

Muottipesän valmistettavuus

Tuula Höök – Tampereen teknillinen yliopisto

Muottipesän valmistamiseen on olemassa kolme perusmenetelmää:

- suurnopeusjyrsintä
- uppokipinätyöstö
- lankasahaus

On myös joitakin harvemmin käytettyjä erikoismenetelmiä, kuten muottiinpakotus ja erilaiset pikavalmistusmenetelmät. Pikavalmistusmenetelmät ovat sopivat erityisesti protomuottien valmistamiseen, mutta vain ruiskuvalumenetelmää varten. Painevalumuotin muottipesää ei ole järkevää valmistaa pikavalmistusmenetelmällä, koska muotti ei tule kestäämään protosarjan loppuun saakka. Muottiinpakotus sopii pienten, yksinkertaisten tuotteiden muottipesän valmistamiseen tai joidenkin yksityiskohtien, kuten kiinteiden keernojen valmistamiseen. Menetelmän etuna on, että sillä voidaan valmistaa sarja samanlaisia muottipesiä tai keernoja suhteellisen helposti ja edullisesti.

Suurnopeusjyrsintämenetelmä on samankaltainen kuin perinteinen jyrsintämenetelmä. Suurnopeusjyrsinnässä käytetään suurempia karan pyörimisnopeuksia ja suurempia lastuamisnopeuksia. Lastuamiseen tarvittava voima on myös pienempi ja työkalut voivat olla halkaisijaltaan pienempiä. Työkalun halkaisijan ja pituuden täytyy olla tietyssä suhteessa toisiinsa. Jos varren pituus kasvaa liikaa, työkalun jäykkyys kärsii. Suurnopeusjyrsintämenetelmin voidaan valmistaa pienempiä nurkkapyörityksiä ja pienempiä yksityiskohtia kuin perinteisin menetelmin. Pienimmät terähalkaisijat ovat alle 1 mm. Näillä hyvin pienikokoisilla terillä voidaan valmistaa jopa 0,2 – 0,5 mm nurkkapyörityksiä, mutta työkalu kuluu hyvin nopeasti. Järkevä käyttöaika saattaa olla vain 10 – 30 minuuttia.

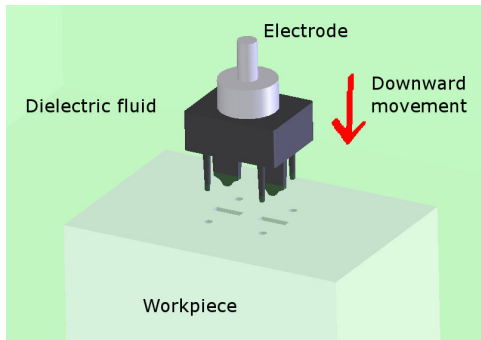
Pienimmillä työkaluilla voidaan työstää hyvin pieniä yksityiskohtia, mutta työkalun pituus lyhenee samalla, kun halkaisija pienenee. Kapeat ja suhteellisen syvät muodot on vielä nykyisinkin paras valmistaa uppokipinätyöstökoneella. Uppokipinätyöstö on periaatteeltaan sulattamalla työstämistä. Työkappaletta sulatetaan pienissä erissä elektrodin ja työkappaleen välillä tapahtuvien sähköpurkausten avulla. Työkappale upotetaan dielektriseen nesteeseen. Työkappaleen ja elektrodin välille kytketään säännöllisesti toistuva jännite. Dielektrinen neste muuttuu säännöllisten sähköimpulssien vaikutuksesta eristeestä johteeksi, jonka jälkeen tapahtuu suurienerginen sähköpurkaus. Purkaus sulattaa työkappaleesta pienen annoksen ainetta pois. Elektrodi on valmistettu työstettävän muodon mukaiseksi. Se on sähköpurkauksen syntymiseen tarvittavan etäisyyden verran pienempi kuin työstettävä muoto.

Uppokipinätyöstö on suurnopeusjyrsintään verrattuna kallis työstömenetelmä. Menetelmässä käytettävä elektrodi täytyy koneistaa erikseen grafiitista tai kupariseoksesta. Uppokipinätyöstö on sulattamalla työstämistä ja myös elektrodi lämpenee ja kuluu työstöprosessin aikana. Muotinvalmistaja ei tule toimeen pelkästään yhdellä elektrodilla, vaan hänen täytyy valmistaa useita elektrodeja, joista osa on mitoitettu karkeatyöstöä ja osa viimeistelyä varten.

Erikoismenetelmät

Suurnopeusjyrsintä

Uppokipinätyöstö

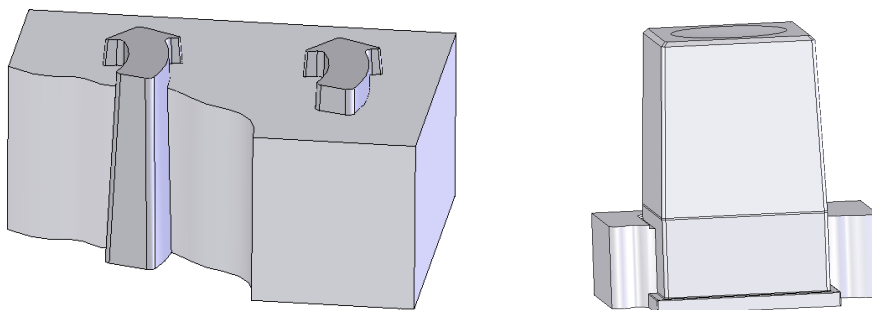


Kuva 1. Uppokipinätyöstöjärjestelmään kuuluu elektrodi, työkappale, dielektristä nestettä sisältävä allas ja ohjausjärjestelmä, joka tuottaa sähköimpulsseja elektrodin ja työkappaleen välille. Ohjausjärjestelmä liikuttaa elektrodia. On tavallista, että elektrodia etäännytetään työkappaleesta sähköpurkausten välillä. Liike edistää lastujen poistumista työstettävältä alueelta. Uppokipinätyöstömenetelmällä valmistettavat muodot ovat tavallisesti kapeita ja korkeita uria ja syvennyksiä.

Uppokipinätyöstö on hyvin hidas työstömenetelmä. Uppokipinätyöstämällä valmistetun muottipesän pintojen viimeistely on hitaampaa kuin suurnopeusjyrsityn pinnan tai perinteisellä tavalla jyrsityn pinnan viimeistely. Uppokipinätyöstetty pinta on täynnä pieniä puoreita syvennyksiä. Toisinaan nämä syvennykset ovat toivottuja, koska ne muotoavat valukappaleen pintaan pieniä ja koristeellisia puolipallon muotoisia kohoumia. Painevalumuotin muottipesässä ei kuitenkaan saa olla ollenkaan uppokipinätyöstön jättämää pintaa. Pinnassa olevat syvennykset ovat epäjatkuvuuskohtia, jotka ydintävät lämpöväsämissäröjä. Uppokipinätyöstöpinta täytyy poistaa kokonaan.

Lankasahaus on tavallinen menetelmä kiinteiden keernojen ja niiden kiinnitysreikien valmistamisessa. Keernojen valmistamisessa käytetään myös suurnopeusjyrsintää ja pernteistä jyrsintää. Lankasahaaminen on samankaltainen menetelmä kuin uppokipinätyöstömenetelmänkin. Lankasahauslaitteistoon kuuluu elektrodilanka, joka liikkuu työkappaleen läpi leikaten sitä erittäin hitaalla nopeudella. Työkappale on upotettu dielektriseen nesteeseen samoin kuin uppokipinätyöstömenetelmässä. Työstämisen periaate on myös sama. Liikkuva lanka ei lämpene yhtä paljon kuin uppokipinätyöstön elektrodi. Lankasahausmenetelmä sopii materiaaleille, joiden sulamispiste on hyvin korkea eli materiaaleille, joiden uppokipinätyöstäminen on lähes mahdotonta.

Työstettävän kappaleen muodon on oltava sellainen, että se voidaan valmistaa suoralla langalla. Kiinteät keernat, keernojen kiinnitysaукot ja ulostyöntimien reiät ovat esimerkkejä muodoista, jotka on helppo valmistaa lankasahaamalla.



Kuva 2. Vasemmalla: Lankasahattu kiinteä keerna, joka on kiinnitetty niin ikään lankasahattuun aukkoon. Oikealla: Korkea ja massiivinen kiinteä keerna, joka on kiinnitetty lankasahattuun aukkoon.

Lankasahaus

Kappaleen suunnittelija päättää myös pinnan ulkonäköön liittyvät asiat, kuten materiaalin laadun ja värin sekä pintakäsittelyt. Valinnat vaikuttavat muottipesän pinnan viimeistelyyn. Painevalumuotin muottipesä viimeistellään pääasiassa valuprosessin helpottamiseksi. Muottipesän pinnan tulee olla sopivasti karhea siten, että ruiskutusaine kostuttaa sen vlukiertojen välillä. Kappaleen pinnalaatua tarkastellaan lähinnä lämpöväsymissäröilyn ja muotin kulumisen kannalta. Muottipesän pinnalaatu vaikuttaa kappaleen pinnalaatuun, mutta lähinnä muottipesän pintaan muodostuvien vikojen kautta. Tavoitteet eivät ole pinnan koristeellisuuksessa, kuten ruiskuvalukappaleilla.

Ruiskuvalumuotin muottipesän viimeistelyyn käytetään tavallisimmin seuraavia menetelmiä:

- **Kiillotus eri asteisesti**
Kiillotettu muottipesä tuottaa kiiltäväpintaisia kappaleita. Jos kappaleesta on tarkoitus valaa läpinäkyvä, muottipesä kiillotetaan peilipintaan. Tiukimmat vaatimukset ovat optisilla komponenteilla, kuten linseillä. Ruiskuvalumuotteja varten valmistetaan erityisiä kiillotettavia teräslaatuja.
- **Kipinätyöstöpinta**
Uppokipinätyöstö jättää työstettävän materiaalin pintaan pieniä pyöreitä syvennyksiä. Syvennysten koko riippuu uppokipinätyöstössä käytettyjen sähköimpulssien voimakkuudesta. Syvennykset valavat kappaleen pintaan pieniä nystyröitä. Jos sähköimpulssien voimakkuus on sopiva, pinta on koristeellinen. Uppokipinätyöstö on tavallinen pintojen viimeistelemiseen käytetty menetelmä, koska se on halpa verrattuna kiillottamiseen. Kiillotus saattaa vaatia useita tunteja, jopa kymmeniä tunteja käsin tehtävää työtä.
- **Kemiallinen etsaus**
Menetelmällä voidaan valmistaa muottipesään 0,01 – 0,6 mm syvä kuviointi, joka valaantuu kappaleen pintaan. Muottipesään asetetaan valoherkkä filmi, johon on tuotettu halutun kuvioinnin negatiivi. Filmi altistetaan valolle ja poistetaan. Filmin takana oleva valoherkkä aine tarttuu muottipesän pintaan muodostaen kuvioinnin mukaisen suojaavan kalvon. Muottipesä huuhdotaan kemikaalilla, joka etsaa kuvionnin muottiteräkseen. Etsausta toimittavilla yrityksillä on tavallisesti iso valikoima erilaisia valmiiksi kuvioituja filmejä, joista voi valita tarkoitukseensa parhaiten sopivan mallin. Pintakuviointia ei siis voi suunnitella täysin vapaasti. Kustannukset riippuvat muottipesän muodoista ja käsiteltävän alueen laajuudesta.
- **Lasertyöstö**
Lasertyöstömenetelmällä voidaan valmistaa pieniä merkkauksia ja kuviointeja muottipesän pintaan. Kuvioinnin maksimisyvyys on noin 0,75 mm.

Kappaleen pinnoittaminen voi asettaa muottipesän pinnan viimeistelylle erityisvaatimuksia. Kappaleen pinnan tulisi olla sopivan karhea ja puhdas, jotta se voidaan pinnoittaa. Painevalukappaleissa voi olla ruiskutusainejäämiä ja kauhan voiteluun käytettävän kemikaalin jäämiä. Ne täytyy poistaa kokonaan, jotta pinnoitteesta tulee kestävä. Ruiskuvalukappaleet ovat puhtaampia. Työkalunvalmistajan kanssa tulee keskustella riittävästi ja riittävän ajoissa, jotta kaikki pinnoittamisen vaatimat yksityiskohdat tulee huomioitua.

Lähteet

E. C. Jameson, Electrical Discharge Machining, Society of Manufacturing Engineers, Michigan, 2001.

G. Menges, W. Michaeli, P. Mohren: How to make injection molds, Hanser, Munchen, 2000

Sandvik web-sivusto: <http://www.sandvik.com/>

Eri yritysten web-sivustoja, kemiallista etsausta ja lasermerkkausta toimittavat yritykset.