstöllä



(a)

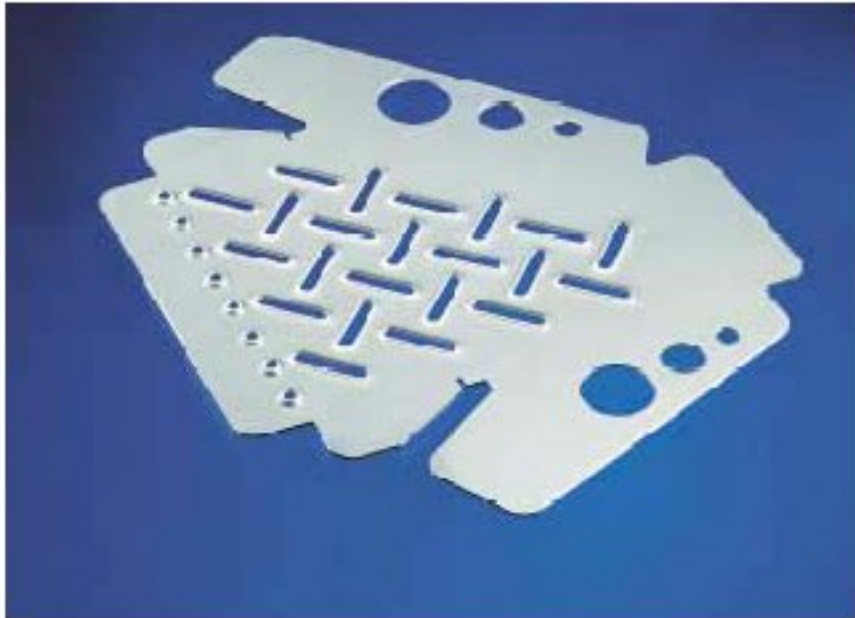


(b)



(c)

Levytyötekniikan sovelluksia...



Suunnittelu kokoonpanoa varten:

- Minimoi osien määrä kokoonpanossa tai rakenteessa
- Suunnittele modulaarisia rakenteita
- Yritä löytää rakenneosalle niin monta toimintoa kuin mahdollista
- Vältä erillisiä kiinnitysosia tai muotoja
- Tee asennusvaiheet mahdollisiksi yhdestä kokoonpanosuunnasta
- Minimoi tarvittavien valmistusvaiheiden määrä
- Varmista, että rakenteessa on riittävästi tilaa työkaluille ja asennukselle
- Käytä standardisoituja muotoja, komponentteja, työkaluja ja teriä
- Tarkasta, mihin valmistusvirheiden summautuminen on sallittu
- Tarkasta, että pinnanlaatu, mitta-, paikka ja geometriset toleranssit ovat keskenään sopusoinnussa
- Käytä osia, jotka voi asentaa oikein useassa eri suunnassa ja vältä osia, jotka tarkertuvat toisiinsa kokoonpanovaiheissa
- Toista samoja valmistusvaiheita
- Käytä parametrissa suunnittelua
- Suunnittele tuote automatisoitua tuotantoa varten, usein se on silloin edullinen myös manuaaliseen tuotantoon