

Uppokipinätyöstö

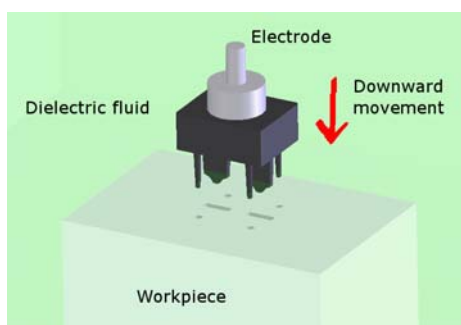
Tampereen teknillinen yliopisto – Tuula Höök

Uppokipinätyöstö on työstömenetelmä, jolla on mahdollista

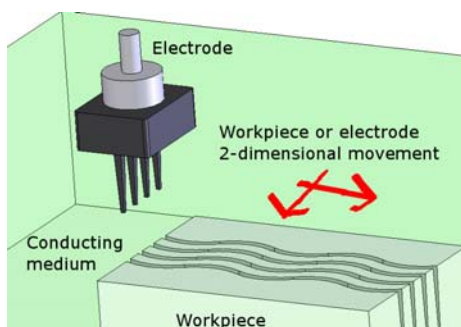
1. Valmistaa pienisäteisiä sisäpuolisia pyöristyksiä.
2. Valmistaa päästöllisiä syviä ja kapeita muotoja.
3. Työstää karkaistua terästä ja muita hankalasti työstettäviä materiaaleja.

Kipinätyöstö on ollut pitkään ainut menetelmä, jolla pystytään työstämään karkaistua terästä. Suurnopeusmenetelmät ovat tehneet mahdolliseksi jyrsiä monia muotoja koviinkin materiaaleihin, mutta edelleen on joitakin teknisiä rajoituksia: Syviä mutoja varten täytyy valita pitkävärtinen työkalu. Pitkä varsi lisää pyörimisliikkeen aiheuttamaa värähtelyä ellei rakenne ole erittäin jäykkä. Ohuthalkaisijaisia teriä on vaikea jäykistää riittävästi, joten käytännössä on mahdotonta jyrsiä muotoja, jotka ovat sekä syviä että kapeita. Uppokipinätyöstö ei aseta vastaavia rajoituksia, koska työkaluun eli uppokipinätyöstöelektrodiin ei kohdistu juuri lainkaan mekaanista rasitusta.

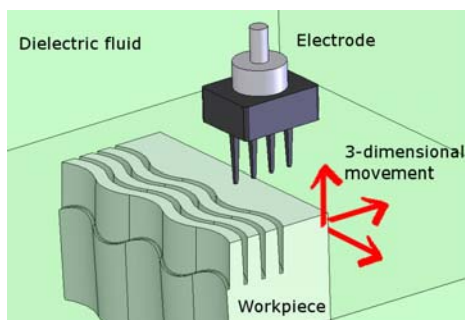
Uppokipinätyöstötapahtuman peruselementit ovat: elektrodi, kipinätyöstöneste ja työkappale. Työkappaleen ja elektrodin välille kytketään jännite. Uppokipinätyöstökone liikuttaa elektrodia ja/tai työpöytää lineaariliikkeillä kolmiulotteisesti ja joissakin konetyypeissä myös pyöräyttämällä. (Katso kuvat alla.) Lineariakselit nimetään tavallisesti X, Y ja Z -akseleiksi ja pyörähdysakseli C -akseliksi.



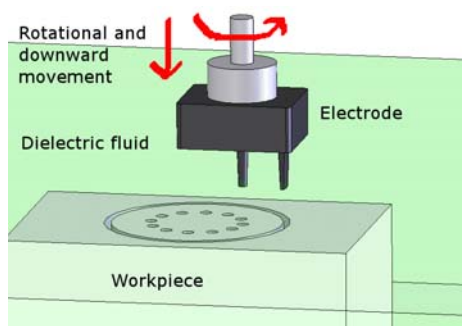
Kuva 1. Yksinkertainen tilanne. Elektrodi liikkuu hitaalla alaspäin suuntautuvalla liikkeellä. Tarkoituksena on valmistaa syviä pienihalkaisijaisia reikiä ja uria työkappaleeseen. Työkappale pysyy paikoillaan.



Kuva 2. Monimutkaisempi tilanne. Joko elektrodia tai työkappaletta liikutetaan kaksiulotteisesti. Kaksiakselinen työstö.

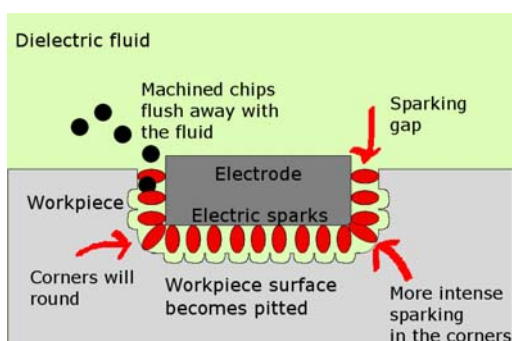


Kuva 3. Jos kuvassa 2 olevan uran pohja muotoillaan aaltomaiseksi myös pystysuunnassa, työstö vaatii yhden ohjelmoitavan akselin lisää. Kolmiakselinen työstö.



Kuva 4. Uppokipinätyöstöä alaspäin suuntautuvalle ja pyörähtävällä liikkeellä. Elektrodi voidaan valmistaa yksinkertaiseksi. Voi olla mahdollista käyttää standardielektrodeja. Tarkoituksena on työstää 12 reikää ja ura.

Kipinätyöstötapahtuma on melko yksinkertainen. Kipinätyöstökone tuottaa nopeita ja säännöllisiä muutoksia jännitteessä työkappaleen ja elektrodin välillä. Napaisuus asetetaan elektrodin ja työkappaleen materiaalien mukaan. Kipinätyöstöneste muuttuu eristeestä johteeksi, kun jännite on riittävän suuri ja etäisyys elektrodin ja työkappaleen välillä riittävän pieni. Tällöin tapahtuu suurienerginen sähköpurkaus, joka sulattaa ja höyrystää pienen annoksen työkappaleen materiaalia. Työkappaleen pinnasta tulee kuoppainen. (Katso kuva.) Kipinätyöstökoneessa on servojärjestelmä, joka estää elektrodia koskettamasta työkappaleeseen. Jos elektrodi pääsisi kosketukseen työkappaleen kanssa, sähköinen piiri menisi oikosulkuun, jännite putoaisi ja työstö lakkaisi. Työkappaleen pinta jäähtyy sähköimpulssien välillä. Työkappaleesta irronnut ja höyrystynyt materiaali muodostaa pallomaisen lastun, joka huuhdotaan työalueelta kipinätyöstönesteen mukana.



Kuva 5. Kipinätyöstön periaate.

Lastunpoisto on erittäin tärkeä toimenpide. Lastut voivat vaikeuttaa työstöä eri tavoin:

- Lastut johtavat sähköä ja suurentavat kipinäntiivistä. Työstetty kappale ei pysy annetuissa toleranssivälillä.
- Lastut voivat takertua toisiinsa ja eristää työkappaleen pinnan. Osa työstöenergiasta hukkaantuu lastujen työstämiseen.

- Liikkuvat lastut aiheuttavat ennakoimattomia muutoksia elektrodin ja työkappaleen välisessä jännitteessä. Kipinätyöstökone säätää servojaan tarkkailemalla työstöjännitettä. Jännitemuutokset häiritsevät servojen toimintaa.

Lastunpoistoon on olemassa erilaisia menetelmiä. Menetelmiä ovat kipinätyöstönesteeseen paineistaminen työkappaleen tai elektrodin läpi, tyhjän käyttö työkappaleen alla, kipinätyöstönesteeseen paineistaminen suuttimen kautta ja elektrodin liikuttaminen mekaanisesti sähköimpulssien välillä. Menetelmiä kuvataan tarkemmin otsikon ”Uppokipinätyöstön elektrodit” alla.

Kipinätyöstössä on kolme tärkeää säädettävää parametria:

- sähkövirta
- sähköjännite
- napaisuus

Kipinätyöstökoneiden valmistajat antavat parametreille ohjearvoja. Mitä suurempaa jännitettä ja virtaa käytetään, sitä epätasaisempi työstetystä pinnasta tulee, mutta samalla myös työstönopeus kasvaa. Tästä syystä työstö tehdään tavallisesti kahdessa vaiheessa: karkeatyöstövaihe ja viimeistelyvaihe. Karkeatyöstövaiheessa kipinätyöstökone säädetään poistamaan ainetta tehokkaasti ja nopeasti. Viimeistelyvaiheessa aineenpoistonopeus ei ole yhtä suuri. Tarkoituksena on työstää mahdollisimman suurella tarkkuudella.

Kipinätyöstöelektrodi on työstettävän muodon negatiivi. Jos on tarkoitus työstää päästölinen reikä, elektrodista tehdään päästölinen tappi – mutta mitoiltaan pienempi. Elektrodi valmistetaan kipinäintivälin mitan verran haluttua muotoa pienemmäksi. Yhtä paljon pienemmäksi kaikissa suunnissa. Elektrodin mitat lasketaan työstettäville materiaaleille laadituista taulukoista. Kipinätyöstökoneiden valmistajat toimittavat näitä taulukoita ohjekirjojen mukana.

Elektrodi kuluu työstön aikana. Nurkat kuluvat enemmän kuin tasomaiset osat, koska kipinäointi on voimallisempaa elektrodin nurkkakohdissa. Nurkkakohdat poistavat myös enemmän ainetta kuin tasomaiset pinnat. Joillain työkappaleen materiaalin, elektrodimateriaalin ja työstöparametrien yhdistelmällä päästään tilanteeseen, jossa elektrodi ei kulu juuri lainkaan. Tavallisimmin tilanne saavutetaan, kun käytössä on kuparinen tai grafiitista valmistettu elektrodi ja työstettävä materiaali on terästä.

Yleisimmät elektrodimateriaalit ovat:

- grafiitti
- erilaiset kupariseokset
- volframiseokset ja puhdas volframi
- kuparigrafiitti

80 – 90 % teräksen työstämiseen käytettävistä elektrodeista valmistetaan grafiitista. Tähän on neljä syytä:

- grafiitti on suhteellisen halpa materiaali
- grafiitti on helposti koneistettavaa
- grafiitti ei johda lämpöä kovin hyvin
- grafiitin sulamispiste on hyvin korkea, noin 3000 °C

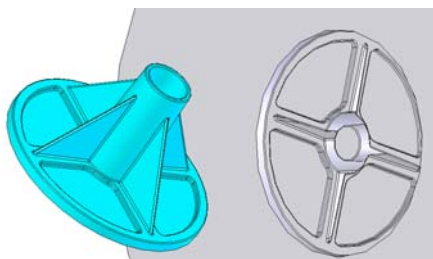
Grafiittielektrodeja käytetään yleensä korkean sulamispisteen materiaaleille ja metallielektrodeja matalissa lämpötiloissa sulaville materiaaleille. Eräs poikkeus on volframikarbidi, jonka työstämiseen ei suositella grafiitista valmistettua elektrodia.

Kipinätyöstö on periaatteeltaan sulattamalla työstämistä. Jos elektrodin sulamispiste on samaa luokkaa kuin työstettävän materiaalin sulamispiste, elektrodi kuluu erittäin nopeasti. Volframin sulamispiste on saman suuruinen kuin grafiitin ja sellaisena materiaali olisi hyvin käyttökelpoinen elektrodien valmistukseen, mutta volframia on erittäin hankala työstää. Metallit ovat tavallisesti hyviä lämmönjohteita, joten niistä valmistetut elektrodit lämpenevät nopeasti kipinätyöstötapahtuman aikana. Osa työstöenergiasta hukkuu elektrodin lämmittämiseen. Grafiittielektrodit ovat tehokkaampia, koska ne eivät johda lämpöä eivätkä lämpene.

Grafiittia on saatavilla eri laatuluokissa erittäin hienorakeisista laaduista suurirakeiseen karkeatyöstölaatuun. Grafiitin raekoko vaikuttaa elektrodiin työstetyn pinnan laatuun ja edelleen kipinätyöstetyn työkappaleen pinnan laatuun. Mitä hienompi raekoko sen parempi pinta elektrodiin saadaan työstämällä ja sen parempi pinta on kipinätyöstetyssä kappaleessa.

Kipinätyöstönesteet ovat joko öljyä tai deionisoitua vettä. Öljyä käytetään yleisesti uppokipinätyöstössä ja deionisoitua vettä lankasahauksessa. Neste jäädyttää työkappaletta ja työkappaleen pinnasta irrotettua ainetta, poistaa lastut kipinäntiivistä ja toimii sähköpurkauksen väliaineena. Kipinätyöstönesteiden sähköiset ominaisuudet on selvitetty perusteellisesti ja nesteet ovat tasalaatuisia.

Suurnopeustyöstö on syrjäyttänyt uppokipinätyöstöä monissa sovelluksissa mukaan luettuna karkautun teräksen työstäminen ja pienisäteisten sisäpyörästysten työstäminen. Suurnopeustyöstön terät voivat olla hyvin pienihalkaisijaisia. Suurnopeustyöstötekniikoiden kehittymisestä huolimatta uppokipinätyöstölle on edelleen tarvetta. Päästölliset syvät ja kapeat urat on lähes mahdoton valmistaa muilla menetelmillä. Muita tyypillisiä sovelluskohteita ovat päästölliset pienihalkaisijaiset pohjalliset reiät ja hankalasti jyrstävät materiaalit. Työstettävän materiaalin kovuus ei ole ongelma. Ainoat rajoitteet ovat: materiaalin täytyy johtaa sähköä eikä sen sulamispiste saa olla kovin korkea. Muotit osille, joissa on vahvistus- tai jäähditysriivoituksia, ovat tyypillisiä uppokipinätyöstön sovelluskohteita. (Katso kuva.)



Kuva 6. Ruiskuvalukappale ja muottipesä. Tyypillinen uppokipinätyöstön sovelluskohde. Huomaa syvät ja kapeat urat muottipesässä. Urat muotoavat valukappaleessa olevat vahvistusriivat.

Ruiskuvalukappaleisiin suunnitellaan toisinaan koristeellisia, hiukan karheita pintoja. Jos muottipesään jätetään uppokipinätyöstetty pinta, valukappaleeseen saadaan tuollainen koristeellinen, pyöreistä pallomaisista kohoumista koostuva hauskan näköinen ja tuntuinen pinta. Tavallisesti uppokipinätyöstetty pinta kuitenkin poistetaan ja hiotaan tai kiillotetaan eri asteisesti. Poistamiseen käytetään käsityövälineitä. Työvaihe on erittäin hidas ja rasittava kestäen jopa useita vuorokausia. Kaikkein hitainta on pienten yksityiskohtien ja syvien muotojen viimeistely. Jos muottipesä täytyy kiillottaa, kipinätyöstetty pinta poistetaan kokonaan. Suurnopeusjyrstintä vähentää käsityövaltaisen viimeistelyn tarvetta.

Painevalumuoteista kipinätyöstön jäljet täytyy aina poistaa kokonaan. Painevalumuotin muottipesän pinta on hiukan karhea, ei koskaan kiillotettu. Uppokipinätyöstetty kuoppainen, karkaistunut ja epätasainen pinta tarjoaa hyvän pohjan lämpöväsymissäröilyn ydintymiselle. Painevalumuotin muottipesä lämpöväsyys joka tapauksessa, mutta erittäin nopeasti säröileminen alkaa, jos muottiin on jäänyt uppokipinätyöstettyä pintaa.

Lähteet

Kipinätyöstökonevalmistajien www-sivuja:

- Agie, <http://www.agie.com>
- Brother, <http://www.brother.com>
- Charmilles, <http://www.charmilles.com>
- Makino, <http://www.makino.com>
- ONA, <http://www.ona-electroerosion.com>
- Sodick, <http://www.sodick.com>

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