

Vesisuihkun lisääminen laseriin poistaa fokuksipisteen kokonaan. Vesiverho kasvattaa leikkaavaa aluetta säteen suunnassa ja pitää leikattavan kappaleen viileänä.

**O**ulun yliopiston Kone-tekniikan osastolla tutkitaan vesisuihkulaserin soveltumista tuotantoon. Vesisuihkulaserissa säde kulkee samansuuntaisen vesisuihkun sisällä. Kokonaisheijastuksen vuoksi säde pysyy suihkun sisällä valokuidun tapaan.

Ilman vesisuihkua laserin fokus on pieni säteen pituussuunnassa. Nyt tehokas leikkausalue on 0–100 millimetriä. Tämä helpottaa monimuotoisten kappaleiden leikkaamista. Leikkauspään ei tarvitse seurata kappaleen pinnan vaihteluita. Kun vesisuihku jäädyttää kappaletta, muodonmuutokset jäävät vähäisiksi eivätkä esimerkiksi pinnoitteet rikkoutu. Tavallisen laserin tapaan menetelmä on tunteeton leikattavan aineen kovuudelle.

Vesisuihkuleikkaukseen ei tarvita suojakaasua eikä fokusointia. Lasersäde heijastelee sylinterimäisen vesisuihkun sisällä. Menetelmän kehittäjä lupaa, että leikkausjälkeen ei tule pursetta eikä se oksidoidu. Laitteisto eroaa perinteisestä laserleikkauskoneesta vesisuihkupään osalta. Vesisuihkupää on patentoitu, muut komponentit ovat standardiosia.

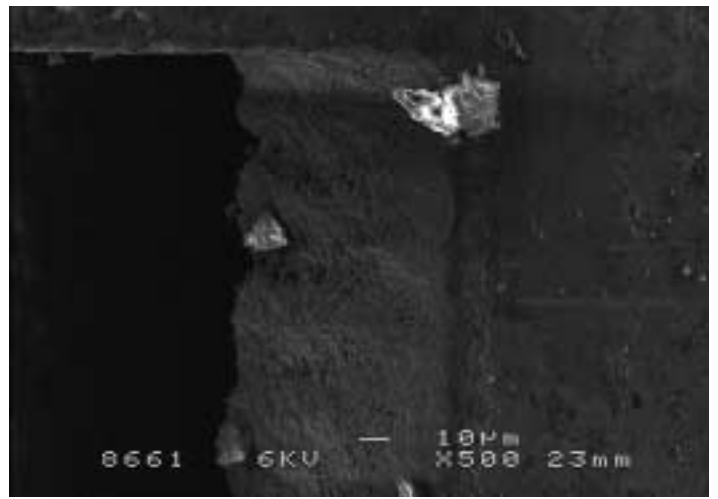
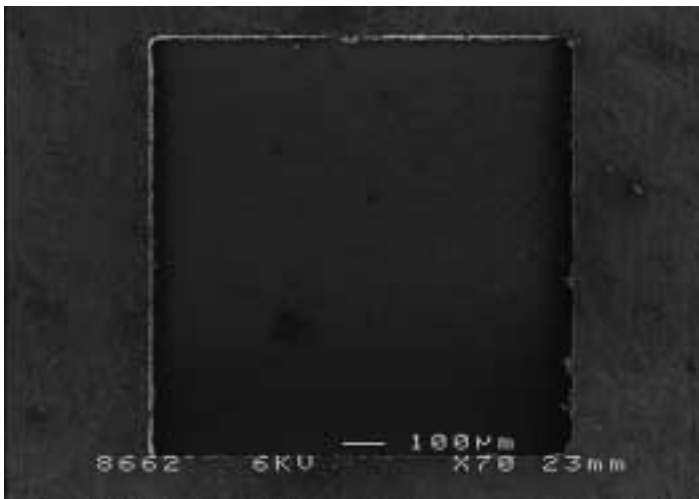
Vesisuihkulaseriin soveltuva laserteholähteen aallonpituus on oltava niin lyhyt, että se läpäisee veden, muttei absorboitu siihen. Vesiverhon sisällä tapahtuu kokonaisheijastus samalla tavalla kuin optisessa kuidussa.

Laserteho laitteissa on pieni, esimerkiksi sveitsiläisen Synovan Nd:YAG-laser laitteissa 200

# Vesi viilentää laserin



*Vesisuihkulaserissa säde kulkee samansuuntaisen vesisuihkun sisällä. Kokonaisheijastuksen vuoksi säde pysyy suihkun sisällä valokuidun tapaan.*



Vesisuihkuleikkaamalla 0,2 millimetriä paksuun tinapronssiin tehty neliömäinen aukko. Vasemman kuvan mittajanan pituus on 100 mikrometriä. Oikeassa kuvassa koepalaa on kallistettu 30 astetta ja mittakaavajanan pituus 10 mikrometriä. Aihiot on kuvattu kenttäemissiopyyhkäisyelektronimikroskoopilla.

wattia. Tällaisella laserilla fokus-piste ja -kulma ovat pieniä ja siten säde voidaan viedä kapeaan vesisuihkuun. Hiilidioksidilaser ei menetelmään sovellu, koska sen aallonpituus on suurempi.

## Piitä halki

Tunnetuin käyttökohte laitteella on piikiekkujen leikkaamisessa. Menetelmä on nousemassa sahausten kilpailijaksi. Sahaamalla valmistettujen aihoiden kuluiin saattaa jäädä lastuamisvoimista johtuen jännityskeskittymiä ja niiden pinta voi säröytyä. Myös lastujen muodostuminen on haitta. Kokonaisleikkunopeutta alentaa terän huoltotarve ja leikkaus yhteen suuntaan ja vain suoraan.

Lyhyen aallonpituuden laserit kuten UV-laser, tuottavat leikattavaan kappaleeseen runsaasti lämpöä ja sulaan liukenee epäpuhtauksia ilmasta. Ominaisuutta saadaan vähennettyä alentamalla nopeutta ja lasertehoa. Tämä syö luonnollisesti tuottavuutta.

Kuumuuden ja epäpuhtauksien aiheuttamat ongelmat saadaan ratkaistua veden avulla. Se johtaa lämmön pois työkappaleesta. Menetelmä ei muodosta lastuja ja leikkausvoimia kappaleeseen. Muita etuja ovat nopeus ja vapaa leikkausradan muoto.

Vaikka vesisuihkun paine vaihtelee välillä 20–500 bar, sen tuottama voima on käytännössä vähäinen johtuen pienestä halkaisijasta.

Olematon lämmöntuotto leikattavaan materiaaliin ehkäisee mikromurtumia ja eikä alenna kappaleen murtumislujutta. Erään eurooppalaisen kiekkovalmistajan

testien mukaan 100 mikrometrin paksuisen piikiekkon murtumislujuus oli puolitoista kertaa suurempi kuin sahatulla aihioilla.

Sahaukseen verrattuna menetelmä on myös nopeampi, kun piikiekkon paksuus on alle 300 mikrometriä. Sahausnopeus on vakio, kun kiekon paksuus vaihtelee 50–200 mikrometrin välillä. Ohuimpien kiekkojen leikkauksessa nopeusero on jo viisinkertainen. 50 mikrometrin paksuisia piikiekkokoja leikattiin laservesisuihkulla 200 millimetriä minuutissa.

Sahausten tyypillinen nopeus on 60 millimetriä sekunnissa. Käytännössä tämä putoaa arvoon 40 mm/s, koska paluuliikkeen ai-

kana ei voi leikata. Laser taas on tunteeton leikkusuunnalle. Laserin hankintakustannukset ovat noin kaksinkertaiset sahaan verrattuna. Laitteisto maksaa kaksiakselisena noin puoli miljoonaa euroa. Mitä ohuempia leikattavat aihiot ovat, sitä pienemmät käyttökustannukset vesisuihkulaserilla ovat sahaukseen verrattuna.

Tulevaisuuden trendi on ohuempiin ja monimuotoisempiin piikiekkoihin, tämä parantaa vesisuihkulasertekniikan kilpailukykyä edelleen. Kiekot voidaan valmistaa tulevaisuudessa enemmän tilantarpeen ehdoilla.

– Jo ensi vuonna tulee olemaan mahdollista valmistaa halkaisijaltaan 30 mikrometrin reikiä.

## Vesisuihkulaserin soveltaminen elektroniikan mekaniikan valmistukseen

Projektin tavoitteena on kehittää tarkkuusvalmistusosaamista sähkö- ja elektroniikkateollisuuden sekä lääketieteen tekniikan tarpeisiin. Muita sovelluskohteita voivat olla konepajatekniikan anturoinnit, avaruustekniikan laitteet ja pienet toimilaitteet. Hankkeessa keskitytään mikroskaalaan eli mitoitetaan tai tarkkuudeltaan 1-1000 mikrometrin luokkaa olevien osien valmistukseen. Selvitetään, löytyykö uusia valmistusmenetelmiä ja kuinka nopeasti ne saataisiin käyttöön teollisuudessa.

Työstötutkimus tehdään alle 0,5 millimetriä paksuilla muovi-, keraami- ja metallilevyjä leikkaamalla. Samalla tutkitaan materiaali- ja pinnoiteominaisuuksia. Erityistä huomiota kiinnitetään tarkkoihin leikkauksiin ja porauksiin. Aluksi keskitytään yksittäistuotantoon ja pieniin sarjoihin.

### Projektissa ovat mukana

- InCap Oyj
- Nokia NMP Oyj
- Oulun hienomekaniikka Oy
- VTI Technologies Oy
- Oulun yliopisto Konetekniikan osasto
- Teknillinen korkeakoulu
- VTT Optoelektronikka Oulu
- VTT Valmistustekniikka Lappeenranta

Lähiaikoina tullaan pääsemään 12,5 mikrometriin. Tästä alemmas ei voi enää juuri mennä, fyysikaaliset rajat tulevat vastaan, kertoo projektipäällikkö Yrjö Louhisalmi Oulun Yliopistosta.

## Haussa suomalaiset käyttökohteet

Oulun yliopisto teki Saksassa, ITW-keskuksessa menetelmällä leikkaukskohteita. Koekappaleina käytettiin ruostumatonta ja haponkestävää teräslevyä, messinkiä, tinapronssia, uushopeaa, alumiinia, keraamia ja hiilikuitua. Säteen halkaisijoina käytettiin 120, 80, 75 ja 50 mikrometriä. Leikkauksjälkeä kuvattiin yliopiston Elektroniikan laitoksen kenttäemissiopyyhkäisyelektronimikroskoopilla (FESEM). Tuloksia pyritään vertaamaan ilman vesisuihkua leikattuihin kappaleisiin, mutta niitä on ollut hankala löytää. Perinteisten laserleikkalaitteiden valmistajat eivät ole halukkaista kertomaan omia leikkauksarvojaan. Jos täydellisen vertailun haluaisi tehdä, jouduttaisiin leikkaukskohteet tekemään molemmilla laitteistoilla.

– Näimme testituloksia myös ihan ohuella foliolla. Siihen pystyttiin tekemään reikiä lähelle toisiaan ilman että se rypytyi reikien välistä, Louhisalmi kertoo.

Vesisuihkun taipuminen massan hitauden johdosta on otettava huomioon teräviä kulmia leikattaessa.

– Nyt pyrimme etsimään menetelmälle suomalaisia käyttökohteita. Olemme juuri saaneet tarjouksen laitevalmistajalta ja alamme kerätä rahoitusta. ■