

Walter Hulshof

KAASUPULLOJEN MERKINTÄMENETELMIEN VERTAILU

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Kandidaatintyö
Helmikuu 2020

TIIVISTELMÄ

Walter Hulshof: Kaasupullojen merkintämenetelmien vertailu
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Teknisten tieteiden TkK-tutkinto-ohjelma, Konetekniikka
Helmikuu 2020

Kaasupulloihin tehdään lakisääteisiä merkintöjä määräaikaistarkastusten yhteydessä. Tarkastuksista on säädetty tarkoin niihin liittyvissä standardeissa. Ne rajoittavat nykyisen tavan korvaavia menetelmiä. Tässä työssä on vertailtu erilaisia kaasupullojen merkintätapoja. Menetelmien ominaisuuksien lisäksi työssä on vertailtu myös merkitsevien laitteiden sopivuutta kaasupullojen merkintään.

Työn toimeksiantajana on Ikaset Oy, joka tekee kaasupullojen tarkastuksia ja niihin liittyviä merkintöjä. Nykyisin merkinnät stanssataan pulloihin käsin. Tässä työssä tavoitteena on löytää korvaava kustannustehokkaampi menetelmä, joka on integroitavissa osaksi nykyistä toimintaa.

Pullojen merkintään sopivat parhaiten erilliseen metallirenkaaseen tehtävä lasermerkintä sekä pisteiden kylmävasarointi. Ensimmäisessä menetelmässä asetetaan päivämäärällä merkitty rengas pullon venttiilin alle. Jälkimmäisessä menetelmässä merkintä luodaan suoraan pullon pintaan lyömällä siihen pisteitä tietokoneen ohjaamiin paikkoihin.

Avainsanat: kaasupullo, merkintä, laser, kylmävasarointi, piirrotus, stanssaus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	1
2	Kaasupullojen määräaikaistarkastukset	2
2.1	Määräaikaistarkastusten sisältö	2
2.2	Kaasupullojen merkintöjen vaatimukset	3
2.3	Pysyvät ja kulutusta kestävät merkintätavat	4
3	Nykyiset työtavat	5
4	Vaihtoehtoiset menetelmät	6
4.1	Lasermerkintä	6
4.1.1	Lasermerkintä pullon pintaan	7
4.1.2	Lasermerkintä erilliseen kappaleeseen	8
4.2	Piirrotus	8
4.3	Pisteiden kylmävasarointi	10
4.4	Stanssaus	11
4.4.1	Suora stanssaus	11
4.4.2	Stanssaus telalla	12
5	Yhteenveto	13
	Lähteet	15

1 JOHDANTO

Kaasupullojen turvallisuuden takaamiseksi ne on tarkistettava määräajoin. Tarkastusten sisältö on tarkoin standardoitu. Ajankohta, jolloin pullon tarkastus suoritetaan on merkittävä tarkastuksen läpäisseen kaasupullon kaulaosaan.

Erilaisia teräksen merkintämenetelmävaihtoehtoja on monenlaisia. Kaasupullojen merkintää rajoittavat erityisvaatimukset ovat pinnan kaarevuus, merkinnän muotovaatimukset sekä vaihtelevat materiaalit. Nämä rajaavat huomattavasti mahdollisia menetelmiä. Tässä työssä tarkastellaan lasermerkintää, piirrotusta, pisteiden kylmävasarointia sekä koneellista stanssausta.

Työn aiheena olevat merkinnät tehdään kaasupulloihin niiden määräaikaistarkistusten yhteydessä. Merkinnät tehdään pysyvästi pullon kaulaan tai venttiin alle asetettavaan renkaaseen. Pulloihin merkitään tarkastusajankohta, testauspaine sekä pullossa olevan kaasun kemiallinen tunnus. Tavallisimman tarkastuksen yhteydessä tarvitsee suorittaa vain aikaleiman merkintä. Muiden merkintöjen tarve ei kuitenkaan ole tavatonta.

Tässä työssä tarkastellaan kaasupullojen erilaisia merkitsemismenetelmiä Ikaset Oy:n toimeksiannosta. Työssä vertaillaan eri merkintämenetelmiä ja tarkoituksena on löytää nykyistä tehokkaampi työtapa. Valittavan menetelmän tulisi olla automatisoitavissa, mutta sitä pitäisi pystyä käyttämään myös manuaalisesti omana kokonaisuutena.

Tällä hetkellä kaasupullojen merkitseminen suoritetaan Ikaset Oy:ssä käsin stanssaamalla. Tarvittavat merkit lyödään pulloon yksi kerrallaan. Jokainen lyönti vaatii stanssin valinnan, asemoinnin ja vasaran lyönnin. Kaikki työvaiheet suoritetaan manuaalisesti. Eikä menetelmää nykyisillään pysty automatisoimaan.

Kaasupullojen tarkastus on Ikaset Oy:n tärkeimpiä toimintoja. Lisäksi yrityksessä tarkastetaan ja täytetään käsisammuttimia. Yritys myös myy uusia käsisammuttimia, kaasupulloja ja näiden tarvikkeita.

Työn alussa, luvussa 2, kerrotaan kaasupullojen määräaikaistarkastusten sisällöstä. Tarkastukseen liittyvien merkintöjen vaatimuksista kerrotaan alaluvussa 2.2. Luvussa 3 käsitellään Ikaset Oy:n nykyisiä menetelmiä tarkastuksen ja merkinnän suhteen.

Nykyisen menetelmän korvaajia on vertailtu luvussa 4. Vertailuun valitut menetelmät ovat yleisiä teräksen merkintään käytettyjä menetelmiä. Menetelmien vertailun lisäksi on jokaisesta menetelmästä etsitty esimerkkikone, jota voisi merkintään käyttää. Vertailun tulokset on esitetty työn viimeisessä luvussa 5.

2 KAASUPULLOJEN MÄÄRÄAIKAISTARKASTUKSET

Kaasupulloihin tehtävät merkinnät liittyvät kaasupullojen standardoituihin määräaikaistarkastuksiin, joiden sisällöstä säädetään standardissa (*SFS-EN ISO 10460 2018*). Tarkistukset tehdään pullojen turvallisuuden varmistamiseksi.

Määräaikaistarkastus toteutetaan painekokeella sekä sisäisen kunnon, ulkoisen kunnon, tyhjäpainon ja pullon varusteiden tarkastamisella. Tarkastukseen kuuluu myös pullon merkintöjen tarkastaminen. Tarvittaessa pullolle voidaan tehdä myös tilavuus- ja kovuuskokeita. Määräaikaistarkastus tulee suorittaa myös pullon kaasulajin vaihdon yhteydessä. (*SFS-EN ISO 10460 2018*)

2.1 Määräaikaistarkastusten sisältö

Määräaikaistarkastukset ovat moniosaisia ja niitä tehdään käytettävien pullojen turvallisuuden varmistamiseksi. Pullot on tarkastettava yksi kerrallaan ja niiden on läpäistävä kaikki tehtävät tutkimukset. (*SFS-EN ISO 10460 2018*)

Kaikille pulloille tehdään ulko- ja sisäpuolinen tarkastus. Ulkopuolelta tutkitaan säiliön mahdolliset vauriot. Sisäpuolelta tutkitaan mahdolliset seinämien syöpymät. Mikäli niitä löytyy, määritetään niiden syvyydet ja laajuudet. Käyttövarmuuden vaarantumiseen johtavat vauriot aiheuttavat pullon hylkäämisen. (*SFS-EN ISO 10460 2018*)

Ulkoisen kunnon lisäksi tarkistetaan pullon merkinnät. Lukemiskelvottomat merkinnät tarkoittavat säiliön hylkäämistä. Aiemmin tehtyjä merkintöjä ei tarkastuksen yhteydessä saa vahvistaa. Pullon venttiili tarkastetaan sen irrottamisen yhteydessä. Venttiili ja muut mahdolliset ulkoiset varusteet voidaan tarvittaessa vaihtaa uusiin. (Tuominen, sähköpostiviesti 12.2.2020)

Tarkastukseen kuuluu myös painekoe. Tässä kokeessa pullo täytetään vedellä ja paineistetaan vähintään pullolle osoitetun koepaineen verran. Paineen on pysyttävä pullon sisällä vähintään 30 s. Mikäli pullo ei pidä painetta sisällään vähimmäisaikaa, ei pullo voi läpäistä sille tehtävää tarkastusta. Mahdolliset vuodot on havaittavissa pullon pinnalta silmämääräisesti, koska sisällä oleva neste suihkuaa niistä. (*SFS-EN ISO 10460 2018*)

Pullot on punnittava kuivana ja niistä on poistettava irtonainen aines. Saatua painoa verrataan pullon alkuperäiseen painoon. Painon alenemisen raja on 5 %. Suurempi painon

aleneminen aiheuttaa pullon hylkäämiseen. (SFS 3342:E 2000)

Tarvittaessa pulloille tehdään kovuus- ja tilavuuskoe. Tilavuuskoe tehdään kaasulajin vaihdon yhteydessä. Käytännössä kaasusäiliö täytetään vedellä ja veden tilavuus määritetään. (SFS 3342:E 2000)

Kovuuskoe voidaan suorittaa, jos sylinteri on ollut esimerkiksi tulipalossa. Kovuuskokeet ovat tyypillisesti kuitenkin kalliimpia kuin uudet säiliöt, jonka takia ne jätetään usein tekemättä. Tällöin kaasupullo on hylättävä, koska se ei ole läpäissyt sille tehtyä tarkistusta. (Tuominen, sähköpostiviesti 12.2.2020)

Pullot jotka eivät läpäise määräaikaistarkastusta asetetaan käyttökieltoon. Asiasta kerrotaan pullon omistajalle. Käytön jatkuessa tästä huolimatta, vastaa omistaja mahdollisista seurauksista täysimääräisesti. Omistajan suostumuksella pullo tehdään käyttökelvottomaksi. Tämä koskee kaikkia pullon osia, erityisesti kuitenkin kaulaa. (SFS-EN ISO 10460 2018)

Ennen tuhoamista pullon tyhjiys on varmistettava. Standardissa on esitetty useita vaihtoehtoja pullon tuhoamiseksi. Näitä ovat murskaus, suuren epäsäännöllisen reiän teko pullon yläosaan, pullon kaulan epäsäännöllinen katkaisu, pullon epäsäännöllinen leikkaus vähintään kahteen osaan tai pullon räjäyttäminen turvallisesti. Näiden lisäksi ohutseinäisen sylinterin saa tuhota lävistämällä se vähintään kolmesta kohdasta. (SFS-EN ISO 10460 2018)

Pullojen tuhoamisen saa suorittaa myös muualla, kuin määräaikaistarkastuksen yrityksen suorittaneissa tiloissa. Tällä toimijalla on kuitenkin vastuu saattaa tuhoamisprosessi asianmukaisesti loppuun. (SFS-EN ISO 10460 2018)

2.2 Kaasupullojen merkintöjen vaatimukset

Pulloon tehtävät merkinnät voivat vaihdella tarkastuksen mukaan. Pulloon tulee aina merkitä tarkastuksen ajankohta. Tämän lisäksi saattaa olla tarvetta tehdä pulloon muita merkintöjä koepaineen tai pullon täyttökaasun vaihdon takia. Aiemmat päivämäärät ja kaasulajimerkinnät on poistettava pulloista asianmukaisesti. (SFS-EN ISO 13769 2018)

Siirrettävien kaasusäiliöiden merkinnöistä ja niiden sisällöstä säädetään standardissa SFS-EN ISO 13769 2018. Halkaisijaltaan yli 140 mm olevien sylintereiden katsastukseen liittyvien merkintöjen korkeuden on oltava vähintään 5 mm. Pienemmille sylintereille korkeudeksi riittää 2,5 mm. (SFS-EN ISO 13769 2018)

Pysyvää merkintää pullon kaulaan tehtäessä on vältettävä terävien lovien syntymistä. Tämän estämiseksi riittää, että merkinnän muodostavan työkalun kärjen säteen on oltava vähintään 0,2 mm. Jos merkinnässä käytetään työkaluja, joiden kärjen säde on tätä pienempi, tulee räjähdyskokein osoittaa, ettei merkintä aiheuta pullon hajoamista. (SFS-EN ISO 13769 2018)



Kuva 2.1. Kaasupullon venttiilin alle on asetettu merkintärenkas. Renkaaseen on merkitty edellisen katsastuksen ajankohta. Rengasta ei saa poistettua ehjänä irrottamalla venttiiliä. Kuvan mukainen merkintä on standardin SFS–EN ISO 13769 2018 mukaan pysyvä merkintä.

2.3 Pysyvät ja kulutusta kestävät merkintätavat

Sylinterin merkinnän on oltava joko pysyvä tai kulutusta kestävä. Pysyvän merkinnän luomiseksi soveltuvia menetelmiä ovat stanssaus, kaiverrus ja valaminen. Näistä viimeinen on toteutettavissa vain sylinterin valmistuksen aikana. Toisaalta standardi sallii myös muut sopivat menetelmät tietyin rajoituksin. (SFS–EN ISO 13769 2018)

Standardin mukaan kulutusta kestävä merkintä voidaan toteuttaa myös maalilla, musteella tai tarralla. Tällainen merkintä on kuitenkin sallittu ainoastaan sylintereille, joiden halkaisija on alle 51 mm. Tässä työssä tarkasteltavien sylintereiden halkaisija on pääasiassa tätä suurempi, joten sylinterit on merkittävä pysyvällä menetelmällä. (SFS–EN ISO 13769 2018)

Säiliön katsastusajankohdan saa merkitä myös renkaaseen, joka asetetaan sylinterin venttiilin alle. Renkas on asetettava siten, että sen poistaminen on mahdollista ainoastaan irrottamalla venttiili. Standardin mukaan tämä on pysyvä merkintä. Tällä tavoin toteutettu merkintä on esitetty kuvassa 2.1. Muita katsastuksen yhteydessä tehtäviä merkintöjä päivämäärän lisäksi ei saa tehdä tällä tavalla. (SFS–EN ISO 13769 2018)

3 NYKYISET TYÖTAVAT

Kaasupullojen määräaikaistarkastukset suorittaa lähtökohtaisesti teknillisen tarkastuslaitoksen edustaja. Luvanvaraisesti yrityksen on kuitenkin mahdollista toimia siten, että laitoksen hyväksymä työntekijä suorittaa tarkastukset pulloille. (SFS-EN ISO 10460 2018)

Ikaset Oy:ssä tämä on toteutettu siten, että Dekra Industrial Oy:n tarkastaja käy paikalla viikoittain. Tarkastaja käy läpi tarkastettujen pullojen tulokset ja päättää tarkastusten läpäisyistä pullo kerrallaan. Hyväksytyihin pulloihin tehdään tarkastuslaitoksen leimastanssaamalla. Tämä stanssi on tarkastajan hallussa ja se lyödään pulloon vasta lopullisen hyväksynnän yhteydessä. (Tuominen, sähköpostiviesti 12.2.2020)

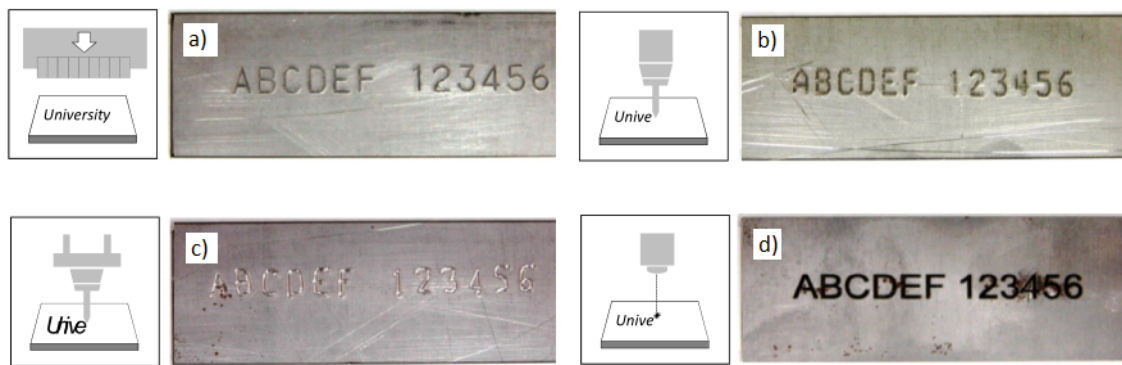
Tämänhetkinen merkintätapa Ikaset Oy:ssä on täysin manuaalinen. Merkinnät tehdään yksi kerrallaan käsin stanssaamalla pullon kylkeen. Jokainen stanssi on asemoitava ja lyötävä yksitellen pulloon. Stanssattava kokonaisuus vaihtuu kuitenkin vain kuukausittain. Tämän toistavuuden takia, voisi merkinnän tekoon kuluva työaika saada pienennettyä sopivalla uudella menetelmällä. (Tuominen, sähköpostiviesti 12.2.2020)

Vuosittain Ikaset Oy tarkastaa keskimäärin yhteensä 6000 kaasupulloa. Näistä säiliöistä $\frac{2}{3}$ voidaan merkitä käyttämällä erikseen painettua tarraa. (Tuominen, sähköpostiviesti 12.2.2020) Standardin SFS-EN ISO 13769 2018 mukaan näin voidaan toimia esimerkiksi komposiittipullojen kanssa. Pysyvän merkinnän vaativat merkinnät stanssataan pulloihin käsin. Käsin stanssattavia pulloja on vuodessa keskimäärin noin 2000 kpl.

Yrityksen arvion mukaan yhteen käsin tehtävään stanssaukseen kuluu aikaa keskimäärin 30 s (Tuominen, sähköpostiviesti 12.2.2020). Tämän takia muodostettavan merkinnän yksittäiskustannus ei ole kovin suuri ja saman tulisi päteä myös korvaavaan menetelmään. Vuosittaisten tarkastusten määrä on kuitenkin merkittävä, joten korvaavan laitteen hankkiminen voisi olla kustannustehokasta.

4 VAIHTOEHTOISET MENETELMÄT

Tässä luvussa selvitetään yleisimpien teräskappaleiden merkintämenetelmien sopivuutta kaasupullojen merkintään. Vertailuun valitut menetelmät sopivat pääasiassa hyvin kaasupulloille, mutta niiden välillä on merkittäviä eroja. Valitut menetelmät ovat koneellinen stanssaus, pisteiden kylmävasarointi, piirrotus ja lasermerkintä. Näillä tavoilla toteutetut merkinnät on esitetty kuvassa 4.1. Todellisuudessa merkinnät ovat hyvin erilaisia riippuen muun muassa merkittävästä materiaalista ja työvälineistä. Tässä työssä menetelmien vertailuun ei ole sisällytetty kustannusarviointia.



Kuva 4.1. Neljä eri esiteltävää merkintämenetelmää: a) koneellinen stanssaus, b) pisteiden kylmävasarointi, c) piirrotus ja d) lasermerkintä. Kaikissa neljässä merkinnässä on käytetty materiaalina terästä. (Muokattu Montanini et al. 2016, s. 25)

Suurimpia haasteita merkintämenetelmille ovat merkittävän pinnan kaarevuus (Diaci et al. 2011), merkittävien materiaalien erilaiset ominaisuudet (Davies & Jenkins 2018) sekä kaasupullojen merkinnöistä alaluvussa 2.2 esitetyt standardien mukaiset vaatimukset.

4.1 Lasermerkintä

Viime vuosikymmenten aikana laseria on käytetty teollisuudessa erityisesti erilaisissa leikkaus- ja hitsaussovelluksissa. Laserilla on monia etuja merkintäominaisuuksien osalla verrattuna perinteisempiin merkintätapoihin. Tällaisia etuja ovat esimerkiksi suuri kirjoitusnopeus, hyvä toistettavuus, joustavuus sekä automaatiomahdollisuudet. Laseria onkin alettu käyttää yhä enemmän myös kappaleiden merkinnässä. (Leone et al. 2010)

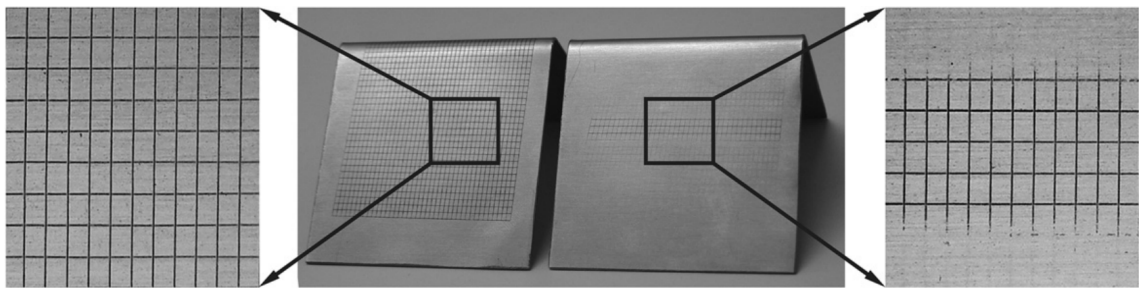
Lasermerkintä on niin sanotusti kosketukseton merkintätapa, eli merkinnän tekevä työkalu ei ole suoraan kontaktissa työskenneltävän pinnan kanssa. Tämä minimoi työstökappalee-

seen kohdistuvan mekaanisen rasituksen. (Ready 1997)

Laserilla voidaan kaivertaa uria työstökappaleeseen tai tehdä pieniä jälkiä sen pintaan halutun matriisin mukaisesti merkinnän aikaansaamiseksi. Urien kaivertaminen on käytössä pehmeiden materiaalien merkinnässä ja jälkien muodostus soveltuu hyvin kovempien materiaalien, esimerkiksi metallien, merkintään. Yleisesti käytetty merkintälaser on Q-päästetty Nd:YAG-laser. (Ready 1997)

4.1.1 Lasermerkintä pullon pintaan

Kaarevia pintoja merkittäessä tulevat esiin laserin huonot puolet. Laser muodostaa merkinnän vain lähellä sen polttoväliä. Tutkimuksissa on osoitettu, että polttoväliä kyetään säätämään merkinnän aikana, mikäli pinnan muodot tunnetaan riittävän tarkasti. Pinnan korkeuseron kompensoinnin merkitys näkyy kuvassa 4.2, jossa korkeuskompensoitu merkintä muistuttaa normaalia tasoon tehtyä lasermerkintää. Korkeuskompensoidulla laserilla saadaan merkintä aikaan koko kaltevalle pinnalle, kun normaalilla laserilla merkintä syntyy vain pienelle alueelle. (Diaci et al. 2011)



Kuva 4.2. Vasemmassa kuvassa kappaleen korkeuserot on kompensoitu, oikeassa kuvassa merkintä suoritettu samalla laitteella ilman kompensointia. (Diaci et al. 2011, s. 198)

Pinnan korkeuserot on tunnettava suhteellisen tarkasti merkinnän onnistumiseksi. Tarkuus saavutetaan joko mallintamalla jokainen merkittävä kappale tai skannaamalla kappaleet ennen merkintää. Skannaaminen voidaan tehdä esimerkiksi merkintälaitteen oman laserin ja kameran avulla (Diaci et al. 2011). Tässä tutkimuksessa merkintä saatiin tehtyä korkeuseron ollessa ± 16 mm.

Lasermerkintälaitteita, jotka kykenevät 3D-pinnan merkintään, on laajasti saatavilla markkinoilla. Yksi toimittajista on ROFIN. Heidän integroitavat tuotteensa koostuvat merkintäyksiköstä, laserin lähteestä sekä teollisuus-PC:stä. (ROFIN 2015)

Muodostettava merkintä syötetään tietokoneelle, joka ohjaa laseria. Juoksevan aikaleiman luominen onnistuu todennäköisesti, jolloin tehtävää merkkiä ei tarvitse syöttää erikseen joka merkinnän yhteydessä. Näin ollen asetusten tekoon kuluu aikaa vain pullojen materiaalien vaihtelun mukaan. (ROFIN 2015)

Rofinin ohjelmistossa on integroitu ominaisuus 3D-pintojen merkintään. Laser skannaa merkittävän pinnan ja ohjelma luo siitä mallin. Tätä mallia käyttäen merkinnän aikana

saadaan kompensoitua pullon kaarevuuden merkitys. Tarkkaa maksimia kompensoitavasta mitasta ei ole annettu, mutta esimerkiksi laite PowerLine E Air 10 voisi sopia kaasupullojen merkintään. (ROFIN 2015)

Kun merkintä tehdään suoraan pullon pintaan, on otettava huomioon merkittävien materiaalien väliset erot. Daviesin ja Jenkinsin mukaan samoilla arvoilla merkittäessä terästä ja alumiinia, merkkien syvyydet olivat keskimäärin 10 µm ja 33 µm. Taivutuskokeessa ei havaittu tilastollista yhteyttä teräkseen tehdyn lasermerkinnän ja hajoamisen suhteen. Alumiinin suhteen yhteys kuitenkin löytyi. Yhteys selittyy alumiinin merkintöjen suuresta syvyydestä verrattuna teräskappaleiden merkintöjen syvyyteen. Kun materiaalin vaikutus merkintään huomioidaan laserin ajoarvoja valittaessa, samaa ongelmaa ei pääse syntymään. (Davies & Jenkins 2018)

4.1.2 Lasermerkintä erilliseen kappaleeseen

Standardin (*SFS-EN ISO 13769* 2018) mukaan pullon voi myös merkitä asettamalla rengas kaasupullon venttiiliin alle kuvan 2.1 mukaisesti. Merkintä muodostetaan tasopinnalle, eikä edellä kuvattua kaltevuuden kompensointia tarvita.

Koska laserilla voidaan myös leikata (Ready 1997), voisi valmiit merkintärenkaat valmistaa yhdellä laitteella. Lisäksi kerralla olisi mahdollista valmistaa useampi kuin yksi rengas, joka pienentää yhden merkinnän tekoon käytettyä aikaa.

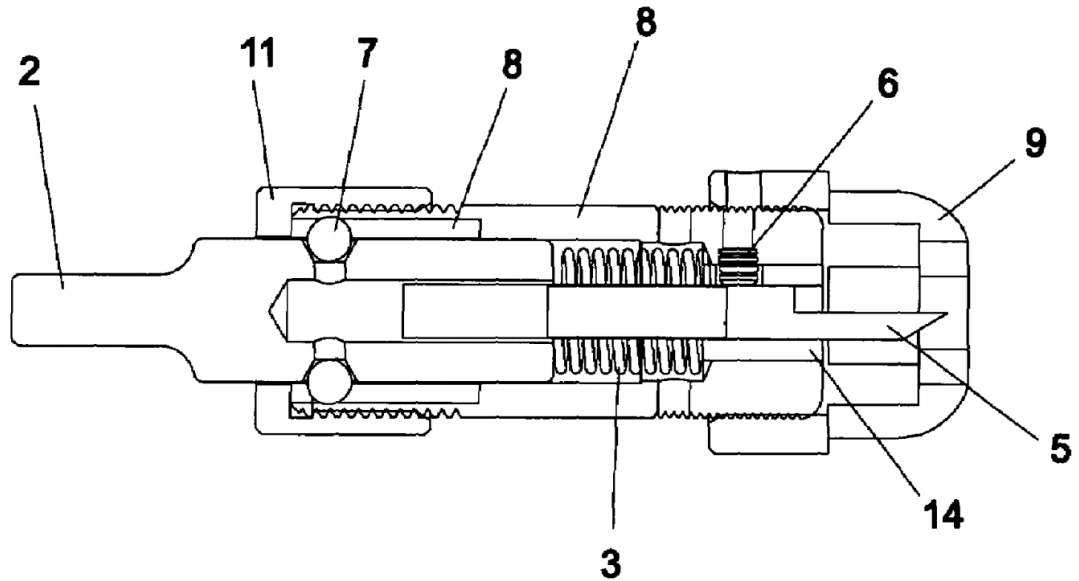
Tämän merkintätavan haittapuolena on, että muut merkinnät kuin päivämäärä olisi tehtävä suoraan pulloon kylkeen. Useita renkaita kerralla valmistettaessa valmiita merkintärenkaita joutuisi varastoimaan, jolloin vaarana on niiden vanheneminen.

Normaalissa käytössä tästä menetelmästä ei todennäköisesti ole haittaa asiakkaalle. Ongelmia voi kuitenkin tulla esimerkiksi pelastuslaitoksen käyttämien pullojen suhteen. Rengas venttiiliin alla saattaa aiheuttaa takertumisvaaran. Tämän mahdollisuutta olisi pohdittava pulloja käyttävän asiakkaan kanssa. Vaaraa voidaan pienentää suunnittelemalla renkaan muoto mahdollisimman pieneksi ja saamalla se kiinni lähelle pullon pintaa. (Tuominen, sähköpostiviesti 12.2.2020)

Erilaisten renkaiden valmistus tulisi todennäköisesti edullisimmaksi tilaamalla ne alihankintana. Laserleikkurit voivat olla hyvin kalliita ja merkintätarkoituksessa kuukausittainen käyttö jäisi hyvin pieniksi.

4.2 Piirrotus

Merkintä voidaan myös piirrottaa pullon pintaan. CNC-koneella kappaleen piirrottamiseen on olemassa runsaasti kaupallisia ratkaisuja, mutta haasteeksi muodostuu pinnan tarkan muodon selvittäminen. (Lasemi et al. 2010) Mikäli muotoa ei tiedetä riittävällä tarkkuudella, voi työkalu törmätä kappaleen pintaan. Tämä voi vahingoittaa sekä työstettävää kappaletta että työkalua.

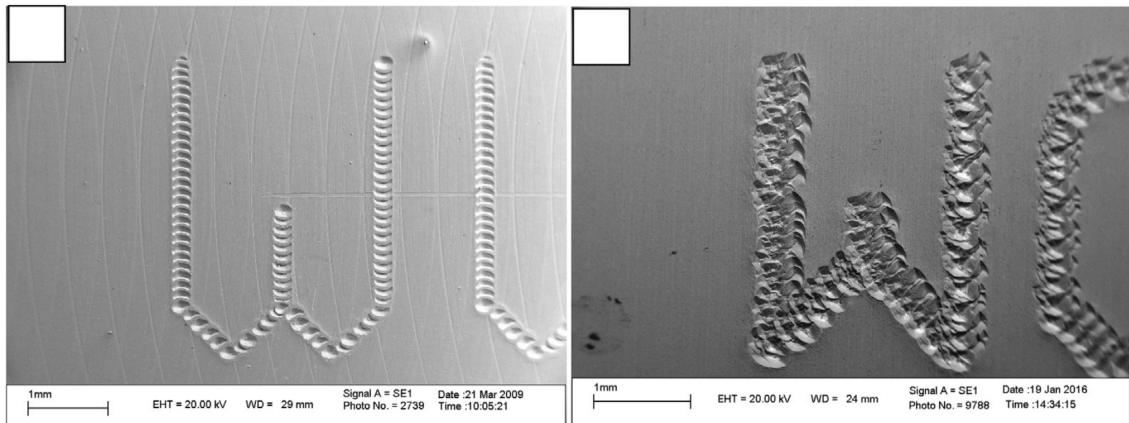


Kuva 4.3. Poikkileikkaus CNC-koneen merkintäkärjestä, jolla pinnan korkeuserojen kompensointi on hoidettu jousiavusteisesti. Jousi (3) painaa työkalun kärjen (5) kiinni työstettävään kappaleeseen, jolloin korkeuden muutosta ei tarvitse huomioida koneellisesti. (Nelson 2009, s. 1)

Pinnan tarkempi geometria saadaan selville skannaamalla merkittävä pinta. Skannaus voidaan tehdä joko tutkimalla pintaa fyysisesti koskevilla menetelmillä tai ilman fyysistä kosketusta. Kosketuksellisessa menetelmässä skannaavan laitteen mittapäätä ajetaan pitkin tutkittavan kappaleen pintaa ja näin muodostuvasta datasta saadaan kappaleen muoto selville. Mittaukset suoritetaan CMM- tai CNC-koneella. Pintojen analysointi tällä tavalla on hidasta. Ilman kosketusta tapahtuva skannaus voidaan suorittaa esimerkiksi laserskannerilla. Laser on nopeampi kuin kosketuksellinen mittaus, koska yhden datapisteen keräämiseen kuluva aika on lyhyempi. (Qi & Wang 2011)

Markkinoilla on tarjolla ratkaisuja, joissa merkintäkärki on jännitetty jousen avulla. Näin ollen pinnan muodon ei tarvitse olla tarkkaan tiedossa, vaan riittää että ollaan työkalun merkintäalueella. Tälle työvälineelle se on 0,4" eli 10,16 mm. (2L inc. ei julkaisupäivää[a]) Työväline on silti asemoitava tarkasti työstettävän kappaleen suhteen, jottei törmäystä pääse syntymään. Käyttämällä tämän tyyppistä työkalua, ei CNC-koneessa tarvitse välttämättä olla z-akselia, vaan kappaleen pinnan korkeuserot saadaan kompensoitua jousen avulla. (Nelson 2009) Tätä ratkaisua on esitelty kuvassa 4.3.

Piirrotuksen syvyys pystytään asettamaan hyvin tarkasti numeerisen ohjauksen ansiosta. Täten voidaan vaikuttamaan merkinnän näkyvyyteen, sekä merkittävän kappaleen kestävyteen. Työstettävän kappaleen rakennetta heikentää se, että piirrotus on materiaalia poistava menetelmä. (Stranghöner & Jungbluth 2015) Samassa tutkimuksessa kaikki testikappaleet hajosivat piirrotetun merkinnän takia. Merkinnän syvyyden ja merkittävän kappaleen paksuuden suhteen pienentyessä ei väsyminen ollut yhtä pahaa, eli kappaleet kestivät väsymiskokeessa pitempään.



Kuva 4.4. Pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettuja kuvia kylmävasaroinnilla suoritettua merkinnästä. Vasemmalla olevaan teräkseen merkintä ei muodostu kovin syvänä verrattuna oikealla olevaan alumiiniin, jossa pinta selvästi rikkoontuu. (Muokattu Davies ja Jenkins 2018, s. 75–76)

Merkinnän poikkileikkeen muotovaatimukseen voidaan päästä valitsemalla sopiva kärki käytettävään välineeseen. Esimerkiksi valmistajalta (2L inc. ei julkaisupäivää[b]) on tuote, jonka kärjen säde on 0,10" eli 0,254 mm, joka on suurempi kuin vaadittu. Tällä työkalulla merkinnän voisi suorittaa ilman, että merkittävään kappaleeseen syntyy teräviä jälkiä.

Techinfor tarjoaa merkinnän toteuttamiseksi integroitavan ratkaisun. XF510 kuuluu merkinnän toteuttavan yksikön lisäksi ohjausyksikkö. Itse merkintäyksikkö on kompakti ja se on helppo integroida osaksi tuotantojärjestelmää. Ohjausyksiköllä on mahdollista toteuttaa juokseva ajankohdan merkintä automaattisesti. (TECHNIFOR ei julkaisupäivää[c])

Tällä merkintälaitteella on mahdollista tehdä myös kaarevan pinnan merkintä. Korkeus-akseli on moottoroitu, joten käytännössä kaarevan pinnan merkintä vaatii sen geometrian tarkkaa tuntemista. (TECHNIFOR ei julkaisupäivää[c])

4.3 Pisteiden kylmävasarointi

Pisteiden kylmävasaroinnissa merkittävän materiaalin pintaan lyödään merkintäkärki. Tästä jää pintaan plastisia muodonmuutoksia. Näiden pisteiden keskinäisiin paikkoihin vaikuttamalla muodostuu haluttu merkintä.

Pisteen luomiseen tarvittava voima saadaan aikaan joko elektromagneettisesti tai pneumaattisesti. Yksittäisen pisteen poikkileikkauksen muoto riippuu täysin lyöntiin käytetyn kärjen muodosta. (Stranghöner & Jungbluth 2015) Kärjen sopivalla valinnalla voidaan päästä merkinnän poikkileikkeen minimisäteen 0,2 mm:n vaatimukseen.

Merkinnän luominen kylmävasaroinnilla ei pienennä kappaleen väsymiskestävyyttä. Syyinä tähän on merkinnästä kappaleeseen syntyvät puristusjännitykset, jotka kompensoivat pitkälti materiaalivahvuuden paikallisen pienenemisen. (Davies & Jenkins 2018)

Erilaisten merkittävien materiaalien vaikutus voidaan huomioida tällä menetelmällä, sil-

lä saatavilla olevissa laitteissa pystytään usein säätämään merkintään käytettyä voimaa (Rusu et al. 2012). Voimaa säätämällä pystytään myös muuttamaan merkinnän syvyyttä, jolloin se saadaan tarpeeksi syväksi näkyäkseen maalikerroksen alta. Merkinnän syvyys ei vielä vaikuta pullon rakenteen väsymislujuuteen merkittävästi. Erot muodostuvan merkinnän syvyydessä näkyvät selvästi kuvassa 4.4.

Markkinoilla on olemassa valmiita ratkaisuja, joilla pullon kaarevuus voidaan huomioida. Merkintä saataisiin suoritettua esimerkiksi 16 mm:n merkintäamplitudilla varustetulla työkalulla (TECHNIFOR ei julkaisupäivää[b]). Näin tehtäessä haluttu merkintä projisoituu merkittävään pintaan, mutta muutokset sen geometriassa eivät ole niin suuria, että merkin lukeminen oleellisesti vaikeutuisi (Diaci et al. 2011).

Merkintäkärjen lisäksi Techniforilla on valikoimissaan myös merkintäyksiköitä. Pienen merkintäalueen ansiosta sopiva ratkaisu voisi olla esimerkiksi tuote XF510CP. Työliike on toteutettu paineilmalla ja merkintäyksikkö on kompakti. Valmistaja ilmoittaa laitteen kykenevän luomaan 5 kirjainta tai muuta merkkiä sekunnissa. (TECHNIFOR ei julkaisupäivää[a])

4.4 Stanssaus

Tällä hetkellä Ikaset Oy:ssä käytetään stanssausta merkintämenetelmänä. Nykyisessä muodossaan stanssaus on kuitenkin hankalasti automatisoitavissa. Tarvittavat merkit lyödään pulloon käsin asemoiden yksi kerrallaan. Yksittäisen merkin luominen on edullista, mutta työvoimaintensiivistä (Camillo 2018).

Stanssauksessa käytettävä teknologia on yksinkertaista. Stanssit ovat metallin kappaleita, joissa on toisessa päässä numero tai muu merkki joka halutaan muodostaa. Näitä stansseja voidaan asemoida myös useampia riviin erilaisin kiinnipitimin. Näin ei tarvitse suorittaa useaa yksittäistä merkintää, vaan saadaan aikaan useampi merkki kerralla. (Camillo 2018)

4.4.1 Suora stanssaus

Stanssaus on lihasvoimin käytetty tekniikka. Merkki lyödään vasaralla merkittävään pintaan. Markkinoilla on myös paineilmakäyttöisiä ratkaisuja, joilla saadaan aikaan useampi merkki kerralla. (Benes 1999) Tässä ratkaisussa paineilmasyylinteri asemoidaan yhä käsin, mutta sen voi myös integroida osaksi laajempaa tuotantojärjestelmää.

Stanssaamalla voidaan muodostaa monipuolisesti erilaisia merkintöjä. Tämä sopii hyvin ajankohdan merkintään, sillä näin itse stanssia tarvitsee muuttaa vain kerran kuukaudessa. Menetelmän haittapuolena on se, että esimerkiksi kaasulajin muutosta varten on joko hankittava erillisiä stansseja tai vaihdettava stanssi aina tehtävien merkintöjen välissä. Tämä hankaloittaisi myöhemmin tehtävää automatisointiprosessia.

Suoran stanssauksen suurin etu on se, että menetelmä on hyväksytty käyttötarkoituk-

seen suoraan asiasta säätävässä standardissa (*SFS-EN ISO 13769 2018*). Stanssien muotoa koskee kuitenkin samat luvussa 2.2 esitetyt muotovaatimukset. Toisaalta tämän menetelmän kustannukset voivat olla merkittävästi pienemmät, kuin muissa esiteltyissä menetelmistä (Camillo 2018).

Markkinoilla tähän tekniikkaan perustuvia ratkaisuja tarjoaa esimerkiksi Pryor. Yrityksellä on integroitavia ratkaisuja, joissa työliike on toteutettu paineilmalla. Suurimmat valmiit ratkaisut synnyttävät 7500 kg:a vastaavan voiman tuoton, joten pullojen merkintään sopiva ratkaisu onnistuisi tämän valmistajan tuotteella. (PRYOR ei julkaisupäivää[b])

Pryor toimittaa myös sylinteriin sopivia merkintävälineitä. Kiinnipitimellä saadaan aikaan useamman merkin yhtäaikainen käyttö. Näin aikaansaadaan valmis merkki yhdellä työliikkeellä. Kiinnipitimeen tarjotaan myös pyöreäkarkisia stansseja, joita tehtävä merkintä edellyttää. (PRYOR ei julkaisupäivää[a]) Laitteiston sopivuus kaarevan pinnan merkintään on kyseenalaista. Tämä voisi olla ratkaistavissa käyttämällä kaarevaa kiinnipidintä merkinnässä.

4.4.2 Stanssaus telalla

Rullaavaa merkintää voidaan käyttää stanssauksessa. Tässä suurempi merkintä saadaan luotua yhdellä stanssilla. Merkintälaitteen paine kohdistuu vain pienelle alueelle yhtä aikaa. (Durgin 1998) Tällainen pyörähtävä stanssaus ei onnistu käsin vaan se vaatii laitteen, jolla merkintä toteutetaan.

Jotta paineen jakautuminen saadaan toteutettua, on joko kaasupullon tai stanssin pyörähdettävä toisen suhteen. Pyörivä liike vähentää tarvetta laitteen luomalle maksimivoimalle ja on vähemmän vahingollinen merkittävälle kappaleelle. (Durgin 1998) On kuitenkin epäselvää miten pyörivä merkintä sopisi kaasupullon kahteen suuntaan kaarevalle pinnalle.

Tätä menetelmää hyödyntäviä laitteita valmistaa esimerkiksi SCHMIDT. Yritys listaa telalla tehtävien merkintöjen hyötyjä verrattuna tavalliseen stanssaukseen. Näitä ovat esimerkiksi pyöreiden kappaleiden merkintämahdollisuudet, merkittävään kappaleeseen kohdistuva pienempi rasitus, työkalut kestävät pitempään ja pienemmän tarvittavan voiman takia halvemmän laitteen riittävyys. (SCHMIDT 2019c)

Yksi sopiva vaihtoehto olisi heidän laitteestaan muokattu ratkaisu. Tämä laite ottaa pullot vastaan suoraan linjalta, merkitsee ne ja lähettää jälleen eteenpäin. Vastaava laite on käytössä jollakin kaasupullojen valmistajalla. (SCHMIDT 2019a)

Kaasupullot ovat suhteellisen suuria merkittäviksi kappaleiksi. Tämän takia integroitava ratkaisu voisi olla parempi, kuin erillinen laite, johon pullo olisi nostettava. Tällainen olisi esimerkiksi Schmidtin malli 377. Tuote käyttää tarvittavan voiman tuottamiseen hydraulikkaa ja sen voisi myöhemmin liittää osaksi suurempaa järjestelmää. Siihen asti tuotetta voisi käyttää itsenäisesti, sovittaen sen mahdollisimman hyvin nykyiseen prosessiin. (SCHMIDT 2019b)

5 YHTEENVETO

Luvussa 4 esitellyistä menetelmistä kaikki voisivat teoriassa sopia kaasupullojen merkintään. Menetelmien ominaisuudet ovat keskenään erilaisia, eivätkä kaikki menetelmät tarjoa käytännössä todellista vaihtoehtoa. Menetelmien välisiä eroja on havainnollistettu taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Merkintämenetelmien keskeiset eroavaisuudet

Menetelmä	Korkeuden kompensointi	Materiaalia poistava menetelmä	Tarve räjäytyskokeille	Automaattisesti muuttuva merkintä
Lasermerkintä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Erillinen lasermerkintä	Ei tarvetta	Ei	Ei	Kyllä
Piirrotus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Pisteiden kylmävasarointi	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä
Stanssaus	Ei	Ei	Ei	Ei
Stanssaus telalla	Kyllä	Ei	Ei	Ei

Taulukon 5.1 ensimmäinen sarake on tärkeä, sillä ilman kykyä kompensoida pullon pinnan kaarevuutta, ei merkintää voi suorittaa. Tämän takia suora koneellinen stanssaus ei ole sopiva menetelmä käsin tehtävän stanssausuksen korvaajaksi. Erillinen lasermerkintä ei tarvitse korkeuseron kompensointia, koska merkinnät tehdään metallilevyyn.

Lasermerkintä pullon pintaan ja piirrotus vaativat jonkinlaisen pinnanmuotojen tarkemman tutkimisen. Tämän skannauksen lisäksi ne poistavat materiaalia kaasupullon pinnasta ja vaatisivat räjäytyskokeita merkittäville pulloille, jotta ne voitaisiin ottaa käyttöön. Nämä tekijät nostaisivat menetelmien kustannukset todennäköisesti niin korkeaksi, ettei niitä ole järkevää valita korvaavaksi menetelmäksi.

Pulloihin tehtävää merkintää on muutettava vain kerran kuukaudessa, joten automaattisesti muuttuva merkintä ei ole kovin tärkeä ominaisuus uudessa menetelmässä. Jos laitteella kuitenkin halutaan tehdä tarvittavat merkinnät myös kaasulajin vaihdoksen yhteydessä on menetelmän etuna sen ohjelmoitavuus. Telalla tehtävässä stanssausessa tulee yksittäiset stanssit asettaa telaan manuaalisesti, joka kasvattaa menetelmän ase-

tusaikaa. Tämän takia se ei ole paras mahdollinen valinta manuaalisen työtavan korvauksiksi.

Viimeinen suoraan pullon kylkeen tehtävä menetelmä on luvussa 4.3 esitelty pisteiden kylmävasarointi. Siinä ei mielestäni ole huonoja puolia kaasupullojen merkinnän kannalta. Merkinnän tekeminen tapahtuu käytännössä samalla tavalla kuin tällä hetkellä. Merkin sijaan pulloon lyödään yksittäisiä pisteitä ja sopivan kärjen valinnalla päästään merkinnän poikkileikkkeen muotovaatimuksiin.

Markkinoilla olevat integroitavat ratkaisut mahdollistavat joustavuuden tekniikan käytössä tällä hetkellä sekä tuotantojärjestelmän osana. Tietokoneella tapahtuva ohjaus mahdollistaa monipuolisesti erilaisten merkintöjen teon ja valmistajien mekaanisilla ratkaisuilla saadaan merkittyä myös kaarevia pintoja yksinkertaisesti.

Toinen varteenotettava merkintätapa on luvun 4.1.1 erillinen lasermerkintä. Kuten kuvasta 2.1 näkee, se on teollisuudessa jo käytössä. Se on todennäköisesti esitellyistä vaihtoehtoista kustannustehokkain. Sitä ei tarvitsisi suorittaa paikan päällä, vaan merkit voisi tilata alihankintana. Laserleikkaus ja -merkkäuspalveluita tarjoavat monet metallialan yritykset.

Erillisen merkinnän haittapuolena on sen sopivuus kaikille asiakkaille. Merkintärenkaan tarkka muoto tai rakenne on kuitenkin suhteellisen vapaa. Erikseen tilattaessa on myös mahdollista useamman erilaisen renkaan käyttö.

Jatkossa mahdollisen linjan automatisoinnin kannalta erillinen merkintä on myös paras vaihtoehto. Sitä varten ei tarvitse suorittaa tarkkaa asemointia pullon pintaan, eikä huolehtia muiden merkintöjen piiloon jäämisestä. Pullon venttiili on kuitenkin kiinnitettävä käsin pulloon, jonka yhteydessä merkintärenkaan voi asettaa paikoilleen.

Tästä työstä puuttuu eri menetelmien kustannusarviot, koska tarkkoja kuluja on mahdollonta saada ilman tarjouspyyntöjä. Kustannukset voivat vaikuttaa merkittävästi lopullisen menetelmän valintaan. Lisäksi esitetyissä laitteistoissa voi olla suuriakin eroja valmistajien välillä, joka voi vaikuttaa menetelmien sopivuuteen kaasupullojen merkintään.

LÄHTEET

- 2L inc. (ei julkaisupäivää[a]). *1/2"(.500") Diameter Mini Spring Loaded Engraving Tool™*. Saatavissa (16.12.2019): http://www.2linc.com/engraving_mini.htm.
- 2L inc. (ei julkaisupäivää[b]). *Conical Ballnose Engraving Tools - 1/8"Diameter*. Saatavissa (16.12.2019): https://www.2linc.com/engraving/ballnose_1-8.htm.
- Benes, J. J. (1999). Making your mark. *American Machinist* Vol. 143.(10), pp. 88.
- Camillo, J. (2018). Marking Metal Parts With Precision. *Assembly* Vol. 61.(9), pp. 48–53.
- Davies, D. P. ja Jenkins, S. L. (2018). Characterisation of automated part marking methods for use in helicopter component identification. *International Journal of Fatigue* Vol. 110, pp. 71–80.
- Diaci, J., Bračun, D., Gorkič, A. ja Možina, J. (2011). Rapid and flexible laser marking and engraving of tilted and curved surfaces. *Optics and Lasers in Engineering* Vol. 49.(2), pp. 195–199.
- Durgin, H. (1998). Permanent indent marking: Official Publication of Special Tool, Die and Machine Shop Industry. *Tooling & Production* Vol. 64.1, pp. 70.
- Lasemi, A., Xue, D. ja Gu, P. (2010). Recent development in CNC machining of freeform surfaces: A state-of-the-art review. *Computer-Aided Design* Vol. 42.(7), pp. 641–654.
- Leone, C., Genna, S., Caprino, G. ja Iorio, I. D. (2010). AISI 304 stainless steel marking by a Q-switched diode pumped Nd:YAG laser. *Journal of Materials Processing Technology* Vol. 210.(10), pp. 1297–1303.
- Montanini, R., Quattrocchi, A. ja Piccolo, S. A. (2016). Active thermography and post-processing image enhancement for recovering of abraded and paint-covered alphanumeric identification marks. *Infrared Physics & Technology* Vol. 78, pp. 24–30.
- Nelson, L. (27. lokakuuta 2009). *SPRING LOADED TOOL WITH FLOATING DEPTH CONTROL FOR COUNTERSINKING HOLES OR ENGRAVING*. Saatavissa (17.12.2019): <https://patentimages.storage.googleapis.com/e2/6e/6b/11acde105b4371/US7607871.pdf>.
- PRYOR (ei julkaisupäivää[a]). *Manual Marking*. Saatavissa (25.2.2020): <https://www.pryormarking.com/files/document/2279/Pryor%20Low%20Stress%20Steel%20Type.pdf0>.
- PRYOR (ei julkaisupäivää[b]). *Press Marking*. Saatavissa (25.2.2020): <https://www.pryormarking.com/files/document/2297/Pryor%20Impact%20Percussion%20Presses.pdf>.
- Qi, J. ja Wang, J. (2011). *Materials and Manufacturing*. Durnten-Zurich: Trans Tech Publications Ltd, pp. 810–815.
- Ready, J. F. (1997). *Chapter 16 - Applications for Material Removal: Drilling, Cutting, Marking*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, pp. 384–418.

- ROFIN (2015). *LASER MARKING Superior solutions for a wide range of applications*. Saatavissa (17.12.2019): https://www.rofin.com/fileadmin/user_upload/content/9_info-center/GPM_Brosch%C3%BCre_englisch.pdf.
- Rusu, S., Vizureanu, P. ja Rusu, I. (2012). EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE DOT PEEN MARKING IMPACT FORCE. *METALURGIA INTERNATIONAL* Vol. 17.(12), pp. 58–60.
- SCHMIDT (14. toukokuuta 2019a). *Custom Application - Aluminum Gas Cylinder Part Marking*. Saatavissa (25.2.2020): https://www.gtschmidt.com/roll-marking#p7TP3c1_4.
- SCHMIDT (14. toukokuuta 2019b). *Hydraulic Roll Marking Machine Overview*. Saatavissa (25.2.2020): <https://www.gtschmidt.com/roll-marking-hydraulic.php>.
- SCHMIDT (14. toukokuuta 2019c). *Roll Marking Machines*. Saatavissa (25.2.2020): <https://www.gtschmidt.com/roll-marking.php>.
- SFS 3342:E (2000). Kuljetettavat kaasusäiliöt. Rakenne, valmistus, varustelu ja tarkastus. Suomen Standardoimisliitto, Helsinki, 23 p.
- SFS-EN ISO 10460 (2018). Gas cylinders. Welded aluminium-alloy, carbon and stainless steel gas cylinders. Periodic inspection and testing. Suomen Standardoimisliitto, Helsinki, 28 p.
- SFS-EN ISO 13769 (2018). Gas cylinders. Stamp marking. Suomen Standardoimisliitto, Helsinki, 24 p.
- Stranghöner, N. ja Jungbluth, D. (2015). Fatigue Strength of Marked Steel Components. *Procedia Engineering* Vol. 133, pp. 282–293.
- TECHNIFOR (ei julkaisupäivää[a]). *DOT PEEN & SCRIBING EQUIPMENT*. Saatavissa (20.12.2019): https://www.technifor.com/content/download/3940/458829/file/MP-Rayage-Technifor_Leaflet_integrables_EN_corp_web.pdf.
- TECHNIFOR (ei julkaisupäivää[b]). *Product data sheet 3D STYLUS*. Saatavissa (16.12.2019): https://www.technifor.com/content/download/3943/458893/file/datasheet_stylet3d_EN.pdf.
- TECHNIFOR (ei julkaisupäivää[c]). *SCRIBING SOLUTION XF510*. Saatavissa (20.12.2019): https://www.technifor.com/content/download/3936/458908/file/XF510r_leaflet_EN_corp_web.pdf.
- Tuominen, L. (2020). *Hallituksen puheenjohtaja, Ikaset Oy, Kangasala*. Sähköpostiviesti 12.2.2020.