



Anton Sidorik

Kiristysmomentin vaikutus kapillaariruuviin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka, koneensuunnittelu

Insinöörityö

23.4.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Anton Sidorik
Otsikko:	Kiristysmomentin vaikutus kapillaariruuviin
Sivumäärä:	56 sivua + 1 liitettä
Aika:	23.4.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Koneensuunnittelu
Ohjaajat:	Sr. Insinööri, prosessilaatu, Jannis Kyparissakos Konetekniikan yliopettaja, Jyrki Kullaa

Tässä insinööriyössä tutkittiin kiristysmomentin vaikutusta kapillaariruuviin. Tutkittiin tarkemmin kolme vaikuttavaa tekijää momenttiavain, kapillaariruuvien materiaali ja työntekijän kiristystapa. Tutkimuksessa kerättiin dataa momenttiavaimien kiristysmomenteista. Tehtiin koe, jossa oli kolme osallistujaa insinööri, AV (aluevastaava) ja teknikko. Kokeen tarkoitus on selvittää, miten kapillaariruuvi kuluu väärästä kiristysmomentista ja nähdä osallistujien kiristystavan vaikutus ruuvien kulutukseen. Tutkimuksen edetessä on tullut paljon epäkohtia ilmi. Momenttiavaimet kiristävät usein väärään kiristysmomenttiin. Kapillaariruuvia kiristäessä osallistujilla on eroavaisuuksia kiristystavassa. Tutustaessa työohjeisiin nähtiin selviä epäkohtia, jotka vaikuttavat kiristystavan eroavaisuuksiin. Tutkimukseen kuuluu myös kapillaariruuvien tietojen selvittely ja mahdollisuuksista ruuvien vaihtoon. Tarkoituksena parantaa kiristysmomenttia ja kiristystapaa, jotta kiristysmomentti on tasainen ja ruuvien kuluminen on minimaalinen. Nämä tekijät parantavat kiristysmomenttia. Tutkimuksen aikana käytiin kalibrointilaboratoriossa tutustumassa momenttiavaimien kalibrointiin. Tutkimuksen jälkeen on ollut selvää, että kaikki kahdeksan momenttiavainta täytyy vaihtaa uusiin. Työohjeisiin täytyy tehdä muutoksia. Kapillaariruuvia ei voi vaihtaa, koska tarjoaja ei suosittele sitä. Kalibrointitapaa täytyy parantaa, sillä nykyinen tapa ei ole riittävä.

Wire Bonding on keskeinen puolijohdelaitteen liitântätekniikka, joka on välttämätön integroitujen piirien (IC) ja muiden mikroelektronisten laitteiden rakentamisessa. Tämä menetelmä käsittää ohuiden johtolankojen kiinnittämisen piisirusta sen koteloon, mahdollistaen sähköisen yhteyden. Käyttäen ultraääni-, lämpö- tai näiden yhdistelmäenergiaita, wire bonding varmistaa, että mikroelektroniset komponentit kommunikoivat ulkomaailman kanssa. Pääasiassa kullin tai alumiinin johdoilla se on tunnettu luotettavuudestaan, kustannustehokkuudestaan ja tehokkuudestaan. Teknologioiden jatkaessa pienentymistään, wire bonding pysyy keskeisenä, muokautuen haasteisiin yhdistettäessä yhä kompaktimpia komponentteja elektroniikan laajassa maailmassa.

Avainsanat: Kiristysmomentti, kiristystapa

Abstract

Author: Anton Sidorik
Title: The effect of the torque on the capillary screw
Number of Pages: 56 pages + 1 appendices
Date: 23 April 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Machine Design
Supervisors: Jannis Kyparissakos, Sr. Engineer, Process Quality
Jyrki Kullaa, Mechanical Engineering, Principal Lecture

In this thesis, the effect of the tightening torque on the capillary screw was studied. The three influencing factors of the torque is wrench, the material of the capillary screw and the method of tightening of the worker. The study collected data on torque wrench tightening moments. An experiment was conducted with three participants engineer, AV and technician. The purpose of the experiment is to find out how the capillary screw wears out because of the wrong tightening torque and to see the effect of the participants tightening methods on the screw. As the study has progressed, a lot of faults have come to light. Torque wrenches often tighten capillary screw to the wrong tightening torque. When tightening the capillary screw, the participants have differences in the method of tightening.

When familiarizing ourselves with the work instructions, we saw clear flaws that affect the differences in the tightening methods. The study also includes finding out the information about the capillary screw and the possibilities of replacing the screw. The purpose is to improve the tightening torque and tightening method so that the tightening torque is the same and the screw wear is minimal. These factors improve the tightening torque. During the study, we visited the calibration laboratory to learn how to calibrate the torque wrenches. After the study, it has been clear that all eight torque wrenches need to be replaced with new ones. Changes must be made to the work instructions. The capillary screw cannot be replaced, as the provider does not recommend it. The calibration method needs to be improved, as the current method is not sufficient.

Wire bonding is a pivotal semiconductor device interconnection technique, essential for constructing integrated circuits (ICs) and other microelectronic devices. This method involves attaching thin wire leads from the silicon chip to its package, enabling electrical connectivity. Utilizing ultrasonic, thermal, or a combination of energies, wire bonding ensures that the microelectronic components communicate with the outside world. Predominantly using gold or aluminium wires, it's heralded for its reliability, cost-effectiveness, and efficiency. As technologies continue to miniaturize, wire bonding remains instrumental, adapting to the challenges of connecting increasingly compact components in the vast world of electronics.

Keywords: Torque, Capillary screw

Sisällysluettelo

Lyhenteet

1 Johdanto	1
2 Laite, prosessin esittely ja yksinkertaistettu prosessin selitys	2
2.1 Laite	2
2.2 Prosessin esittely	3
2.3 Yksinkertaistettu prosessin selitys	6
3 Väätömomenttiavain, kapillaariruuvi ja työntekijä	10
3.1 Väätömomenttiavain	10
3.2 Kapillaariruuvi	13
3.3 Työntekijä.....	15
4 Tutkimus	17
4.1 Momenttiavaimien kiristysmomenttien datan kerääminen	18
4.1.1 Datan kerääminen	20
4.1.2 Uusi datan kerääminen	22
4.1.3 SPC-kartat.....	25
4.1.4 Päätelmät Excel-taulukosta ja SPC-kartoista	37
4.2 Selvitys kapillaariruuvien korvaamisesta	38
4.3 Koe koskien ruuvien kiristystä.....	39
5 Tutustuminen kalibrointilaboratorioon.....	46
6 Päätelmät	50
6.1 Momenttiavaimet	50
6.2 Kapillaariruuvi	50
6.3 Työohje	51
6.4 Kalibrointi	51
7 Parannusehdotukset	51
7.1 Momenttiavaimet	51
7.2 Kapillaariruuvi	54
7.3 Työohje	54
7.4 Kalibrointi.....	54
8 Yhteenveto	56
Lähteet.....	56
Liitteet	

Liitteet

Liite 1: Tekninen tiedosto kapillaariruuvista

Lyhenteet

AV: *Aluevastaava. Seuraa ja ohjaa tuotantoa*

FAB: *Free Air Ball. Kultalangasta sulatuksesta syntyvä pallo*

EFO: *Electronic Flame-Off. Sähköinen valokaaren luomiseen tarkoitettu tekniikka*

RTP: *Return to Production. Tehdään kun laitteelle on tehty merkittäviä muutoksia*

Clamp: *Pidikkeet, jotka pitävät kultalankaa*

SPC: *Statistical Process Control, Tilastollinen prosessinohjau*

CL: *Centerline, laskettu keskilinja taulukolle*

UCL: *Upper Control Line, maksimi arvo keksilinjasta*

LCL: *Lower Control Line, minimi arvo keskilinjasta*

Transducer: *Kuljettaa ultraääntä*

Chip: *Komponentti, johon tulee kultalanka liitoksia*

Flat balls: *Pyöreät liitoksen ovat litteitä*

USG: *Ultrasoninen liittäminen on yleinen tekniikka wire bondingissa, erityisesti kun käytetään kultaa (Au) langan materiaalina.*

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoitus on tutkia ja selvittää kapillaariruuvien kiristysmomenttiin liittyviä ongelmia. Kolme tekijää, jotka vaikuttavat kiristysmomenttiin ovat kapillaariruuvi, vääntömomenttiavain ja työntekijä (operaattori, insinööri, teknikko tai huoltomies). Nämä kolme tekijää on pakko tutkia yhdessä, sillä näiden tekijöiden yhteistyö vaikuttaa kiristysmomenttiin, joko hyvällä tai huonolla tavalla. Jokaisen tekijän tärkeys on otettava huomioon, että saavutetaan haluttu ja tasainen kiristysmomentti. Väärä kiristysmomentti voi olla osasyynä huonolle kiristysmomentille muille ongelmille, jotka vaikuttavat laatuun. Väärä kiristysmomentti kuluttaa ruuvia, jolloin ei saada oikeaa vääntömomenttia ruuville, joka tarkoittaa, että kapillaari on kiristetty väärin, joka vaikuttaa lankojen liitoksiin huonolla tavalla. Tutkimuksessa yritetään selvittää, onko mahdollista kehittää nämä kolme tekijää. Onko vääntöavaimet vaihdettavissa. Onko mahdollisesti muita ruuveja hankittavissa kapillaariruuvien kiristykseen. Onko mahdollista tehdä muutoksia työntekijän kiristystapaan esim. muutos työohjeisiin. Tutkimuksessa kerätään dataa vääntömomenttiavaimien kiristysmomentista. Otetaan yhteyttä laitteen (lankabondari) valmistajaan ja selvitetään, onko muita ruuvi vaihtoehtoja olemassa kapillaarin kiristykseen.

Tutkimuksessa tehdään koe, johon osallistuu 3 työntekijää insinööri, teknikko ja AV. Kokeessa on, tarkoitus selvittää miten paljon eroavaisuuksia on näiden henkilöiden kiristystekniikoissa. Jos eroavaisuuksia ilmenee paljon työohjeisiin mahdollisesti voi tehdä muutoksia koskien kiristystapaa.

2 Laite, prosessin esittely ja yksinkertaistettu prosessin selitys

2.1 Laite

Lankabondareilla tehdään sähköiset lankaliitokset chippien välille ja kotelojalkojen ja chippien välille. Yrityksessä on käytössä kolme eri versiota lankabondareista (Kuva 1) ICONN, ICONN plus, Rapid Pro Kulicke and Soffa:n valmistamia. Lankabondarit ovat yleisiä laitteita, joita käytetään kokoonpanossa.

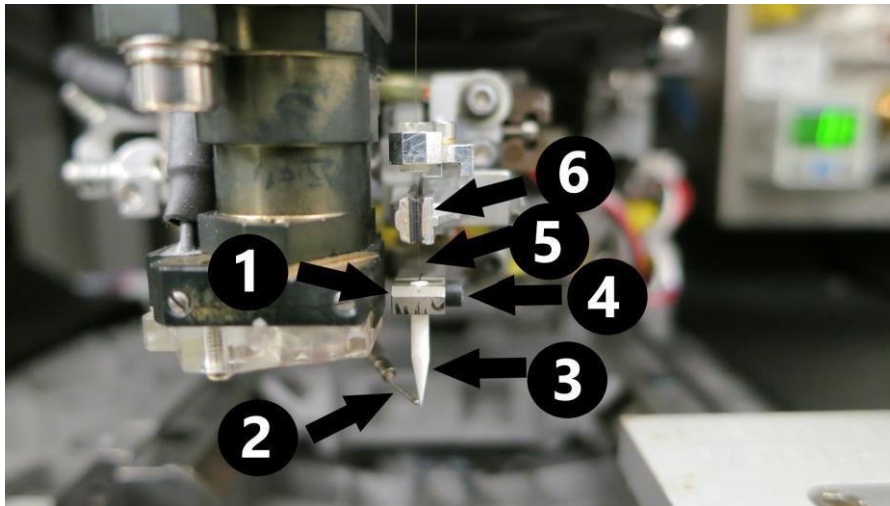
Peruskäytöltään ovat samanlaisia. Kaikissa kolmessa versiossa käytetään kapillaariruuvia ja samaa kiristystapaa. Lankabondareita on kaksikymmentä kappaletta ja tutkimuksen lopputulos vaikuttaa kaikkiin lankabondareihin.



Kuva 1. IConn PLUS-lankabondari

2.2 Prosessin esittely

Lankaliitoksen muodostaminen alkaa, kun kapillaarin läpi syötetään kultalankaa. Tämän jälkeen kultalangan päähän sulatetaan EFO:n avulla pallo, FAB (Free Air Ball). Kultalankaa paikallaan pitävät clampit aukeavat ja FAB jää kiinni kapillaarin päähän.

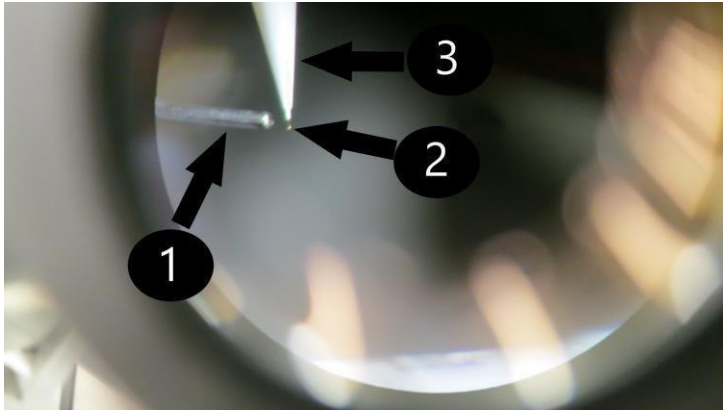


Kuva 2. Lankabondarin osat

1. Transducer
2. EFO-rauta
3. Kapillaari
4. Ruuvi
5. Kultalanka
6. Clampit

EFO (Electronic Flame-Off) tarkoittaa sähköistä, valokaaren luomiseen tarkoitettua tekniikkaa. Lankaliitosprosessissa valokaaren syntyyn tarvittavina elektrodeina toimivat EFO-rauta ja sulatettava kultalanka. EFO-rauta varataan usean kilovoltin jännitteellä, jotta se ylittää ilman läpilyöntikestävyys. Sähkövirta purkaantuu tällöin kultalankaan, joka edelleen sulaa oman resistanssinsa vaikutuksesta. Kun kapillaarin päässä oleva kultalanka sulaa, se muotoutuu palloksi ja jää kiinni kultalankaan. Kullan sulatuksessa syntyvän pallon eli FAB:in tulee olla tarkalleen oikean muotoinen ja kokoinen. FAB:n

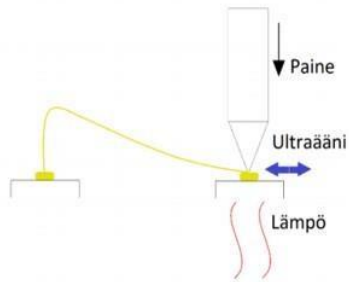
muodostumiseen voidaan vaikuttaa muuttamalla prosessin parametreja: virtaa ja aikaa, tai siirtämällä EFORautaa suhteessa kultalankaan.



Kuva 3. Pallon muodostuminen

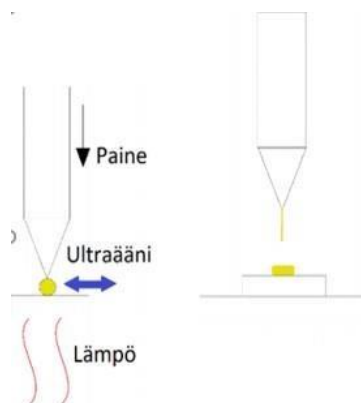
1. EFO-rauta
2. FAB
3. Kapillaari

FAB:n liittäminen pädiin tapahtuu hyödyntämällä painetta, lämpöä, sekä transducerin synnyttämää ultraääntä. Sähköinen energia muutetaan kapillaarin mekaaniseksi liikkeeksi transducerin piezoelementin avulla kohdistamalla transduceriin vaihtojännite, jolloin jännitemuutokset saavat piezoelementin muuttamaan muotoaan. Oleellista on, että mekaaninen liike tapahtuu transducerin resonanssitaajuudella. Tällöin jännitteen ja virran suhteelliset vaiheet ovat samat ja impedanssi on minimoitu. Ultraääni siirtyy kapillaarista lankaa myöten liitokseen, jossa se aiheuttaa liitoksen tärisemisen. Kultaliitos hankautuu liitosalueen pintaa vasten, jolloin hankaaminen kuluttaa metalleja ja irrottaa niiden pinnasta epäpuhtaudet. Käytettävä korkea lämpö pehmentää metalleja. Paineen ja ultraääneen avulla metallien ulkokerrosten atomit saadaan mahdollisimman lähelle toisiaan, joka edesauttaa niiden välisen rajapinnan (IMC- Intermetallic Compound) muodostumista.



Kuva 4. Liitoksen muodostaminen

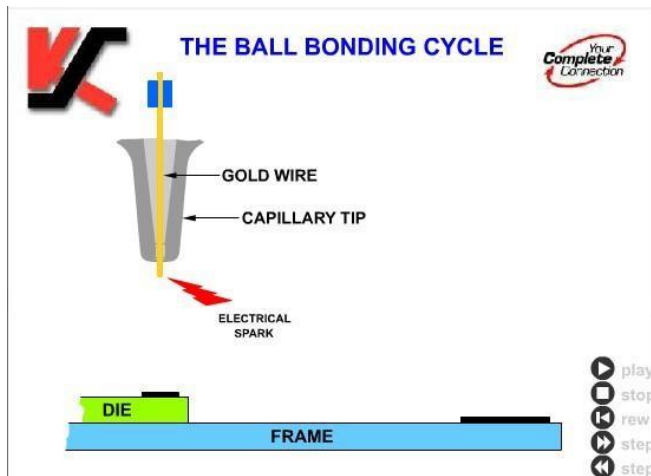
Kun liitos on saatu muokattua halutun muotoiseksi, ultraääni katkaistaan ja kapillaari lähtee nousemaan ylöspäin. Bump-liitoksen ensimmäisessä osassa clampit sulkeutuvat ja lanka katkeaa muodostetun liitoksen vierestä. Jäljelle jäänyt langanpätkä jää roikkumaan kapillaarin päähän ja siitä muodostetaan uusi FAB. Kapillaari siirtyy seuraavan liitosalueen yläpuolelle ja uusi palloliitos muodostetaan vastaavalla tavalla kuin edellä, mutta kultalankaa ei nyt katkaista. Kapillaari siirtyy sitten uudelleen ensimmäisen liitosalueen yläpuolelle. Muodostuva langan luuppi liitosten välillä riippuu kapillaarin liikeradasta. Liitosalueella USG aktivoituu uudelleen ja lankaa aletaan painaa ensimmäistä liitosta vasten. Kun bumpin täydentävä liitos (stitch) on saatu muodostettua, USG kytkeytyy pois ja kapillaari nousee ja katkaisee kultalangan.



Kuva 5. Kultalangan katkeaminen liitoksesta

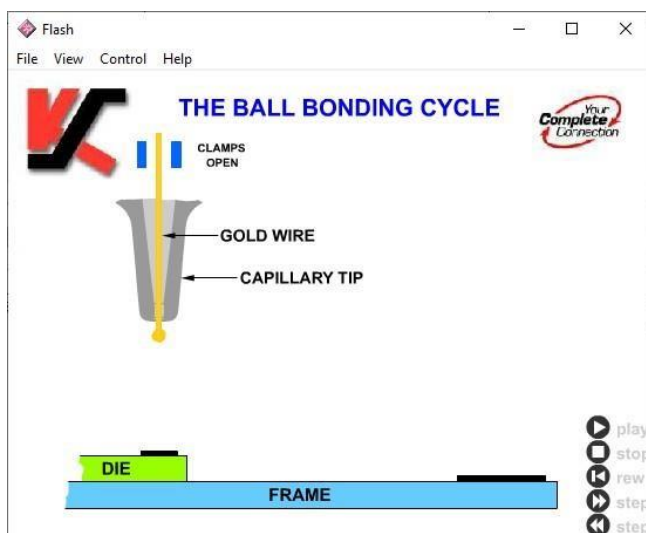
2.3 Yksinkertaistettu prosessin selitys

EFO-raudasta tuleva kipinä lämmittää kultalankaa. Clampit ovat tässä vaiheessa vielä kiinni ja pitävät kultalankaa kapillaarin sisällä.



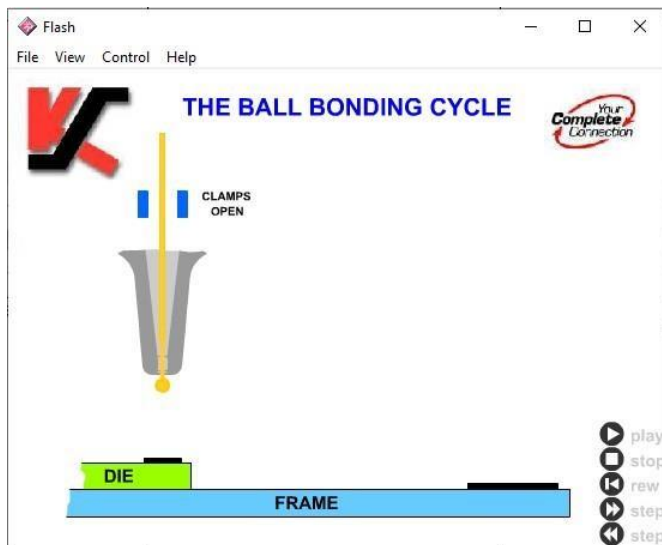
Kuva 6. EFO-raudasta tuleva kipinä

Kun kipinä sammuu, kultalangan päähän muodostuu pallo. Samaan aikaan clampit aukeavat. Clampeja ei tarvita koska pallo pitää kultalangan kapillaarin sisällä. Pallon koko on isompi kuin kapillaarin suunaukko.



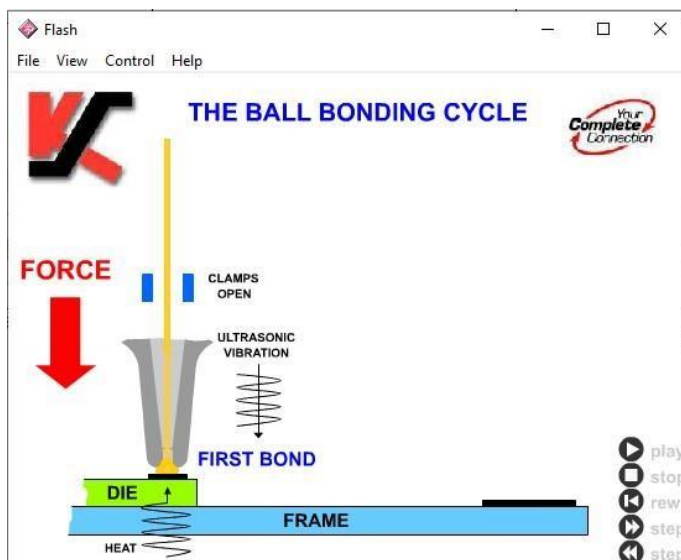
Kuva 7. Pallon muodostuminen

Kun pallo on oikean kokoinen, kapillaari työntää palloliitoksen kohti pädiä, johon tulee liitos.



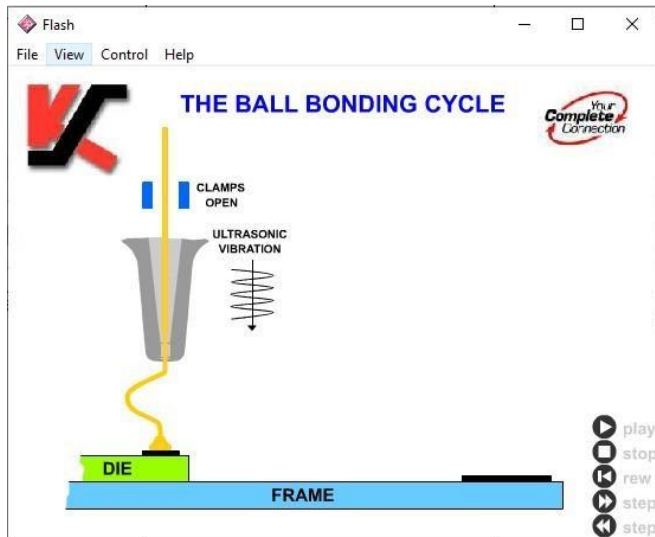
kuva 8. Liike alaspäin pädiä kohti

Kapillaari painaa palloa pädiä vasten, kunnes syntyy liitos. Liitoksen aikana ultraääni kulkee kapillaarin ja kultalangan läpi, joka saa aikaan värinän. Värinä poistaa padistä epäpuhtaudet ja asettaa liitoksen paikalleen. Alhaalta tuleva lämpö auttaa liitoksen muodostamisessa.



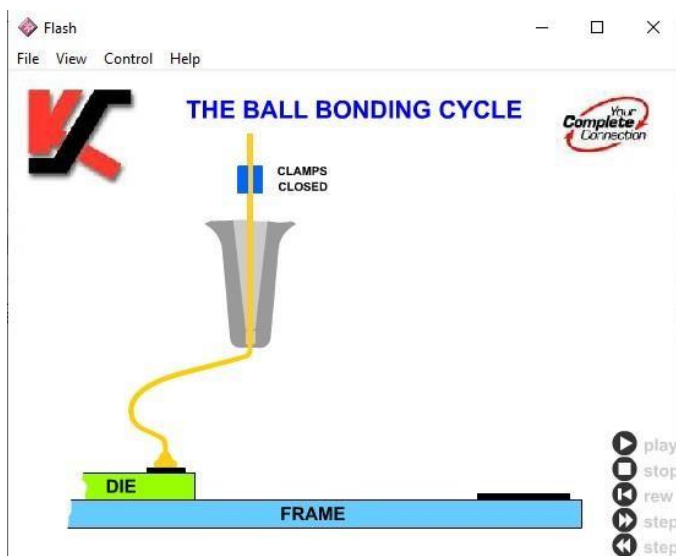
Kuva 9. Kapillaari painaa palloa pädiä vasten

Kun liitos muodostunut kapillaari nousee ylös. Ultraääni on vielä päällä, jotta kapillaari liikkuu sujuvasti kultalankaa pitkin. Clampit ovat auki, koska liitos pitää kultalangan paikallaan.



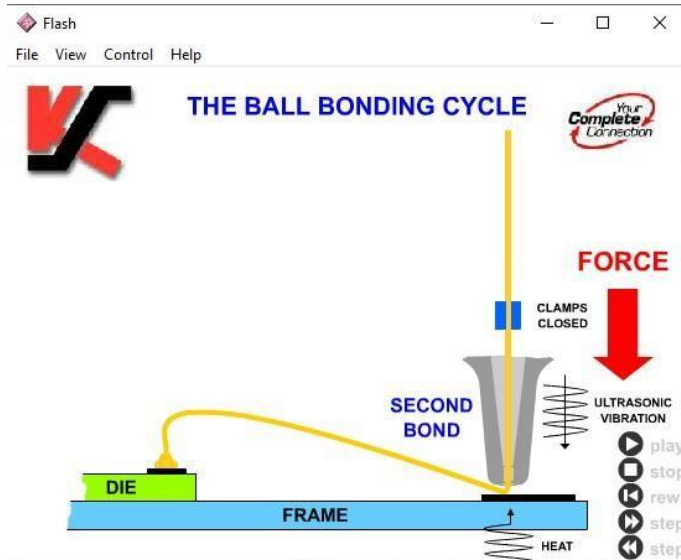
Kuva 10. Muodostunut liitos

Kun kapillaari on noussut tarpeeksi ylös, ultraääni sammuu ja clampit menevät kiinni. Näin saadaan kultalangasta riittävän pitkä seuraavaan liitokseen. Kiemura, jonka kapillaari tekee kultalangalle, on sitä varten, jotta kahden liitoksen välissä kultalangalle ei synny jännitystä.



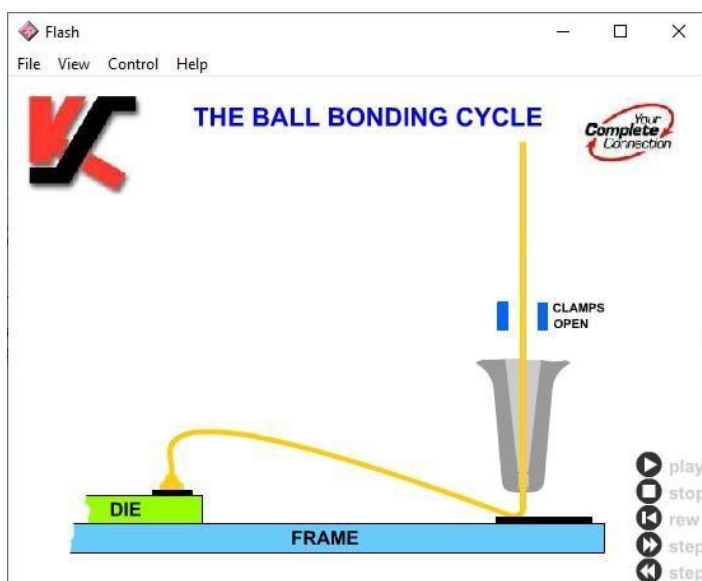
Kuva 11. Kapillaari on valmis seuraavaan liitokseen

Seuraavan liitoksen periaate on samanlainen kuin ensimmäisellä liitoksella.



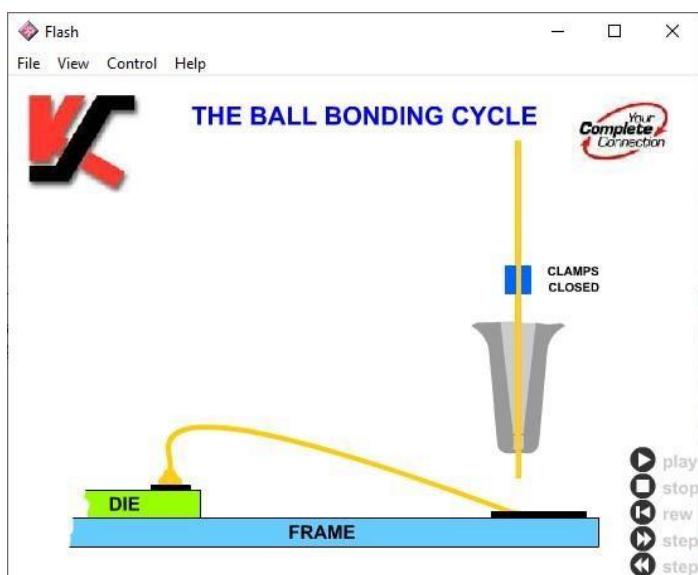
Kuva 12. Toisen liitoksen muodostus

Kun liitos on tehty, clampit aukeavat ja ultraääni sammuu. Kapillaari nousee ylös halutun verran, jättäen vähän kultalankaa liitoksen jälkeen.



Kuva 13. Kapillaari nousee ylös liitoksen jälkeen

Kun kapillaarin on noussut halutun verran ylös, clampit menevät kiinni ja kultalanka katkeaa. Tämän jälkeen on saatu kaksi onnistunutta liitosta.



Kuva 14. Kultalangan katkaisu

Prosessin selitettyä voi ymmärtää kapillaariruuvien tärkeyden. On tärkeää, että kapillaarin asento on oikea. Väärä asento vaikuttaa pallon muodostamiseen, koska EFO-raudan kipinä voi osua ohi tai muodostaa vääräkokoisesta pallon, jos antaa kipinää väärään paikkaan. Liitoksista tulevat huonoja ja tuotteita joudutaan heittää roskiin. Yllä mainittuihin asioihin vaikuttaa ruuvien oikealainen kiristys, joten ruuvien kiristystä ei voi painottaa liikaa tärkeäksi.

3 Vääntömomenttiavain, kapillaariruuvi ja työntekijä

3.1 Vääntömomenttiavain

Tuotannossa on käytössä kahdeksan vääntömomenttiavainta. Vääntömomenttiavaimia käytetään kapillaariruuvien kiristykseen. Tuotannossa olevat työntekijät käyttävät momenttiavaimia satunnaisesti, tarkoittaen, että joitain momenttiavaimia käytetään enemmän kuin toisia.

Momenttiavaimet tulivat laitteiden mukana ja ovat laitevalmistajan suosittelamia. Momenttiavaimia ei ole vaihdettu eikä ole huollettu moneen vuoteen.

Jotkut avaimet ovat jo 10 vuotta vanhoja. Kerran vuodessa tehdään kalibrointi yrityksen omassa kalibrointilaboratoriossa.



kuva 15. Vääntömomenttiavain.

Jokaisella avaimella on oma tunnus ja kalibrointipäivä.

Momenttiavain Kalibroitu	
790 FF 06	10.2.2022
750 FF 46	16.6.2021
751 FF 02	17.5.2021
790 FF 07	17.5.2021
750 FF 26	5.5.2021
751 FF 01	10.2.2022
790 FF 08	10.2.2022
790 FF 09	10.2.2022

Kuva 16. Momenttiavaimet ja päivämäärät



Vääntömomenttiavaimien säilytys tapahtuu vetolaatikossa. Erillinen teline momenttiavaimille on tehty ESD-materiaalista. ESD-materiaali ei ole sähköva-
raava.



Kuva 17. Teline momenttiavaimille

Vääntömomenttiavaimen tiedot:

SN	Torque Driver/ Wrench	Bits	Remarks
1	25 in-oz Torque Driver (with hex bit)	Hex Bit 1.27mm, 50mm long	Capillary Mounting Screw PN: 08828-0080-003-01 (Refer to Appendix Page 1)

K&S PN: 27765-6000-031

Kuva 18. Momenttiavain ja hex bit

Momenttiavaimen nimellisvääntömomentti: 25 in-oz = 0.176Nm

Tarkkuus: +/- 6 %, valmistajan antama arvo

Hex bit: Paksuus:1.27 mm, pituus: 50 mm

3.2 Kapillaariruuvi

Kapillaariruuvi vaihdetaan kapillaarin vaihdon yhteydessä tai muussa huollon ja tuen määräämässä tapauksessa. Kapillaariruuvi on laitteen valmistajan suosittelema. Kapillaariruuvi kiristää kapillaaria transducerin läpi ja on tärkeä osa kultalankaliitoksien muodostamisessa.



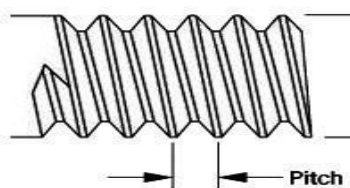
Kuva 19. Kapillaariruuvi

Kapillaariruuvin tiedot:

Pituus: $3/16$ inch = 4.7 mm


Luokka: 12.9

Kierteen pituus: 0.511 pitch = 1.297 mm



Kuva 20. Kierteen pituus

Nykyinen ruuvi on paranneltu versio vanhasta ruuvista, joka on ollut käytössä vuodesta 2012.

	New Capillary Screw	Existing Capillary Screw
Part Number	08890-0085-003-00	08828-0080-003-01
Part Description	SHSC, ZINC, OPTIA (.511 PITCH)	SHSC #0-80X3/16 MOLY COATED
Design Improvement	<p>Increase unthreaded region, improve bearing surface, fillet and strength.</p> 	

Kuva 21. Kapillaariruuvi

Ruuvien mitat jäivät samanlaisiksi. Muutos koski kierteen aluetta. Nykyruuvissa kierrealueen pituus on lyhyempi. Parannus painepinnassa, kierteessä ja lujuudessa. Ruuvien pinnoitus on muuttunut, mutta ei merkittävästi käytännössä. Tärkein muutos on kierteen pituus.

Ruuvien säilytys tapahtuu vetolaatikossa. Ruuvit ovat rasiassa, koska ruuviin ei saa päästä likaa. Jos lika joutuu kierteisiin, se vaikuttaa kiristysmomenttiin.



Kuva 22. Kapillaariruuvit säilytysrasiassa

3.3 Työntekijä

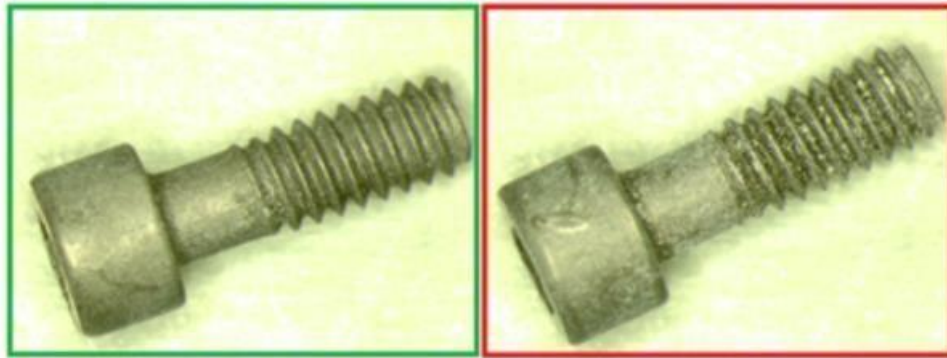
Tuotannon työntekijät, jotka käyttävät vääntömomenttiavainta kiristäessä kapilaariruuvia ovat operaattorit, huoltomiehet, insinöörit, AV ja teknikot. On olemassa pysyvät työohjeet WI 1605, jonka mukaan ruuvia pitää vaihtaa tai kiristää.

Jos ruuvia täytyy vaihtaa, siihen on seuraavat ohjeet:

NRO	Vaihe	Avainkohdat	Miksi?	Syy / seuraus
1	<u>Poista vanha ruuvi</u>	<p>Ruuvi vaihdetaan kapillaarin vaihdon yhteydessä tai muussa huollon ja tuen määräämässä tapauksessa.</p> <p>Kun olet poistanut vanhan kapillaarin <u>ultraäänivarresta</u> kierrä ruuvi kokonaan auki ja siirrä se pinseteillä lankaroskikseen.</p> <p>Huom. on erittäin tärkeää, että kapillaarin vaihdossa kapillaarin alle laitettu puhdistalialina on paikoillaan myös tässä työvaiheessa.</p>	<p>Ruuvien vaihto vaikuttaa <u>bondausparametreihin</u>. Kapillaarin korkeus ja asento muuttuvat ruuvien vaihdon yhteydessä, joten kapillaari on vaihdettava ruuvien vaihdon yhteydessä.</p> <p>Ruuvi joudutaan vaihtamaan esim. pyörinyneen ruuvien kannan, huonojen vetotulosten, huollon tai liian korkean impedanssiarvon takia.</p>	Huonokuntoinen ruuvi vaikuttaa <u>bondauslaatuun</u> .
2	<u>Uuden ruuvien valinta</u>	<p>Ota uusi ruuvi purkista. Vältä koskemasta ruuviin käsin tai laskemasta ruuvia pöydille tai muille pinnoille. Käytä ruuvien käsittelyyn pinsettejä.</p> <p>Huom. K&S:n ruuvipussissa lukee koodi: <u>08890-0085-003-00</u>.</p>	<p>Uutta ruuvia ei saa <u>kontaminoida</u> koskemalla ruuviin esim. käsin tai pitämällä ruuvia pöydällä yms.</p> <p>Väärä ruuvi vaikuttaa kriittisesti <u>bondauslaatuun</u>, eikä prosessi toimi halutulla tavalla.</p>	
3	<u>Ruuvien tarkastus</u>	Tarkasta ruuvien kunto mikroskoopilla ennen asentamista laitteeseen.		Viollinen/kontaminoitunut ruuvi voi vaikuttaa kriittisesti <u>bondauslaatuun</u> .

Kuva 23. Työohjeet (Kyparissakos 2022)

Ruuvien kunto on tärkeää tarkastaa ja se tehdään mikroskoopilla. Mikroskoopilla nähdään pienetkin liat ruuvissa. Myös nähdään, onko ruuvien kierteet ja kanta hyvässä kunnossa. Lika, huonot kierteet ja kulunut kanta vaikuttaa kiristysmomenttiin.



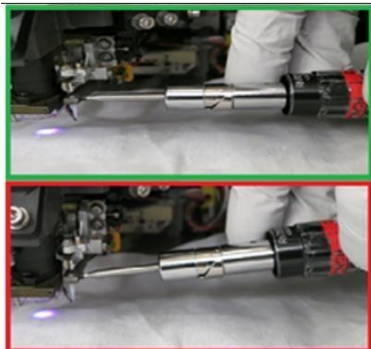
Kuva 24. Esimerkki hyvästä ja huonosta ruuvista.

Jos ruuvia pitää kiristää, on seuraavat ohjeet:

4	<p>Ruuvien asennus</p>	<p>Pida ruuvia pinseteilla kiinni sen kierre osasta, aivan kannan tyvesta.</p> <p>Aseta ruuvi kohdalleen ultraäänivarteen ja kierita momenttiavaimella ruuvia alkuun siten, että ruuvi pysyy paikoillaan. Momenttiavaimen täytyy olla kohtisuorassa ruuvien kantaan nähden.</p> <p>Jatka kapillaarin asentamista kapillaarin vaihto-ohjeiden mukaisesti</p>	<p>Ruuvien kanta voi vaurioitua, jos momenttiavain ei ole suorassa.</p>	<p>Uusi ruuvi voi olla myös huono. Tämä voi vaikuttaa koneen bondauslaatuun.</p>
---	------------------------	---	---	--

Kuva 25. Viralliset työohjeet: WI 1605 Rev.35 Lankabondaus KnS ICONN FINN

Momenttiavaimen asento pitää olla suoraan vaakatasossa. Jos momenttiavain on vinossa, se kuluttaa ja rikkoo kapillaariruuvien kanta, joka vaikuttaa huonolla tavalla kiristykseen.



Kuva 26. Momenttiavaimen asento.

Ruuvinvaihdon jälkeen tulee aina suorittaa RTP2 (Return to Production). Tuotantoonpalautus tehdään, kun on tehty merkittäviä muutoksia laitteelle. Joka taas todistaa ruuvien tärkeyden.

5	Suorita RTP2	Ruuvinvaihdon yhteydessä tulee AINA suorittaa tason 2 RTP.	Ruuvinvaihto voi vaikuttaa bondauslaatuun.	Varmistetaan prosessin toimivuudesta ja ei ajeta huonoja tuotteita.
---	--------------	--	--	---

Kuva 27. RTP2 Työohje.

Työohjeessa ei ole mainintaa, siitä, että ennen kapillaariruuvien kiristystä käytä momenttiavain kalibrointilaitteella. Myöhemmin datakeruu jälkeen huomaamme, että se on oleellinen asia kiristyksessä.

4 Tutkimus

Yrityksellä on tiedossa, että ruuvien kiristyksessä saattaa olla ongelmia. Ongelmaa ei ole tutkittu tähän asti, joten tehtiin päätös tutkia tätä ongelmaa tarkemmin.

Ruuvien kiristysmomenttiin vaikuttavat tekijät arvioitiin olevan momenttiavaimet, kapillaariruuvien kunto/materiaali ja työntekijöiden kiristystapa. Alustavaa tietoa ei ole, mikä näistä tekijöistä vaikuttaa eniten huonolla tavalla kiristykseen. Joten näiden kolmen tekijän tutkiminen on tärkeää, jotta voidaan havaita mikä tekijä vaikuttaa eniten kiristykseen vai vaikuttaako kaikki kolme.

Tutkimuksessa kerätään momenttiavaimien kiristysmomentista dataa Excel-
taulukkoon. Tämän jälkeen voidaan nähdä eroavaisuuksia yksittäisen momenttiavaimen kiristysmomenteista ja eroavaisuuksia momenttiavaimien välillä. Datan kerääminen on oleellinen asia havaitakseen ongelman momenttiavaimissa, jos se ongelma on olemassa.

Tehdään koe, jossa mukana on insinööri, AV ja teknikko. Koe tehdään momenttiavaimien kiristysmomentti data keräämisen jälkeen. Kokeessa jokainen osallistuja kiristää kapillaariruuvia jokaisella momenttiavaimella. Jokaiselle momenttiavaimelle on oma ruuvi. Ruuveista otetaan kuvat ennen ja jälkeen kiristystä. Mikroskoopilla tarkastetaan ruuveja. Jonka jälkeen voidaan verrata momenttiavaimien eroavaisuuksia. Nähdään mikä momenttiavain kuluttaa eniten ruuveja ja johtuuko se momenttiavaimen kiristysmomentista vai kiristäjän tekniikasta.

Viimeiseksi otetaan yhteyttä laitevalmistajaan, joka tarjoaa kapillaariruuveja. Otetaan selvää, onko olemassa vaihtoehtoisia kapillaariruuveja. Suoraan valmistajalta saa ajankohtaisen ja oikean vastauksen kysymykseen, sillä Murata Oy:n insinöörit voivat olla epätietoisia asiasta.

4.1 Momenttiavaimien kiristysmomenttien datan kerääminen

Datan keräämiseen käytettiin kalibraattoria (Kuva 19). Kalibraattorin toiminta: 0.1Nm- 0.3Nm välillä.

Momenttiavaimien nimellisarvo: 0.176Nm,

Momenttiavaimien tarkkuus: +/- 6 % = +/- 0.01056Nm

Tuotannon kalibraattorilla tarkkuusarvo on pyöristetty alaspäin +/-0.010Nm, kuten näkyy kuvassa (valkoinen tarra). Aina kun arvo jää halutun toleranssirajan yli 0.186Nm tai alle 0.166Nm, kalibraattorilla syttyy punainen valo, joka tarkoittaa, että kiristysmomentti on väärä.

Nimellisarvo 0.176Nm on momenttiavaimen valmistajan antama. Lankabondari valmistajan suosittelema kiristysmomentti on 0.180Nm, joka on pyöristys ylöspäin arvosta 0.176Nm.

Tässä tutkimuksessa tulokset verrataan lankabondarivalmistajan suosittelemaan 0.180Nm arvoon.

Kalibraattori kalibroitu 19.11.2021. Kalibroidaan vuoden välein.



Kuva 28. Tuotannon kalibraattori, Norbar TrueCheck

Hyvä kiristysmomentti:

0.166Nm-0.186Nm

Huono kiristysmomentti: alle: 0.166Nm yli: 0.186Nm

Momenttiavain asetetaan kalibraattorille pystyasennossa ja pyöritetään myötäpäivään, kunnes kuuluu "klik"-ääni. Klikkauksen jälkeen kalibraattori näyttää kiristysmomentin. Näin saadaan tarkka arvo kiristysmomentille, josta voi kerätä dataa Excel-taulukkoon.



Kuva 29. Momenttiavain pystyasennossa kalibraattorilla

4.1.1 Datan kerääminen

Datan keräämiseen käytettiin kuusi satunnaista päivää. Tehtiin kaksi mittausta per päivä, aamulla ja päivällä. Yhdellä mittauskerralla tehtiin kolme naksahdusta, josta saatiin kolme kiristysmomentin tulosta (kuva 31, Excel-tilukko).

Työntekijät tekevät keskimäärin kolme naksahdusta kiristäessään kapillaari-ruuvia. Siksi valittiin kolme naksahdusta, jotta datan kerääminen olisi mahdollisimman lähellä tuotannon käytäntöjä.

Mittauspäivät:

1. 25.2.2022, aamu ja päivä
2. 28.2.2022, aamu ja päivä
3. 4.3.2022, aamu ja päivä
4. 9.3.2022, aamu ja päivä
5. 11.3.2022, aamu ja päivä
6. 14.3.2022, aamu ja päivä

Jokaisen mittauspäivän jälkeen data siirrettiin Excel-tilukkuun. Excel-tilukon kiristysmomenteista poistettiin numero nolla:

esimerkki: 0.186Nm = 186Nm

Näin saadaan dataa, jota on helpompi lukea.

Excel-tilukossa näkyy mittauspäivät, momenttiavaimet ja kalibrointipäivät momenttiavaimille. Excel-tilukkuun on tehty lyhyt skripti, joka tunnistaa, jos arvo ylittää tai alittaa sallitun toleranssirajan.

Saadun datan perusteella täytyy poistaa ensimmäinen viallinen naksahdus kalibraattorilla, jotta saadaan tasainen kiristysmomentti. On päätetty tehdä uusi mittaus momenttiavaimille.

4.1.2 Uusi datan kerääminen

Käytännössä mittaukset tehdään aivan samalla tavalla, mutta tällä kertaa tehdään yksi naksahdus kalibraattorilla, joka poistaa mekanismivian. Sen jälkeen tehdään kolme naksahdusta ja otetaan kiristysmomentin arvot ylös.

Uusintamittauspäivät:

1. 25.3.2022, aamu ja päivä
2. 28.3.2022, aamu ja päivä
3. 30.3.2022, aamu ja päivä
4. 8.4.2022, aamu ja päivä
5. 11.4.2022, aamu ja päivä
6. 22.4.2022, Aamu ja päivä

Uudet mittaukset momenttiavaimille oli tehty. Excel-taulukosta huomaamme (Kuva 32), että kiristysmomentit ovat tasaisemmat ja halutun toleranssirajan sisäpuolella. Näistä kiristysmomenteista voi laskea keskiarvot, jolloin, nähdään, liikkuko tulokset nimellisarvon lähellä.

Muista avaimista on laskettu keskiarvot ja keskiarvojen keskiarvot, jotta voidaan nähdä mikä on todellinen yksittäisen momenttiavaimen keskiarvo pidemällä aikavälillä (Kuva 32).

Momenttiavaimien uusi haluttu nimellisarvo on 0.180Nm. Taulukosta nähdään (Kuva 32), että momenttiavain 790 FF 09 on reilusti sen alapuolella 0.172Nm. Muut momenttiavaimet ovat lähellä alkuperäistä 0.176Nm nimellisarvoa.

Taulukoiden alle on laskettu erotuksille keskiarvot. Erotuksien keskiarvoista saadaan laskettu yhden mittaus kerran kolmen tuloksen erotus. Mittauskerroja on kaksitoista kappaletta. Saadaan hyvä ymmärrys miten tasaiset kiristysmomentit ovat momenttiavaimilla.

The image shows a large Excel spreadsheet with multiple columns and rows. The columns represent different tools or measurements, and the rows represent individual data points. The data is organized into several sections, with summary rows at the bottom of each section. The spreadsheet contains numerical values, likely representing torque measurements, and some cells are highlighted in red or green. The overall structure is a detailed data table for analysis.

Kuva 33. Excel-taulukko

Lasketetuista erotuksien arvoista voidaan nähdä, että kaikkien momenttiavaimien erotukset liikkuvat 0.05Nm sisällä (Kuva 23).

Keskiarvot ja erotuksien keskiarvot on laskettu SPC-karttoja varten, jotta dataa voidaan nähdä visuaalisemmin.

4.1.3 SPC-kartat

Jokaiselle momenttiavaimelle on tehty SPC-kartta. SPC-käyrä näyttää visuaalisesti, miten tulokset liikkuvat halutun nimellisarvon lähellä. Tässä tutkimuksessa ei ole tarkoitus laskea kontrollirajoja momenttiavaimille, koska ne ovat tiedossa.

SPC-kartta on ainoastaan visualisointia varten.

Haluttu nimellisarvo on 0.180Nm ja se tulee olemaan keskilinja, johon verrataan datan tulokset. Momenttiavaimien tulokset pitää liikkua 0.180Nm tuntumassa.

SPC-kartan laskut:

	Centerline	Control Limits		σ_x
<i>X bar and R Charts</i>	$CL_{\bar{X}} = \bar{X}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2\bar{R}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2\bar{R}$	$\frac{\bar{R}}{d_2}$
	$CL_R = \bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$	$\frac{\bar{R}}{d_2}$
<i>X bar and s Charts</i>	$CL_{\bar{X}} = \bar{X}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_3\bar{s}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_3\bar{s}$	$\frac{\bar{s}}{c_4}$
	$CL_s = \bar{s}$	$UCL_s = B_4\bar{s}$	$LCL_s = B_3\bar{s}$	c_4

Kuva 34. Control Chart -kaavat

Tables of Constants for Control charts								
Table 8A - Variable Data						ref : AIAG manual for SPC		
X bar and R Charts					X bar and s charts			
Subgroup size (n)	Chart for Averages		Chart for Ranges (R)		Chart for Averages		Chart for Standard Deviation (s)	
	Control Limits Factor	Divisors to Estimate σ_x	Factors for Control Limits		Control Limits Factor	Divisors to estimate σ_x	Factors for Control Limits	
	A_2	d_2	D_3	D_4	A_3	c_4	B_3	B_4
2	1.880	1.128	-	3.267	2.659	0.7979	-	3.267
3	1.023	1.693	-	2.574	1.954	0.8862	-	2.568
4	0.729	2.059	-	2.282	1.628	0.9213	-	2.266
5	0.577	2.326	-	2.114	1.427	0.9400	-	2.089
6	0.483	2.534	-	2.004	1.287	0.9515	0.030	1.970
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.9594	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.9650	0.185	1.815
9	0.337	2.970	0.184	1.816	1.032	0.9693	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.9727	0.284	1.716
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.9823	0.428	1.572
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.606	0.9896	0.565	1.435

Kuva 35. Control Chart - taulukko

Selitys SPC-karttojen kaavoille CLX:

Centerline:a ei tarvitse laskea. Haluttu nimellisarvo on 0,180Nm.

$$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}}$$

missä,

X = Excel-taulukosta lasketut keskiarvot UCLx ja

LCLx:

Ylä- ja alarajat nimellisarvolle

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

missä,

X = 0.180Nm

A2 = 1.880

R = Tutkimuksessa saadut keskiarvot tai yksittäiset tulokset

X on meidän haluttu nimellisarvo

Meidän, tapauksessa ei tarvitse laskea ylä- ja alarajoja, sillä ne ovat tiedossa.

Yläraja:0.186Nm

Alaraja:0.166Nm

SPC-kartat erotuksien keskiarvoille CLR:

Erotuksista laskettu keskiarvo.

$$CL_R = \bar{R}$$

missä,

R = erotuksien keskiarvot

UCLR ja LCLR:

On laskettu ylä ja alarajat erotuksien keskiarvoille.

$$UCL_R = D_4 \bar{R} \quad LCL_R = D_3 \bar{R}$$

missä,

$$D_4 = 3.267,$$

$$D_3 = 0,$$

R = erotuksien keskiarvot

D3 ja D4 otetaan Control chart -taulukon kohdasta "subgroupsize" kakko-
sesta. Ylä- ja alarajat ei ole laskettu erotuksille, koska ei ole tarkoitus laskea
kontrollirajoja.

Lisäksi on tehty SPC-kartat kiristysmomentin tuloksien erotuksesta.

Esimerkki momenttiavaimesta 790 FF 07 Excel-taulukko (KUVA23):

Tulokset: 179Nm, 177Nm, 174Nm.

Otetaan pienin ja isoin tulos:

pienin: 174Nm

isoin: 179Nm

Miinustetaan:

$$179\text{Nm}-174\text{Nm}=5\text{Nm}$$

erotus:

$$5\text{Nm}$$

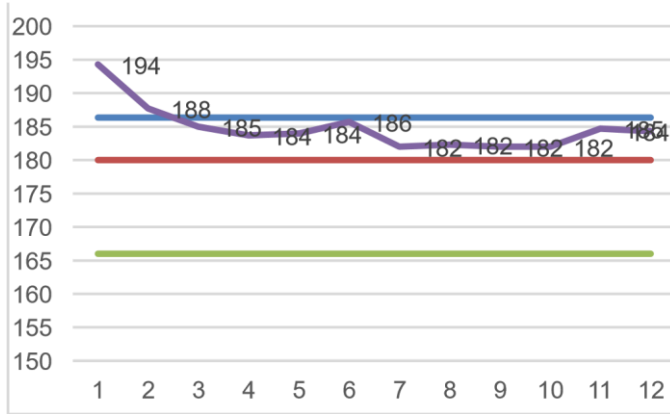
Lasketaan jokaisen mittauskerran jälkeen erotus jokaisen momenttiavaimen kohdalla. Luodaan Excel-taulukko, jossa voidaan tarkastella tuloksia. Erotuksille on laskettu keskilinja erotuksien keskiarvojen keskiarvoista.

SPC-kartoissa:

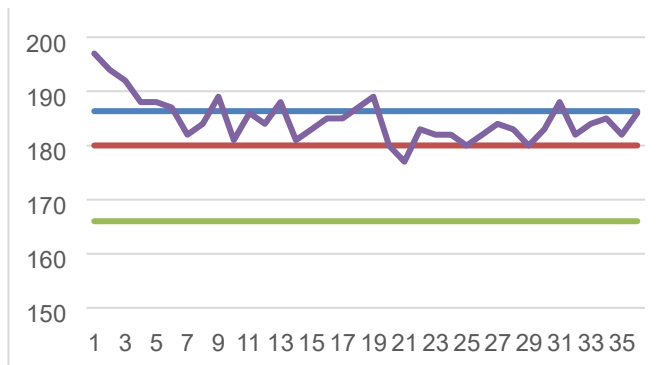
- Ylin SPC-kartta, on keskiarvoista laskettu käyrä

- Keski SPC-kartta, on yksittäisistä tuloksista laskettu käyrä
- Alin SPC-kartta, erotuksista laskettu käyrä
- CL = punainen väri
- UCL = sininen väri
- LCL = harmaa väri
- Keskiarvot ja yksittäiset tulokset = violetti väri

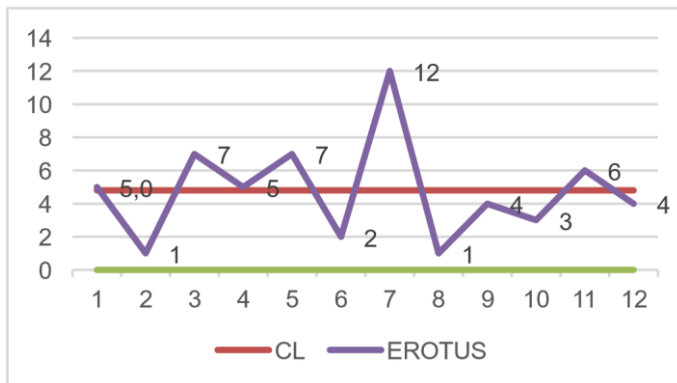
4.1.3.1 790 FF 06



Kuva 36. SPC-kartta keskiarvoille

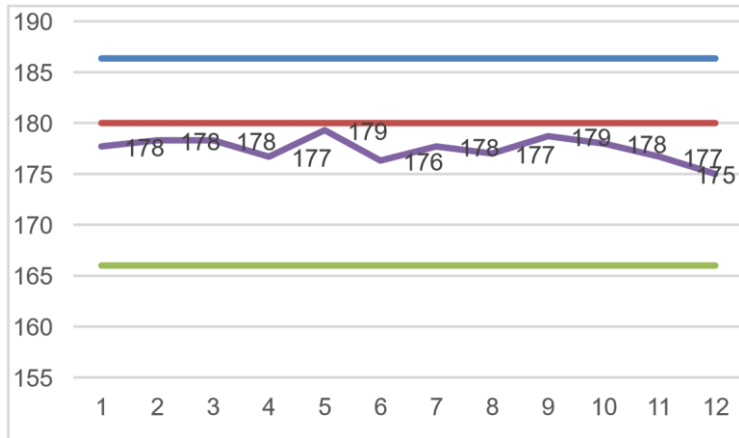


Kuva 37. SPC-kartta yksittäisille arvoille

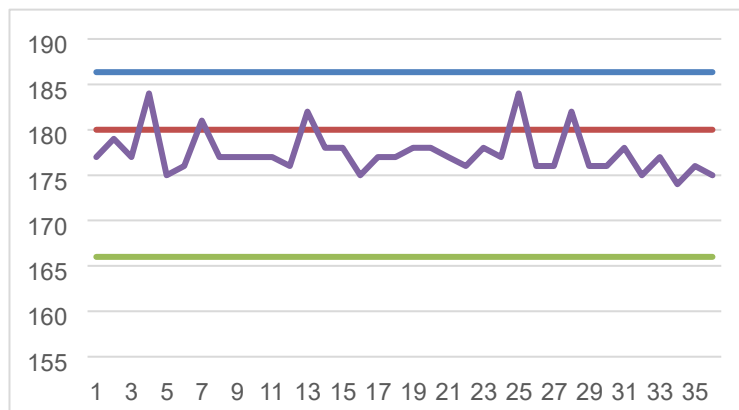


Kuva 38. SPC-kartta erotuksille

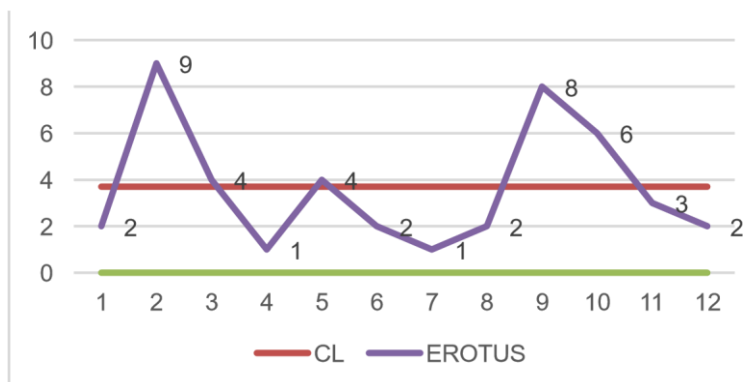
4.1.3.2 750 FF 46



Kuva 39. SPC-kartta keskiarvoille

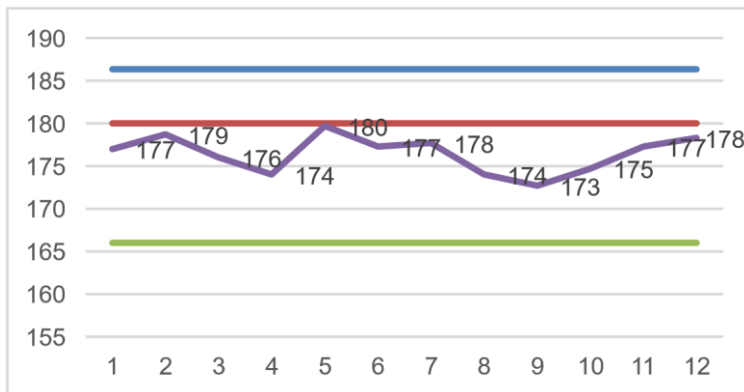


Kuva 40. SPC-kartta yksittäisille arvoille

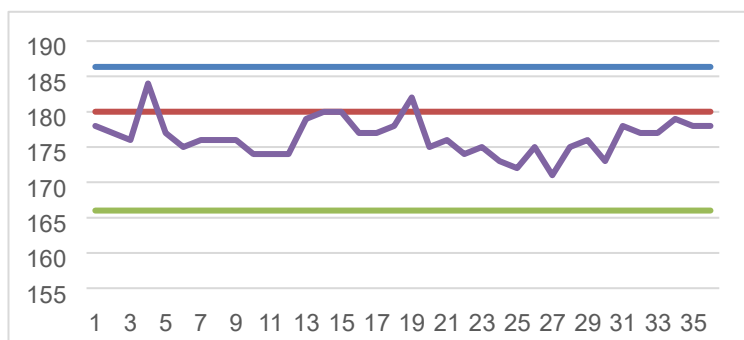


Kuva 41. SPC-kartta erotuksille

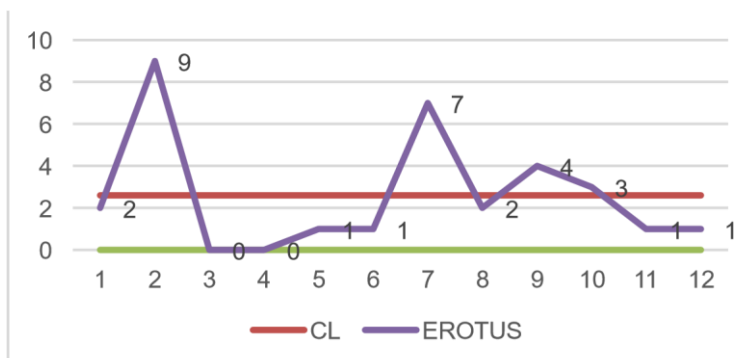
4.1.3.3 751 FF 02



Kuva 42. SPC-kartta keskiarvoille

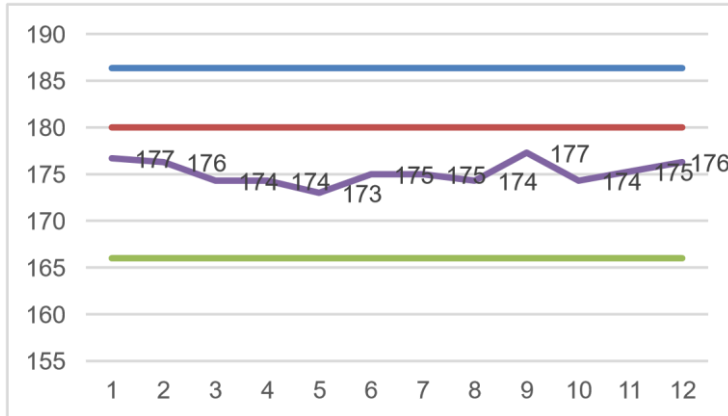


Kuva 43. SPC-kartta yksittäisille arvoille

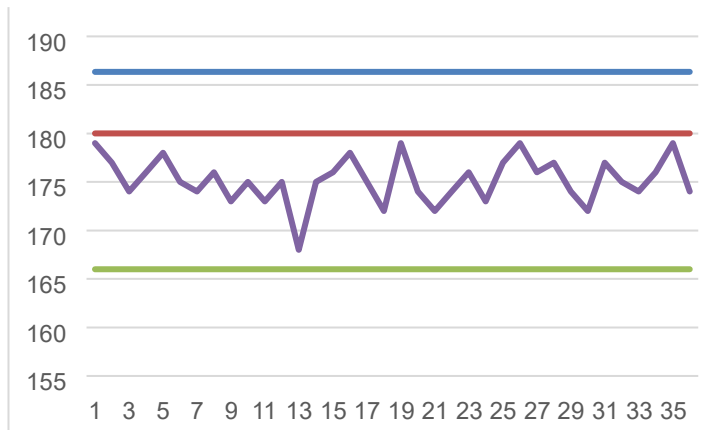


Kuva 44. SPC kartta erotuksille

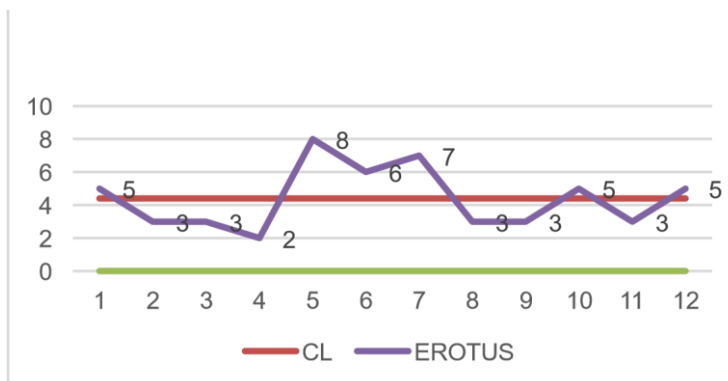
4.1.3.4 790 FF 07



Kuva 45. SPC-kartta keskiarvoille



Kuva 46. SPC-kartta yksittäisille arvoille

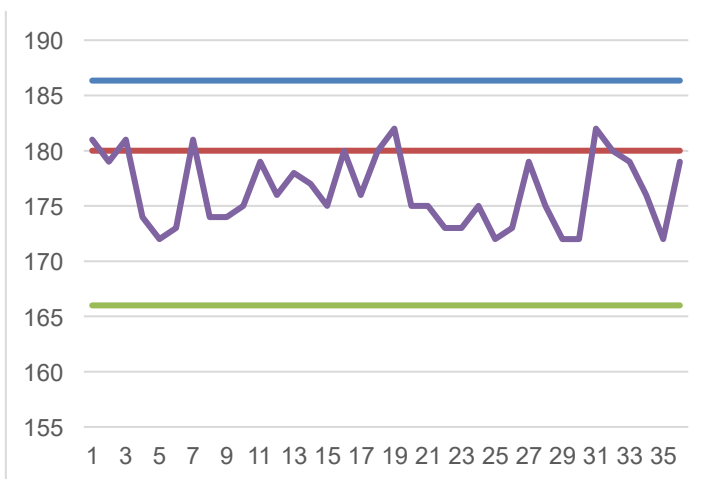


Kuva 47. SPC-kartta erotuksille

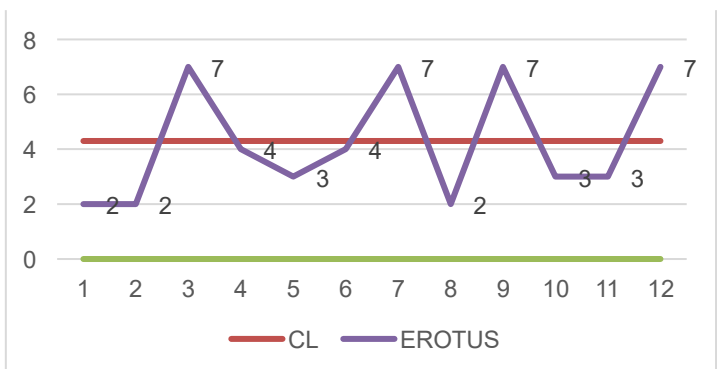
4.1.3.5 750 FF 26



Kuva 48. SPC-kartta keskiarvoille

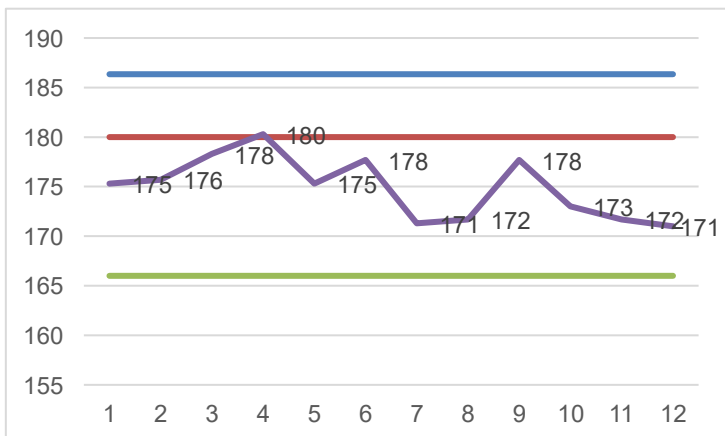


Kuva 49. SPC-kartta yksittäisille arvoille

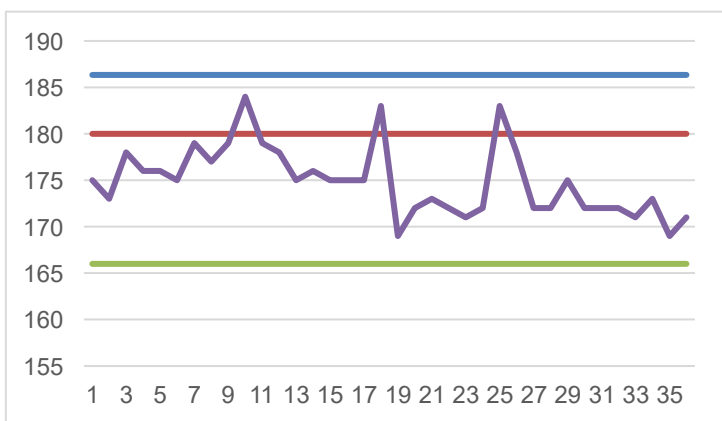


Kuva 50. SPC-kartta erotuksille

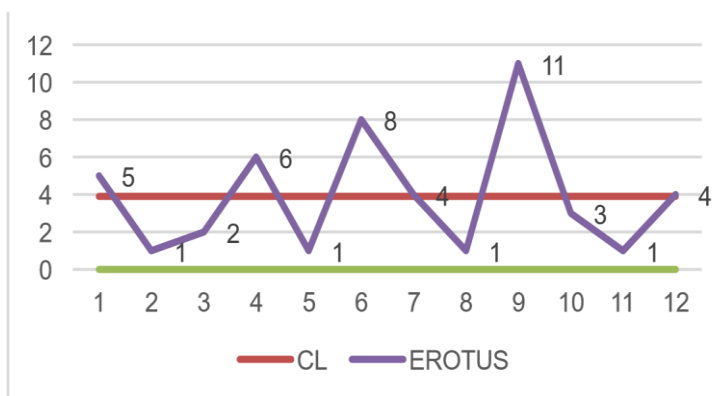
4.1.3.5 751 FF 01



Kuva 51. SPC-kartta keskiarvoille

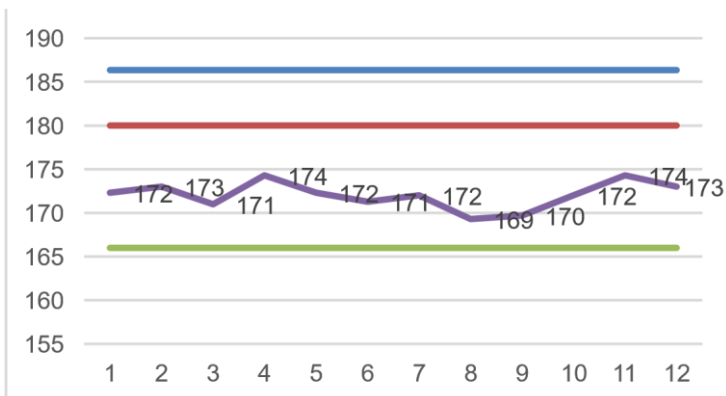


Kuva 52. SPC-kartta yksittäisille arvoille

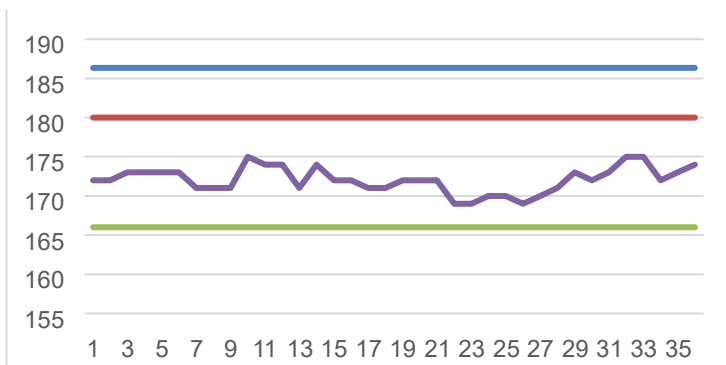


Kuva 53. SPC-kartta erotuksille

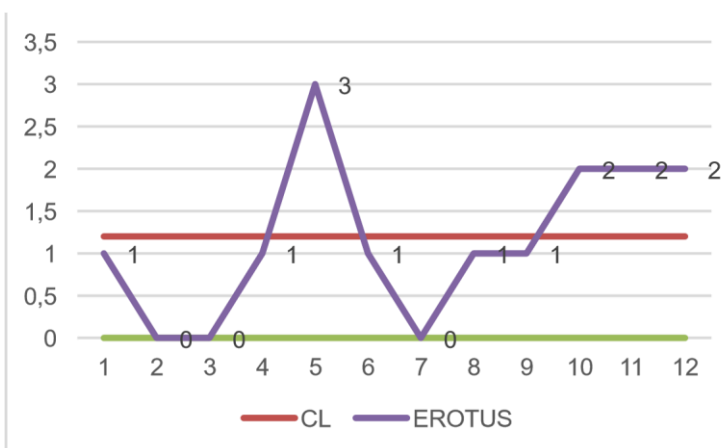
4.1.3.7 790 FF 08



Kuva 54. SPC-kartta keskiarvoille

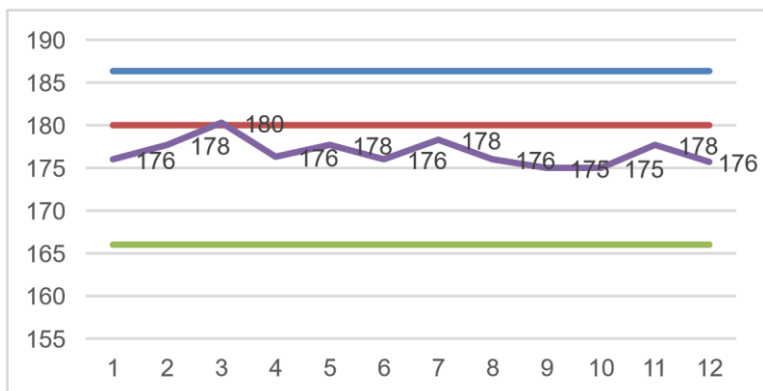


Kuva 55. SPC-kartta yksittäisille arvoille

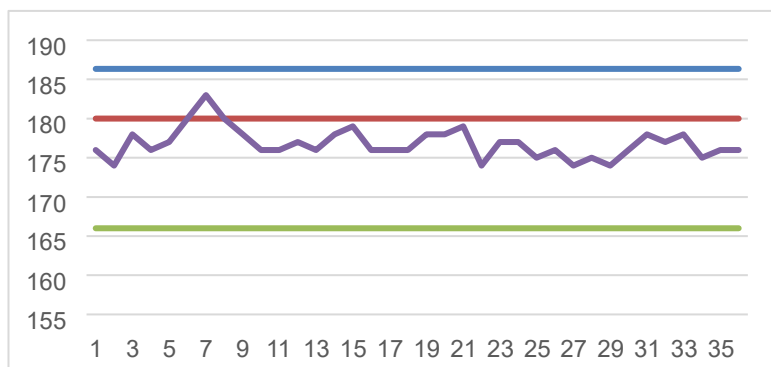


Kuva 56. SPC-kartta erotuksille

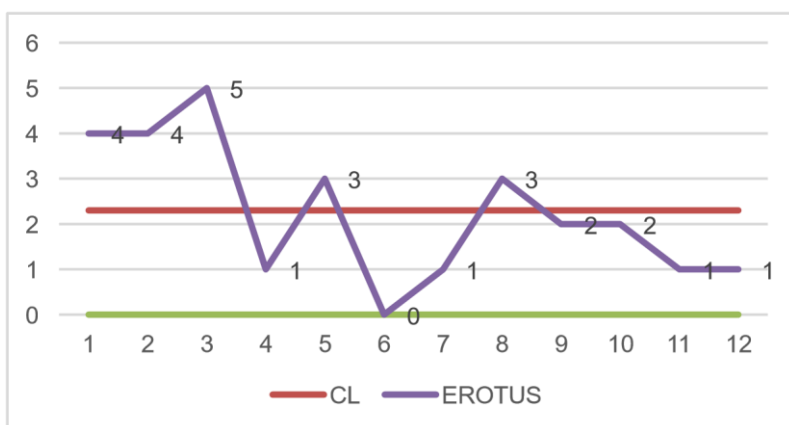
4.1.3.8 790 FF 09



Kuva 57. SPC-kartta keskiarvoille



Kuva 58. SPC-kartta yksittäisille arvoille



Kuva 59. SPC-kartta erotuksille

4.1.4 Päätelmät Excel-taulukosta ja SPC-kartoista

Excel-taulukosta ja visuaalisesti SPC-kartoista nähdään, miten kiristysmomentit liikkuvat halutun nimellisarvon 0.180Nm tuntumassa. Voidaan nähdä, että kaikki avaimet liikkuvat nimellisarvon alapuolella, poikkeuksena avain 790 FF 06 joka on viallinen.

Tästä datasta voidaan tehdä päätös, että kaikki avaimet täytyy kalibroida uudelleen, että päästään nimellisarvoon 0.180Nm. Kun arvo on nostettu 0.180Nm:in yläraja pieneni 0.003Nm, koska yläraja jää samanlaiseksi 0.186Nm. Se ei haittaa koska uusien momenttiavaimien tarkkuus on +/-3 %, tarkoittaen, että kiristysmomentit pysyvät hyvin 0.180Nm tuntumassa ilman ylityksiä.

Vanhojen momenttiavaimien erotukset liikkuvat 0.005Nm sisällä, mikä tarkoittaa, että jopa vanhat momenttiavaimet pysyvät rajojen sisällä silloin kun momenttiavaimien toiminta on oikea.

Jokaisessa avaimessa on viallinen ensimmäinen kiristysmomentti, joka saadaan poistettua tekemällä yksi klikkaus kalibrointilaitteella ennen kapillaariruuvien kiristystä. Tästä syystä tehdään muutos työohjeisiin. Lisäksi muutetaan työohjeeseen kahden naksahduksen sääntö, eli ”tee kaksi naksahdusta”.

Nykysääntö on epäselvä, joka on ”vähintään kaksi naksahdusta”.

3. Kiristä ruuvi momenttiavaimella siten, että tunnet vähintään kaksi naksahdusta. Kaksi momenttiavaimen naksahdusta kertoo, että ruuvi on kiristetty momenttiin. **Momenttiavain tulee olla kohtisuorassa ruuviin nähden.**

Kuva 60. Viralliset työohjeet

Riippuen työntekijästä jotkut tekevät enemmän kuin kaksi naksahdusta, jotkut tekevät kaksi naksahdusta.

Tämä selkeyttää työnohjeita ja työntekijöiden toimintaa.

4.2 Selvitys kapillaariruuvien korvaamisesta

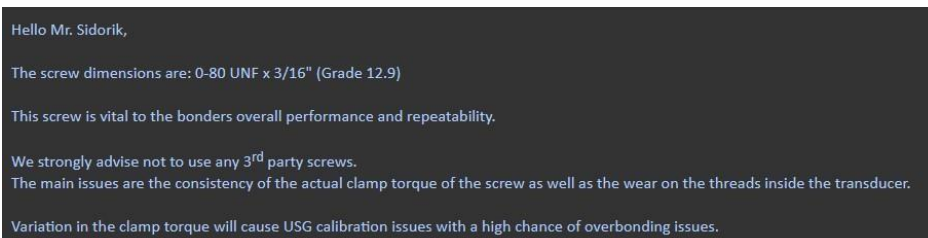
Tuotannossa on huomattu, että kapillaariruuvien kulumisen tapahtuu usein liian nopeasti. Kapillaariruuvien kulumisen vaikuttaa kiristysmomenttiin, joten tämän ongelman selvitys on tärkeää. Kuten aikaisemmin on todettu, kapillaariruuvien kulumiseen voi vaikuttaa väärä kiristystapa, väärä kiristysmomentti tai heikko ruuvien materiaali.

Päädyttiin selvittää kapillaariruuvien tarjoajalta ruuvien tekniset tiedot. Yhteys tarjoajaan otettiin sähköpostitse.

Kysymykset tarjoajalle olivat:

1. Mitkä ovat ruuvien mitat?
2. Mitä materiaalia se on?
3. Mitä standardia ruuvi käyttää?
4. Onko muita ruuvi vaihtoehtoja?

Valmistajalta saatu vastaus varmisti sen, että muita ruuvien vaihtoehtoja ei kannata käyttää.



Hello Mr. Sidorik,

The screw dimensions are: 0-80 UNF x 3/16" (Grade 12.9)

This screw is vital to the bonders overall performance and repeatability.

We strongly advise not to use any 3rd party screws.

The main issues are the consistency of the actual clamp torque of the screw as well as the wear on the threads inside the transducer.

Variation in the clamp torque will cause USG calibration issues with a high chance of overbonding issues.

Kuva 61. Sähköpostivastaus valmistajalta

Liitteenä on PDF-tiedosto (Kapillaariruuvien tekniset tiedot) nykyisestä ruuvista ja kiristykseen liittyvistä asioista. Sähköpostissa painotettiin kapillaariruuvien tärkeyttä lankabondauksessa. Muita ruuvi vaihtoehtoja ei suositella käyttämään. Lisäksi on painotettu, että ongelma on kiristysmomentin tasaisuudessa ja kierteiden kulumisesta.

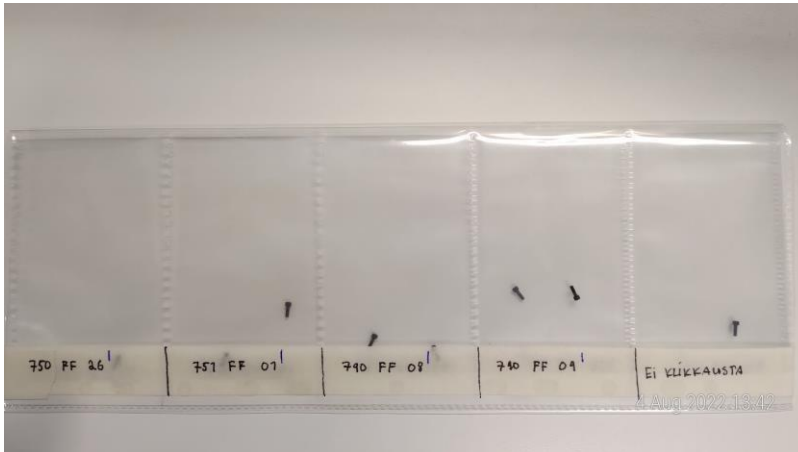
Yksi ongelma kolmesta on poissuljettu. Jos ruuvia ei ole mahdollista vaihtaa, täytyy keskittyä kiristysmomenttiin ja kiristystapaan. Tutkimus keskittyy momenttiavaimiin ja työntekijöiden kiristystapaan. Ruuvien kuluminen johtuu joko väärästä kiristysmomentista tai väärästä kiristystavasta.

4.3 Koe koskien ruuvien kiristystä

Kiristysmomentin datan keräämisen jälkeen saatiin hyvä käsitys, miten momenttiavaimet toimivat. Etenkin, miten momenttiavaimet toimivat kiristäessä kapillaariruuvia naksahduksen jälkeen ja ennen naksahdusta.

Datan jälkeen päätettiin tehdä koe, jossa osallistujat ovat insinööri, teknikko ja AV. Kapillaari ruuveista otetaan kuvat ennen ja jälkeen ja verrataan kuvat toisiinsa. Kokeen tarkoituksena, on vertailla ruuvien kannan kulutusta kuvien perusteella. Tällä menetelmällä voidaan todistaa Excel-taulukon dataa.

Ennen kiristystä kapillaariruuveista otettiin kuvat ja ne on laitettu säilytyspussiin. Jokaiselle osallistujalle oli kuusitoista kapillaariruuvia. Kahdeksan ruuvia ennen naksahdusta(klikkausta) ja kahdeksan kapillaariruuvia naksahduksen(klikkauksen) jälkeen.



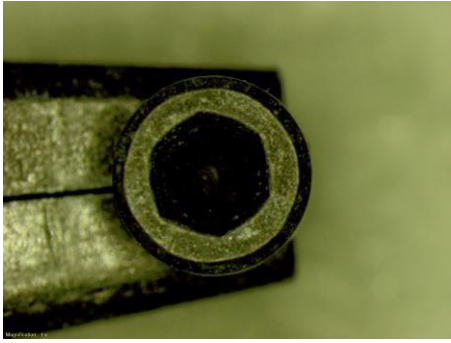
Kuva 62. Kapillaariruuvit paketissa

Kiristäessä prosessi on samanlainen kuin päivittäisessä työssä, yksi poikkeus on, että tehdään kolme selkeää naksahdusta. Työohjeessa ohjeistus on ”vähintään kaksi naksahdusta”, joka on epäselvää. Kun osallistujat ovat kiristäneet kapillaariruuvia, ruuvista otetaan kuva kiristyneen jälkeen.

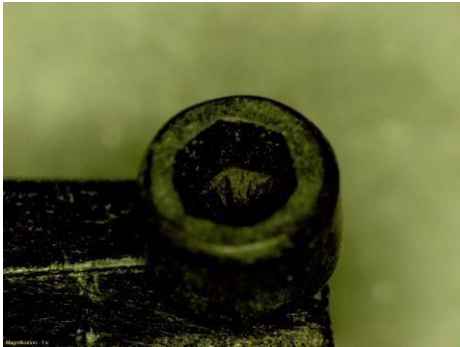


Kuva 63. Teknikko kiristäessä kapillaariruuvia

Jokaisesta ruuvista otettiin kolme kuvaa. Yksi kuva ylhäältä ja kaksi kuvaa kannan sisältä. Kuvia vertaillen näkyy, miten kannan sisäpuoli kuluu kiristysmomentista.



Kuva 64. Kuva ylhäältä



Kuva 65. Kuva sisäpuolelta



Kuva 66. Kuva sisäpuolelta toinen sivu

Kuvia oli paljon ja niistä otettiin pahimmat tapaukset joka osallistujan kohdalla. Jokaisen osallistujan kohdalla voidaan huomata kulumista ennen ja jälkeen naksahdusta. Voidaan nähdä kuluttaako, ensimmäisen naksahduksen väärä kiristysmomentti enemmän kapillaariruuvia, kuin naksahduksen jälkeen oleva kiristysmomentti. Voidaan nähdä vielä eroavaisuuksia kapillaariruuvien kulumisesta osallistujien välillä, jolloin voidaan tehdä joitakin päätöksiä osallistujien kiristystavasta.

Kuvien tarkastelu.

AV

Kapillaariruuvi ennen kiristystä:



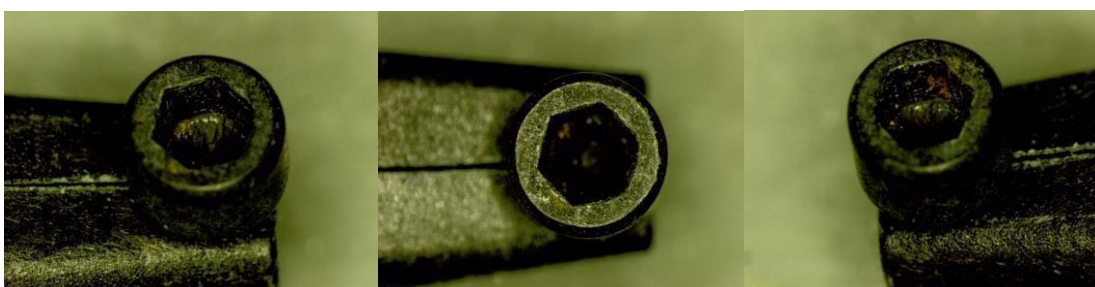
Kuva 67.

Kapillaariruuvi kiristyksen jälkeen ilman naksahdusta:



Kuva 68.

Kapillaariruuvi kiristyksen jälkeen, jossa tehty naksahdus:



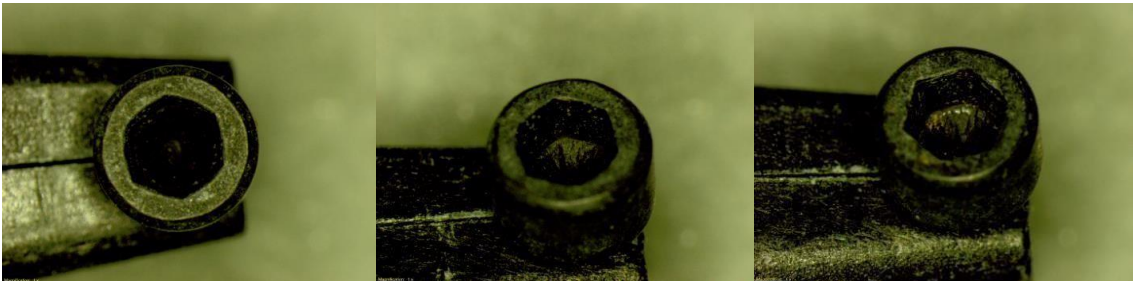
Kuva 69.

Kuvista voidaan nähdä, miten paljon ruuvi on kulunut sisältä silloin kun naksahdusta ei ole tehty ennen kiristystä (kuva 68). Ruuvien seinämät ja sisänurkat ovat selvästi kuluneet enemmän, kun ruuvi, jossa naksahdus on tehty ennen kiristystä (kuva 69). Tästä voidaan päätellä, että väärä kiristysmomentti on selvästi haitaksi ruuville ja ruuvi kuluu nopeammin, joka tarkoittaa, että kiristysmomentin pitää olla oikea, jotta voidaan välttää väärän kiristysmomentin ja ruuvien kuluminen.

Kun kuvia on tarkasteltu myös muiden momenttiavaimien osalta, nähtiin samanlainen trendi. Momenttiavain, jossa ei tehty naksahdusta ennen kiristystä kulutti enemmän kapillaariruuvia.

Insinööri

Kapillaariruuvi ennen kiristystä:



Kuva 70.

Kapillaariruuvi kiristyksen jälkeen ilman naksahdusta:



Kuva 71.

Kapillaariruuvi kiristyksen jälkeen, jossa tehty naksahdus:



Kuva 72.

Kuvissa nähdään poikkeus. Momenttiavain, jossa on tehty naksahdus ennen kiristystä (kuva 72), on kuluttanut kapillaariruuvia enemmän kuin momenttiavain, jossa ei ole tehty naksahdusta (kuva 71). Poikkeus johtuu momenttiavaimen juuttumisesta kapillaariruuvien sisälle. Insinöörin piti ottaa momenttiavain pienellä voimalla pois kapillaariruuvista. Tämä ei ollut suunniteltu asia, mutta tästä voidaan ottaa opikseen ja nähdä miten kapillaariruuvi kuluu samantyyppisessä tilanteessa, jos tämä toistuisi tuotannossa. Voidaan päätellä, että kapillaariruuvi täytyy vaihtaa välittömästi, jos samantyyppinen tilanne toistuu.

Tarkastellessa muiden momenttiavaimien kuvia nähtiin vain pieniä kulumisen eroja ennen ja jälkeen naksahdusta. Joka voi tarkoittaa, että insinöörin kiristystapa on aina tasainen tai, että momenttiavaimien toiminta sillä hetkellä on ollut normaalia ja ei ollut kriittisiä poikkeuksia kiristysmomenteissa.

Teknikko

Kapillaariruuvi ennen kiristystä:



Kuva 73.

Kapillaariruuvi kiristyksen jälkeen ilman naksahdusta:



Kuva 74.

Kapillaariruuvi kiristyksen jälkeen, jossa tehty naksahdus:



Kuva 75.

Kuvista nähdään, että kapillaariruuvi ilman naksahdusta (kuva 74) on kuluneempi kuin kapillaariruuvi, jossa on tehty naksahdus (kuva 75). Tästä voidaan taas päätellä, että väärä kiristysmomentti kuluttaa kapillaariruuveja enemmän.

Tarkasteltaessa muiden momenttiavaimien kuvia nähtiin pieniä eroja kulumisessa, mutta ne ovat silti selkeitä.

Kapillaariruuvien kuluminen ei johdu yksiselitteisesti vain pelkästään momenttiavaimien kiristysmomentista. Työntekijän kiristystapa on tärkeä tekijä myös. Kiistämätön asia on, että kapillaariruuvien kuluminen on epätasaista ja jotta kuluminen olisi vähäinen pitää kiristysmomentin ja työntekijän kiristystapa olla oikea.

5 Tutustuminen kalibrointilaboratorioon

Momenttiavaimien kiristysmomentin datan keräämisen jälkeen huomattiin, että avain 790 FF 06 oli viallinen, joten päätettiin kalibroida kyseinen avain. Samalla päätettiin käydä kalibrointilaboratoriossa ja seuraamassa prosessia.

Kalibroidessa momenttiavainta oli käytetty samanlainen kalibraattori, joka on tuotannossa. Kalibrointi Standardi on ISO 6789:2003(E).



Kuva 76. Kalibraattori, Norbar TrueCheck

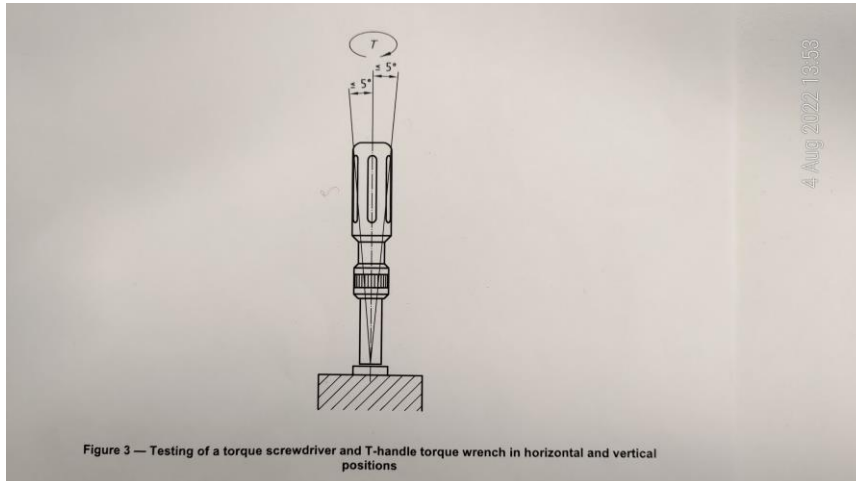
Asiat, jotka täytyy ottaa huomioon kalibroidessa momenttiavaimia.

Mitataan kalibraattorilla Norbar TrueCheck	662 FF 05	25 ozf in = 0.1765387 Nm
Anna kalibraattorin lämmitä min. 1 h.		
Mitataan vain avaimen huollon toimesta säädetty asetusarvo.		
Jos avainta tarvitsee säätää, varmista haluttu asetusarvo huollon kalibrointivastaavalta.		
Molemmista kiertosuunnista jätetään 1. mittaus huomiotta. Siis tehdään 10 mittausta.		
Säädössä käytetään tarvittaessa 6-koloavainta 1/8 tuumaa.		

kuva 77. Ohjeet kalibrointiin

Lisäksi pitää seurata momenttiavaimen pystyasentoa, ettei se ole vinossa.

Sallittu vinous näkyy kuvassa (kuva 78). Sallittu vinous on 5 astetta kaikkiin suuntiin.



Kuva 78. Ohjeet kalibrointiin

Momenttiavain laitetaan pystyyn ja tehdään 10 naksahdusta. Kiristysmomentit otetaan ylös Excel-taulukkoon. Excel-taulukko on yrityksen virallinen kalibrointi taulukko (kuva 79). Momenttiavain kalibroitu 10.2.2022.

Kuva 10.2.202 kalibroinnista, joka meni läpi.

Täydennä harmaat alueet			
AVAIN	790 FF 06	Päiväys	10.2.2022 SKT
		T =	21 °C
Mitta-alue	25 ozf in	RH =	41 %
Tarkkuus ±6%			
ASSET			
Myötäpäivään (ruuvin kiristys)			
Asetusarv	Mittausarvo Nm	Yläraja	Alaraja
0,1765			
	Kierto +		
1	0,18	0,18709	0,16591
2	0,18	0,18709	0,16591
3	0,182	0,18709	0,16591
4	0,182	0,18709	0,16591
5	0,183	0,18709	0,16591
6	0,183	0,18709	0,16591
7	0,177	0,18709	0,16591
8	0,177	0,18709	0,16591
9	0,181	0,18709	0,16591
10	0,177	0,18709	0,16591
			Pass / Fail
Virhe % aset SARVOS Maksimi	3,682719547	Limit %	6
Virhe % aset SARVOS Keskiarvo	2,09631728	Limit %	6
Virhe % aset SARVOS Minimi	0,283286119	Limit %	6

Kuva 79. Kalibrointitulokset

"Virhe-% aset SARVON keskiarvo" on 2,09631728, reilusti alle sallitun 6 %.

Momenttiavain pääsi kalibroinnista läpi.

Tutkimuksessa kyseisen momenttiavaimen mittauspäivät:

1. 25.2.2022, aamu ja päivä
2. 28.2.2022, aamu ja päivä
3. 4.3.2022, aamu ja päivä
4. 9.3.2022, aamu ja päivä
5. 11.3.2022, aamu ja päivä
6. 14.3.2022, aamu ja päivä

Näistä mittauspäivistä huomattiin avaimen viallisuuden. Sen jälkeen tehtiin uusintamittaus.

Uusinta mittauspäivät:

1. 25.3.2022, aamu ja päivä
2. 28.3.2022, aamu ja päivä
3. 30.3.2022, aamu ja päivä
4. 8.4.2022, aamu ja päivä
5. 11.4.2022, aamu ja päivä
6. 22.4.2022, Aamu ja päivä

Uusintamittauksen jälkeen varmistui avaimen viallisuus. Kalibroinnin jälkeen, joka oli tehty 790 FF 06 avaimelle on kulunut noin kaksi kuukautta. Avaimen toiminta on jo viallinen kahden kuukauden päästä kalibroinnista. Tarkoittaen, että avainta ei saa käyttää tuotannossa.

Uusintakalibrointi kalibrointilaboratoriossa todisti momenttiavaimen viallisuuden. Momenttiavain ei päässyt kalibroinnista läpi.

Kuva kalibroinnista, joka ei mennyt läpi.

AVAIN	790 FF 06	Päiväys	16.6.2022 AOL	
		T =	21 °C	
Mitta-alue	25 ozf in	RH =	41 %	
Tarkkuus ±6%				
ASSET				
Myötäpäivään (ruuvin kiristys)				
Asetusarv	0,1765	Mittausarvo Nm	Yläraja	Alaraja
		Kierto +		
1		0,192	0,18709	0,16591
2		0,188	0,18709	0,16591
3		0,186	0,18709	0,16591
4		0,191	0,18709	0,16591
5		0,195	0,18709	0,16591
6		0,196	0,18709	0,16591
7		0,194	0,18709	0,16591
8		0,194	0,18709	0,16591
9		0,192	0,18709	0,16591
10		0,193	0,18709	0,16591
				Pass / Fail
Virhe % asetussarvos Maksimi	11,04816	Limit %	6	FAIL
Virhe % asetussarvos Keskiarvo	8,838527	Limit %	6	FAIL
Virhe % asetussarvos Minimi	5,382436	Limit %	6	PASS

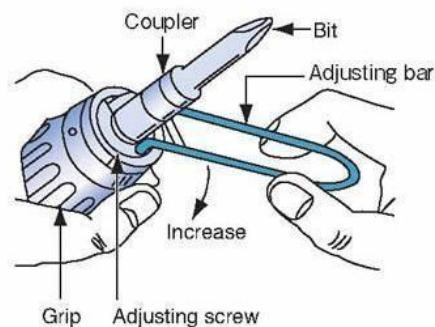
Kuva 80. Uusintakalibrointi

”Virhe % asetussarvos Keskiarvo” on 8,838527, reilusti yli sallitun 6 %.

Momenttiavain ei mennyt kalibroinnista läpi.

Viritys.

Viritys tapahtuu erikoisavaimella, joka tulee valmistajalta momenttiavaimen mukana.



Kuva 81. Momenttiavaimen viritys (Tohnichi America 2024)

Kun viritetään momenttiavain ensin, pyöritetään viritysavaimella momenttiavain auki vastapäivään, jonka jälkeen kiristetään myötäpäivään. Kun kiristys on tehty, tarkistetaan kiristysmomentti kalibraattorilla ja tarkastetaan missä kiristysmomentissa momenttiavain liikkuu. Toistetaan prosessi, kunnes, haluttu kiristysmomentti on saavutettu.

Yhdeksän kymmenestä kiristysmomentista olivat yli sallitun toleranssirajan. Viritystä on kokeiltu tehdä momenttiavaimelle ja tehdä epävirallinen kalibrointi.

Prosessia toistettiin monta kertaa ja joka kerta momenttiavaimen toiminta oli virallinen. Tämän jälkeen päätettiin poistaa momenttiavain tuotannosta ja kiinnittää siihen ”FAIL”-tarran.



Kuva 82. Tuotannosta poistettu momenttiavain

6 Päätelmät

6.1 Momenttiavaimet

Momenttiavaimien käyttöaste ja ikä on tärkeää ottaa huomioon, jos haluaa tasaisen kiristysmomentin. Yrityksessä olevat momenttiavaimet ovat vuosia vanhoja ja niiden mekanismit alkavat olla loppu päässä. Kaikkien momenttiavaimien vaihto on pakollista, jos haluaa tasaisen vääntömomentin kapillaariruuville.

6.2 Kapillaariruuvi

Ruuvi, oli selvittämisen hetkellä paras vaihtoehto mitä valmistajalta on ollut tarjota. Joten tutkimus ei keskittynyt kapillaariruuvien vaihtoon, sillä valmistaja ei

suositellun ruuvien vaihtoa. Ruuvien vaihtaminen poissuljettiin.

6.3 Työohje

Tehdyn kiristysmomentin mittauksen ja työntekijä kokeen jälkeen oli huomattu, että työohjeeseen pitää tehdä muutoksia (WI 1605 Rev.35 Lankabondaus KnS ICONN FINN), jotka selkeyttävät työntekijän toimintaa ja parantavat kiristysmomentin tasaisuuden.

Nykytyöohjeet antavat vaihtelua työntekijöiden välillä.

6.4 Kalibrointi

Nykyinen kalibrointi järjestelmä on tehoton havaitsemaan viallisia momenttiavaimia. Kuten huomattiin momenttiavaimen 790 FF 06 kohdalla.

Kyseisen momenttiavaimen alkoi olla viallinen noin neljän kuukauden jälkeen. Kun momenttiavaimet ovat vuosia vanhoja vuoden välein, kalibrointi ei ole riittävä.

7 Parannusehdotukset

7.1 Momenttiavaimet

Jotta kiristysmomentti on tasainen ja oikea, kaikki momenttiavaimet pitää vaihtaa uusiin. Päätös tehtiin tilata yksi uusi momenttiavain. Momenttiavain on saman valmistajan kuin nykymomenttiavaimilla. Uusi momenttiavain testataan tuotannossa ja todetaan, onko se sopiva kapillaariruuvien kiristykseen.

Uusi momenttiavain:

TOHNICHI, RNTD30CN



Kuva 83. Momenttiavain (havainnekuva)

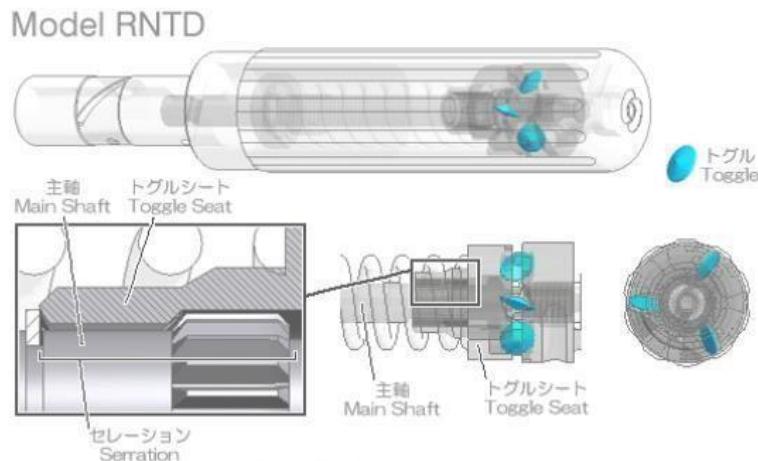
RNTD30CN (Kuva 84) momenttiavaimen tekniset tiedot ovat ne, mitä tarkastellaan. Uuden momenttiavaimen mitat ja paino ovat samat kuin vanhoilla momenttiavaimilla. Ylävasemmassa nurkassa näkee ”Accuracy +/- 3 %”, joka tarkoittaa tarkkuutta.

Nykymomenttiavaimien tarkkuus on +/- 6 % ja uuden momenttiavaimen tarkkuus on +/- 3 %. Uusi momenttiavain on tarkempi, tarkoittaen että kiristysmomentti on tasaisempi.

Specifications

MODEL		RNTD15CN	RNTD30CN	RNTD60CN	RNTD120CN	RNTD260CN	RNTD500CN	
TORQUE RANGE [cN • m]	MIN. ~ MAX.	5 ~ 15	10 ~ 30	20 ~ 60	40 ~ 120	100 ~ 260	200 ~ 500	
TORQUE RANGE [kgf • cm]	MIN. ~ MAX.	0.5 ~ 1.5	1 ~ 3	2 ~ 6	4 ~ 12	10 ~ 26	20 ~ 50	
TORQUE RANGE [lbf • in]	MIN. ~ MAX.	0.5 ~ 1.3	1 ~ 2.5	2 ~ 5	4 ~ 10	10 ~ 22	20 ~ 40	
APPLICABLE SCREW	SMALL SCREW	(M1.8)	M2 (M2.2)	M2.5, M3	(M3.5)	M4 (M4.5)	M5, M6	
	TAPPING SCREW	(M1.4) M1.6	(M1.8) M2	(M2.2) M2.5	M3 (M3.5)	M4	(M4.5)	
DIMENSION [mm]	OVERALL LENGTH	L'	95		110		120	
	GRIP	D1	19.5		24	30.5	33	
	BODY COLOR		Black					
	BODY	D4	11					
		L1	24					
		L2	59		76	79	88	
HANDLE	d						8	
	R						120	
WEIGHT [kg]		0.07		0.11	0.18	0.27		

Kuva 84. Tekniset tiedot momenttiavaimen kiristysmekanismista (Tohnichi America 2024)



Kuva 85. Momenttiavaimen mekanismi (Tohnichi America 2024)

Sisällä on jousi, joka säätelee kiristysmomentin ja kolme lehteä, jotka tekevät ”klik”-äänen ja estävät ylikiristämisen. Jousimekanismi löystyy iän myötä, siksi on tärkeää ottaa huomioon momenttiavaimien säilytystapa ja käyttötapa.

Valmistajan nettisivuilla olevat tiedot:

Features

- Preset torque screwdriver with rotary-slip mechanism to prevent over-tightening.
- Preset style is ideal for applications which require the same torque setting such as assembly work.
 - No external scale adjustment means torque set cannot be inadvertently changed making for more secure torque setting.
- Supplied with no torque set. Requires adjusting key and tester to set torque value.
- Preset torque service can be requested at time of order for a nominal fee.
- Enhanced reliability and durability by adopting toggle clutch torque mechanism.
- User will sense "click" at set torque. If user continues past the click, the tool will ratchet without applying additional torque.
- RNTD500CN comes with an auxiliary handle.
- Accepts standard 1/4 hex root bits. (sold separately)
- Counterclockwise tightening model available upon request.
- Applicable for international use including the EU region. Compliant with calibration procedures of ISO 6789 Type II Class E.

Kuva 86. Momenttiavaimen tekniset tiedot (Tohnichi America 2024)

Momenttiavaimen ominaisuuksista tärkein tieto:

”User will sense ”click” at set torque. If user continues past the click, the tool will ratchet without applying additional torque”,

joka tarkoittaa, että ensimmäisen naksahduksen jälkeen seuraava naksahdus ei

lisää ylimääräistä vääntömomenttia. Tarkoittaen, että kiristysmomentti on haluttu ja tasainen. Tämä toiminto todentaa sen, että työhjeen kohtaan ”vähintään kaksi naksahdusta” muutetaan ”tee kaksi naksahdusta” on järkevä. Toinen naksahdus on varmistava, jos ensimmäisen naksahduksen momentti ei ole oikea.

7.2 Kapillaariruuvi

Ei ole parannusehdotuksia kapillaariruuviin. Valmistajan vastaus poissulki kapillaariruuvien tutkimisen. Nykykapillaariruuvi on järkevin vaihtoehto, joka on tällä hetkellä saatavilla.

7.3 Työhje

Saadun datan perusteella työhjeisiin tehdään muutoksia/korjauksia työskentelyn selkeyttämiseksi ja saadakseen tasaisen kiristysmomentin kapillaariruuviin.

Muutokset työhjeeseen:

1. ”vähintään kaksi naksahdusta” muutetaan ”tee kaksi naksahdusta”
2. Ennen kapillaariruuvien kiristämistä käytä momenttiavain kalibraattorilla ja tee yksi naksahdus.

7.4 Kalibrointi

Kalibrointi järjestelmää täytyy parantaa. Kymmenen naksahdusta ei ole riittävä vialliseen momenttiavaimen havainnointiin. Kalibrointiin täytyy käyttää vähintään pari päivää. Kalibroinnin aikaväli voi olla vuoden uusille avaimille, mutta kun momenttiavaimet vanhenee kalibroinnin aikaväli pitää olla kuusi kuukautta.

Suosittelen käyttämään kolme päivää kalibrointiin. Kaksi mittausta per päivä.

Kymmenen naksahdusta per mittausta. Kolmen päivän jälkeen saadaan parempaa dataa momenttiavaimesta, josta on helpompi havainnoida momenttiavaimen toimintaa.

8 Yhteenveto

Metropolia-ammattikorkeakoulussa tehty insinööri tutkii kiristysmomentin vaikutusta kapillaariruuvissa. Tutkimus keskittyy kolmeen päätekijään: momenttiavaimen, kapillaariruuvien materiaalin ja työntekijän kiristysmenetelmän, tavoitteenaan vähentää ruuvien kulumista virheellisen kiristysmomentin seurauksena ja parantaa kiristysmenetelmää varmistaakseen yhtenäisen momentin soveltamisen ja minimaalisen ruuvien kulumisen. Tutkimus korostaa momenttiavainten epätarkkuuksia, työntekijöiden kiristysmenetelmien eroja ja työohjeiden epä johdonmukaisuuksia, jotka voivat johtaa epäyhtenäisiin kiristyskäytäntöihin. Lisäksi tutkimus käsittelee momenttiavainten kalibrointia ja ehdottaa parannuksia kalibrointimenetelmiin, työohjeisiin ja mahdollisesti kaikkeen.

Lähteet

Kyparissakos, J., Hautaniemi, T., Kaukoranta, O-J., & Lahtinen, P. 2022. (WI 1605 Rev.35 Lankabondaus KnS ICONN FINN) Murata Oy:n viralliset työohjeet.

Tohnichi America. 2024. A Subsidiary of Tohnichi MFC Co Ltd. Homepage.
<https://en.global-tohnichi.com/products/detail/259>) Luettu 15.4.2024.

Tekninen tiedosto kapillaariruuvista

Technical Bulletin

Implementation of New Capillary Screw

07th May, 2012

Technical Bulletin: #356



Product

IConn/ConnX/ConnX-LED/ ConnX-VLED/ IConn ProCu/Conn LA/Conn ProCu LA/ConnX LA/ConnX-LED LA/ ConnX Plus/ ConnX-LED XLA/ ConnX XLA/ IConn XLA/ ConnX Plus XLA – July 2012 and onwards

AT Premier – July 2012 and onwards

Subject

As part of K&S continuous improvement, starting from July 2012, new type of capillary screw; SHSC, ZINC, OPTIA (0511 PITCH), 08890-0085-003-00 will be implemented to replace existing capillary screw S.H.C.S #0-80X3/16 MOLY COATED, 08828-0080-003-01. Refer to table below for the differences of new type and existing capillary screws.

	New Capillary Screw	Existing Capillary Screw
Part Number	08890-0085-003-00	08828-0080-003-01
Part Description	SHSC, ZINC, OPTIA (511 PITCH) Increase unthreaded region, improve bearing surface, fillet and strength.	SHSC #0-80X3/16 MOLY COATED
Design Improvement		

For sales, service and manufacturing locations, visit

www.kns.com

©2012 Kulicke & Soffa Industries, Inc. Specifications may change without notice. The K&S logo and Kulicke & Soffa are trademarks of Kulicke & Soffa Industries, Inc.



TD-P016, Rev. 1

Page 1 of 2