



Rosteriholkin tartunnan parantaminen alumiinikorvakkeeseen asennettaessa

Jussi Rantanen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Konetekniikka
Lentokonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Lentokonetekniikka

RANTANEN, JUSSI:

Rosteriholkin tartunnan parantaminen alumiinikorvakkeeseen asennettaessa

Opinnäytetyö 26 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2023

Osa Patrian palveluja on Hornetien huolto ja modifikaatiot. Eräässä modifikaatiossa Hornetin laskusiivekkeen sisemmän saranakorvakkeen reikä kylmämuokataan ja siihen asennetaan kaksi holkkia tiivistysainetta käyttäen. Tällä pyritään ehkäisemään säröjen syntymistä rakenteeseen tai poistetaan mahdolliset säröalut.

Tässä modifikaatiossa on ollut joitakin epäilyksiä siitä, ovatko lisätyt holkit liikkuneet käytön aikana modifikaation jälkeen. Holkkien mahdollinen liikkuminen voisi aiheuttaa rakenteen rikkoontumisen. Opinnäytetyössä selvitettiin, onko liikkumista todellisuudessa tapahtunut. Lisäksi selvitettiin, millä mahdollista liikkumista voisi estää tapahtumasta.

Mahdollista holkkien liikkumista lähdettiin selvittämään testausjärjestelmällä, jossa alkuperäisiä rakenteita vastaaviin koekappaleisiin asennettiin testausholkit, joita liikutettiin testaustyövälineellä, kunnes ne alkoivat pyöriä. Testauskonseptilla pystyttiin todentamaan, että alkuperäisellä asennustavalla eli tiivistysaineella holkitetuissa saranakorvakkeissa on tapahtunut holkkien pyörimistä.

Tämän tuloksena päädyttiin suosittelemaan, ettei alkuperäistä asennustapaa enää käytettäisi vaan siirryttäisiin tiivistysaineesta liiman käyttöön. Uusi asennustapa onkin otettu Patriassa jo käyttöön.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Aircraft Engineering

RANTANEN, JUSSI:

Improving the Adhesion of Stainless Steel Bushing When installing on an Aluminium Lug

Bachelor's thesis 26 pages, appendices 3 pages
May 2023

There is one modification work carried out at Patria, where the hole in the inner hinge lug of the Hornet's trailing edge is cold-worked and bushed using a sealant. There have been some doubts as to whether the added bushings have been moving during use. The purpose of the thesis was to find out if movement has actually occurred, and if so, what could be done to prevent it from happening.

The possible movement of the bushings was investigated with a testing system, in which testing bushings were installed on the test pieces corresponding to the original structures. Then the bushings were moved with the testing tool until they started to rotate. With the testing concept, it was possible to verify that rotation of the bushings has been occurring in the hinge lugs bushed with the original installation method, i.e. with sealant.

As a result, it was decided to recommend that the original installation method should no longer be used, but that the sealing agent should be switched to the use of glue.

Key words: aircraft engineering, bushing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	PATRIA OYJ	7
	2.1 Yritysrakenne	7
	2.2 Toimintamalli	8
3	SUUNNITTELU	10
	3.1 Osien suunnittelu	10
	3.1.1 Koekappale	10
	3.1.2 Testausholkki	11
	3.1.3 Vääntötyökalu	13
	3.2 Kokoonpano Catiassa	15
4	TESTAUSMENETELMÄT	16
	4.1 Kokoonpano	16
	4.2 Testaus	18
	4.2.1 PR-1750	19
	4.2.2 Kuiva-asennus	20
	4.3 Tulevat testaukset	20
5	POHDINTA	22
	LÄHTEET	23
	LIITTEET	24
	Liite 1. Koekappale	24
	Liite 2. Koekappale, vedettävä	24
	Liite 3. Testausholkki	25
	Liite 4. Vääntötyökalu	25
	Liite 5. Vääntötyökalun takaosa	26
	Liite 6. Kokoonpano	26

ERITYISSANASTO

Toleranssi	Valmistuksessa sallittava mitan vaihtelu.
Kylmämuokkaus	Kylmämuokkauksen tarkoituksena on estää särön ydintyminen reikään tai hidastaa sen kasvua muuttamalla reiän ympäröivän materiaalin jännitystilaa vedosta puristuksen puolelle.
PR-1750	Tiivistysaine, jota käytetään yleisesti lentokoneissa.
Nuorrutusteräs	Teräslaatu, jolla on hyvät staattisen lujuuden ja väsymislujuuden ominaisuudet, jotka yhdistyvät sitkeysominaisuuksiin.
Ruostumaton teräs	Rautaseos, jossa on vähintään 10,5 % kromia ja enintään 1,2 % hiiltä. Korroosion kestävyys saavutetaan kromin ansiosta. Puhekielessä kutsutaan yleisesti rostetriksi.
Nm	Newtonmetri, SI-järjestelmän mukainen momentin yksikkö.

1 JOHDANTO

Ilma-alusten yhtenä suunnittelun lähtökohtana on pyrkiä suunnittelemaan rakenteet mahdollisimman kevyiksi. Tämän takia niiden suunniteltu elinikä ei voi olla äärettömän pitkä. Jotta suunniteltuun käyttöikään päästään joudutaan seuraamaan rakenteita kuntoa ja väsymistä, sekä suorittamaan korjauksia ja modifikaatiota.

Patrian kunnossapitopalveluihin kuuluvia lentokoneiden ja helikoptereiden modifikaatioita suoritetaan siis sekä ennaltaehkäisevästi että korjauksena rakenteille, joissa on pieniä säröjä. Modifikaatiot ovat osa koneiden eheydenhallintasuunnitelmaa.

Patrialla suoritettussa modifikaatiossa, jossa Hornetin laskusiivekkeen sisemmän saranakorvakkeen reikä kylmämuokataan ja holkitetaan, on ollut joitakin epäilyksiä siitä, ovatko lisätyt holkit liikkuneet käytön aikana. Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena selvittää, onko liikkumista todellisuudessa tapahtunut, ja jos, niin millä sitä voisi estää tapahtumasta.

Opinnäytetyössäni valmistan koekappaleita, jotka vastaavat alkuperäistä rakennetta sekä niihin asennettavia holkkeja, ja suunnittelin testausjärjestelmän, jolla holkkien mahdollista pyörähtämistä voidaan selvittää. Suunnittelemani koekappaleet valmistetaan ulkopuolisen palveluntarjoajan toimesta ja testaukset suoritetaan Patrian toimitiloissa Hallissa.

2 PATRIA OYJ

2.1 Yritysrakenne

Patria tuottaa puolustus-, turvallisuus- ja ilmailualan elinkaaren tukipalveluja, lentokoulutusta sekä teknologiaratkaisuja kansainvälisille asiakkaille. Lisäksi se tarjoaa suorituskyvyn jatkuvaa kehittämistä, kaluston käytettävyyttä ja sekä tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmien palveluita ilmailu- ja puolustusalan organisaatioille. Patria-konserni koostuu emoyhtiöstä, Patria Oyj:stä ja sen omistamista tytäryhtiöistä. (Patriagroup 2023.)

Patrian toimipisteet sijaitsevat Suomen lisäksi mm. Belgiassa, Alankomaissa, Ruotsissa, Norjassa, Espanjassa ja Virossa. Vuonna 2022 Patrian liikevaihto oli 627,1 miljoonaa euroa, ja konsernissa työskentelee yli 3 000 henkilöä. (Patriagroup 2023.)

Patrian omistajia ovat Suomen valtio (50,1 %) sekä norjalainen Kongsberg Defence & Aerospace AS (49,9 %). Patria omistaa puolet Nammosta, ja yhdessä nämä yritykset muodostavat johtavan pohjoismaisen puolustuskumppanuuden. (Patriagroup 2023.)

Patria-konserni enemmistöomistaa seuraavat kaksi yritystä:

- Millog Oy toimii Puolustusvoimien strategisena kumppanina ja tarjoaa Merivoimien ja Maavoimien materiaalin elinkaaren tukipalveluita. Millogin tehtäviin kuuluu mm. ajoneuvojen ja panssarikaluston, laiva- ja järjestelmäalan kunnossapito, sekä kaluston ja järjestelmien asennukset ja modifikaatiot. Millogin omistajat ovat Patria Oyj (61,8 %) sekä Insta Group Oy (38,2 %). (Patriagroup 2023.)
- Milworks Oü, joka tuottaa elinkaaripalveluita raskaille ja panssaroiduille ajoneuvoille, asejärjestelmille sekä myös muulle puolustusteollisuudelle. Yhtiö myös ylläpitää sekä huoltaa Viron puolustusvoimien XA-180-, XA-188- ja CV90-ajoneuvoja sekä muitakin armeijan ajoneuvoja Tallinnassa,

Tapassa ja Vörossa. Milworks Oü on Patria-konsernin tytäryhtiö. Patria omistaa Milwork:stä 60 % sekä SEBE AS 40 %. (Patriagroup 2023.)

Lisäksi Patria-konsernilla on seuraavat yhteisyritykset:

- Nammo, joka on yksi maailman johtavista ampumatarvikkeiden, raketti-moottorien ja demilitarisointipalveluiden tuottajista sotilasasiakkaille ja siviiliasiakkaille. Yhtiössä työskentelee yli 2 400 ammattilaista yli 30 paikkakunnalla 13 eri maassa. Patria ja Norjan valtio omistavat puoliksi Nammon. (Patriagroup 2023.)
- Kongsberg Aviation Maintenance Services, joka vastaa Norjan ilmavoimien helikoptereiden ja lentokoneiden, kunnossapidosta, huollosta ja päivityksistä. Yrityksen pääpaikka sijaitsee Kjellerissä. Yhtiön omistavat Kongsberg Defence & Aerospace AS (KDA) (50,1 %) ja Patria (49,9 %). (Patriagroup 2023.)

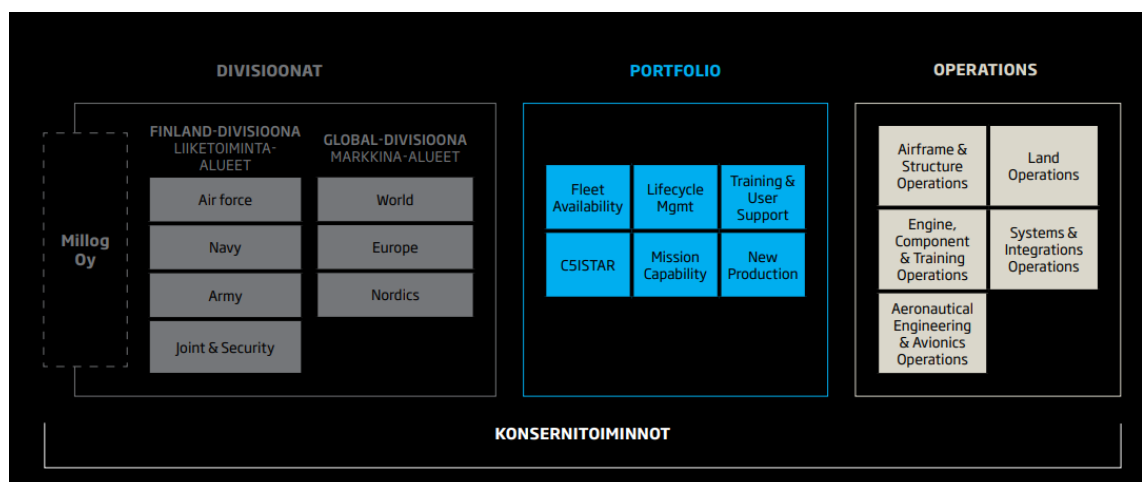
2.2 Toimintamalli

Uuden kasvustrategian myötä Patria-konsernin toimintamalli sekä organisaatio uudistuivat täysin vuoden 2022 tammikuussa. Uudessa toimintamallissa Patrian tavoitteena on hyödyntää kaikkien patriassa työskentelevien osaamista kokonaisvaltaisesti. Aikaisemmin käytössä ollut liiketoimintarakenne (pl. Millog) on lopetettu, ja tilalle on luotu uusi yhtenäinen, vahvoista ydintoiminnoista – Finland, Global, Portfolio ja Operations – muodostuva Patria:

- Finland-divisioona vastaa asiakkuuksista Suomessa suurimpana painopisteensä Suomen Puolustusvoimat. Finland koostuu neljästä liiketoiminta-alueesta: Air Force, Navy, Army ja Joint & Security.
- Global-divisioona vastaa asiakkuuksista Suomen rajojen ulkopuolella. Global-divisioona koostuu Nordics, Europe- ja World-markkina-alueista.
- Portfolion vastaa tuotteista ja palveluista sekä näiden kehittämisestä ja myynnin tukemisesta.
- Operations vastaa tuotannosta ja toimitusketjusta koostuen neljästä linjasta:

- Airframe & Structure Operations, joka vastaa mm. Hallissa lentokoneiden ja helikoptereiden kunnossapidosta sekä uustuotannosta.
- Land Operations, keskittyy Hämeenlinnassa ajoneuvojen ja asejärjestelmien tuotantoon.
- Engine, Component & Training Operations huoltaa ja korjaa Linnavuoressa diesel- ja lentokonemoottoreita, sekä vastaa Pirkkalassa siviili- ja sotilaslentokoulutuksesta.
- Systems & Integrationin vastuulla ovat puolestaan järjestelmäkehitys sekä vaativat integrointihankkeet. (Patriagroup 2023.)

Patrian nykyinen toimintamalli on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Patrian toimintamalli. (Patria vuosikertomus 2022)

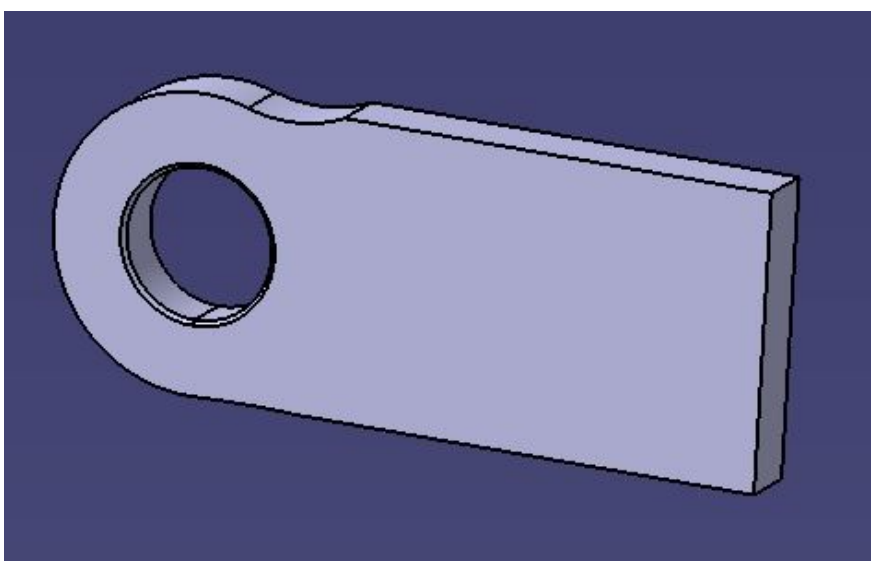
3 SUUNNITTELU

3.1 Osien suunnittelu

Työssä tarvittavien kappaleiden suunnittelun lähtökohtana oli saada kappaleet vastaamaan mahdollisimman hyvin käytössä olevia osia sekä materiaaleja. Osien mallinnusohjelmaksi käytettiin Catia V5-ohjelmistoa, joka on yleisesti käytössä ilmailualalla.

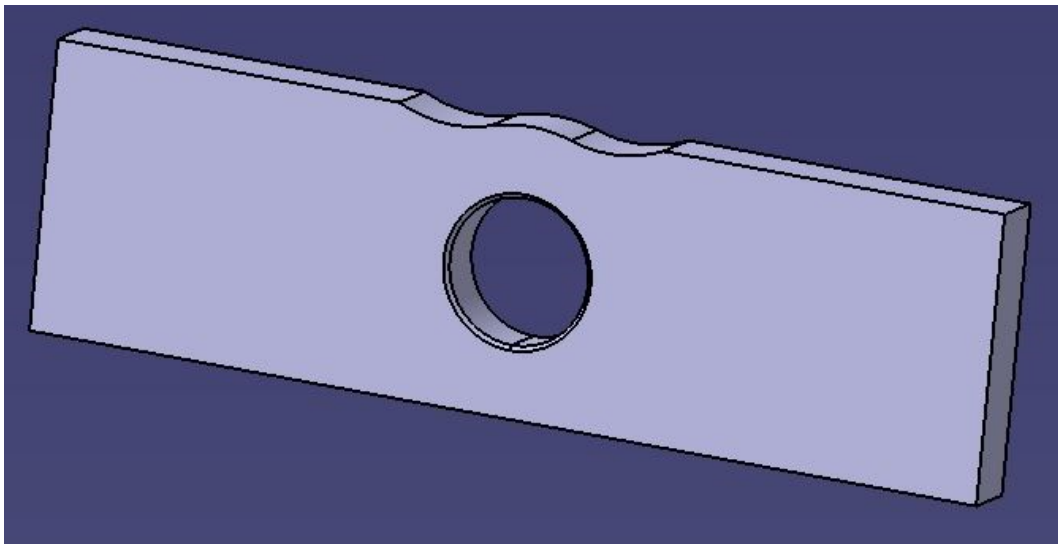
3.1.1 Koekappale

Koekappaleen suunnittelun pohjana käytettiin valmiiksi mallinnettua NDT-referenssiosaa, jolla on suoritettu muitakin kokeita. Ainoat muutokset, jotka osaan tarvitsi tehdä, olivat varren pidentäminen ja keinosäröjen poistaminen. Tällä varmistettiin kappaleen paikallaan pysyminen kokeiden aikana. Koekappaleen malli on esitetty kuvassa 1. Korvakkeen alkuperäinen materiaali on 1750 T73652 tae. Kyseisen materiaalin hankalan saatavuuden takia päädyttiin käyttämään materiaalia 1750-T7451, joka vastaa alkuperäistä lähes täysin. Piirustus on esitetty liitteessä 1.



KUVA 1. Koekappale

Koekappaleita valmistettiin myös toisenlainen malli (Kuva 2.), jossa reikä oli keskellä ja varret molempiin suuntiin. Tämä oli tarkoitettu asennettavaksi vetokoneeseen, jolla voitaisiin aiheuttaa kappaleeseen vetoa samaan aikaan, kun holkkia koitettiin pyörittää. Vedettävän koekappaleen piirustus on esitetty liitteessä 2.



KUVA 2. Koekappale, vedettävä

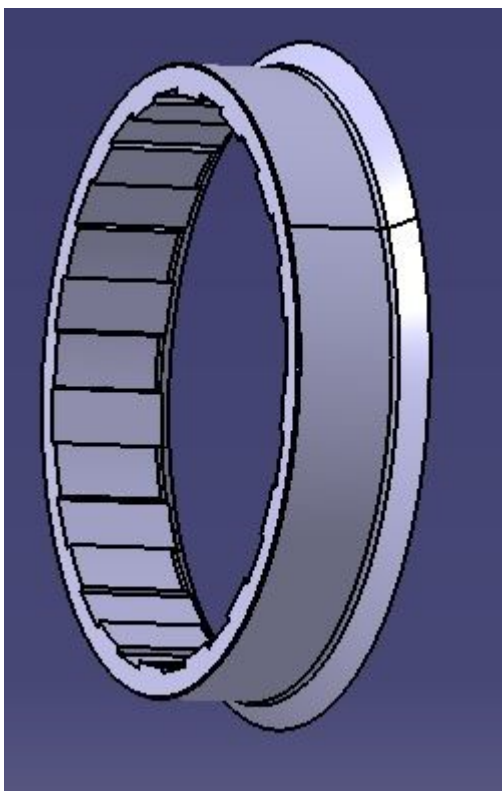
3.1.2 Testausholkki

Testausholkin (Kuva 3) suunnittelu pohjautui käytössä olevaan holkkiin, joten siihen piti suunnitella systeemi, jolla holkkia pystyisi pyörittämään ilman ulkopuolisen kitkan lisäystä. Mietinnän tuloksena päädyttiin tekemään pelkästään reiän sisälle hammastus, josta holkkia voisi pyörittää. Holkin seinämävahvuus sekä ulkohalkaisijan ahdistusovite haluttiin säilyttää vastaamaan alkuperäistä. Holkista tehtiin myös toinen versio, jossa ahdustusovitetta lisättiin 0,02 mm. Testausholkki valmistettiin ruostumattomasta teräksestä 17-4PH H1025. Testausholkin piirustus on esitetty liitteessä 3. Koneistuksen jälkeen holkeille suoritettiin Patrian toimesta passivointikäsitely.

Passivointi on ruostumattomien terästen pintakäsittelyä kemikaaleilla, jotka poistavat pinnan epäpuhtaudet ja muodostavat pinnan, joka kestää syöpymistä. Osien on oltava ulkonäöltään tasalaatuisia. Niissä ei saa esiintyä epäpuhtauksia eikä pistemäistä syöpymää. Konetyypistä riippumaton yleisstandardi lentokonekappaleiden passivoinnille on AMS 2700. (Patria Aviation Oy. 2021)

Menetelmä 1 on tarkoitettu austeniittisille ruostumattomille teräksille, joiden nikkelipitoisuus on yli 7 %. Prosessi vastaa menetelmää 2, mutta kappaleet puhdistetaan ennen pintakäsittelyä peittaamalla. Peittäusvaiheen aikana on vältettävä ylipeittäamista, joka aiheuttaa pistesyöpymää. Osia, joiden maksimivetomurtolujuus on yli 1300 Mpa, ei saa peitata. Peittäus voidaan korvata mekaanisella puhdistuksella. Osa voidaan puhaltaa alumiinioksidilla ohjeen MA-TO-043-001 mukaan tai lasikuulapuhalluksella ohjeen MA-TO-043-015 mukaan. Puhallusta ei saa käyttää osille, joiden pinnan laatuvaatimus, Ra-arvo, on 3,2 tai hienempi. Samalla puhallusaine-erällä ei saa puhaltaa erilaisia materiaaleja (= hiiliteräs, alumiini, ruostumaton teräs). Puhdistus on mahdollista suorittaa myös harjaamalla ruostumattomalla teräsharjalla, jota käytetään vain ruostumattoman teräksen puhdistamiseen. (Patria Aviation Oy. 2021)

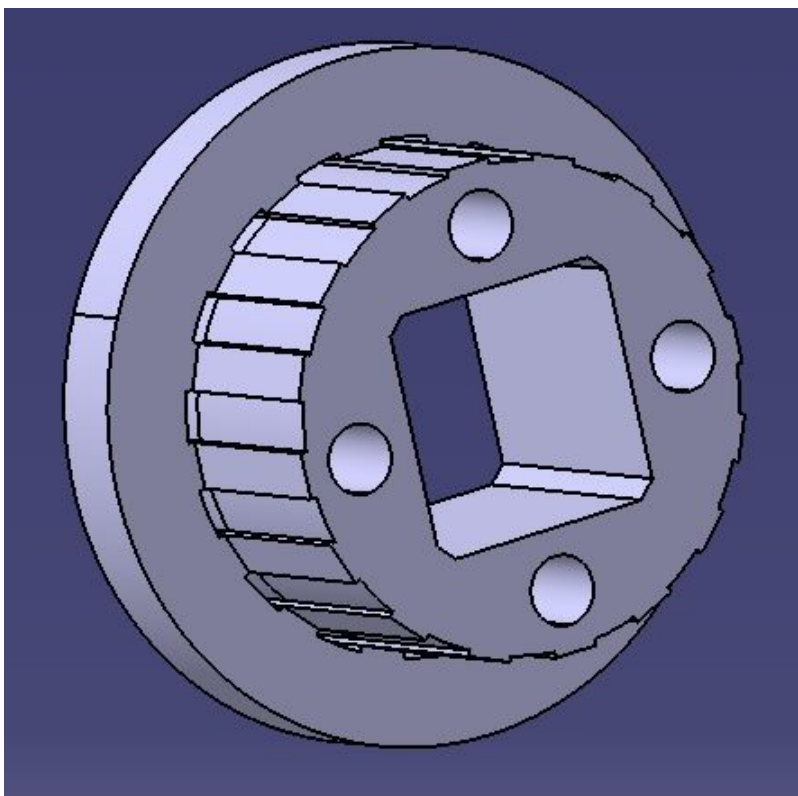
Menetelmä 2 on tarkoitettu Martensiittisille ruostumattomille teräksille ja krominikkeliteräksille, jotka sisältävät yleensä n.12-18 % Cr ja n.1-7 % Ni. **Menetelmä 3** on tarkoitettu paikalliseen korjaukseen kappaleille, joita ei voi tai ei saa upottaa kylpyihin (esim paikallisesti hitsatut osat). Osat ripustetaan ruostumattomaan teräslankaan tai esim. kumi- tai muoviripustimiin. (Patria Aviation Oy. 2021)



KUVA 3. Holkki hammastuksella

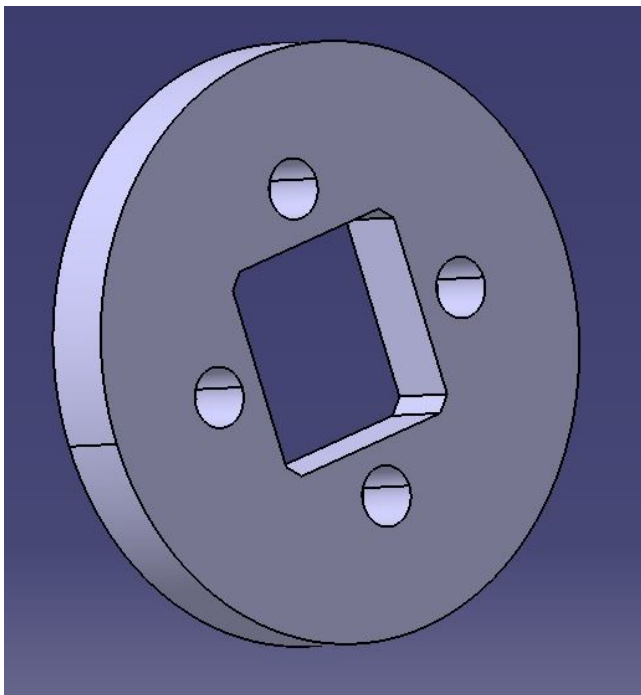
3.1.3 Vääntötyökalu

Vääntötyökaluun ei ollut mitään valmista mallia, joten sen suunnittelu piti aloittaa alusta. Kustannusten minimoimiseksi päädyttiin tekemään työkalu, jolla onnistuu myös testausholkkien asennus, eikä erillistä asennustyökalua tarvita. Vääntötyökalun vaikeimmaksi suunnittelukohtaksi osoittautui ulkokehän hammastus ja etenkin sen toleranssit, jotta pystyttiin varmistamaan testaushollin ja vääntötyökalun yhteensopivuus. Toleranssien ja sovitteiden mietinnässä päädyttiin soveltamaan standardin SFS-EN ISO 286 mukaista akselin h8-toleranssia, sekä reiän H8-toleranssia. Kyseisellä sovitteella saavutetaan suurivaihteluinen työntösovite, jolla pystytään varmistamaan osien sopivuus toisiinsa ilman pakotusta. Testausholkeissa olevan noin 0,08 mm ahdistussovitteen takia arvioitiin sisähalkaisijan pienenevän asennuksen yhteydessä noin 0,1 mm. Vääntötyökalun (kuva 4) keskelle tehtiin aukko $\frac{3}{4}$ tuuman vääntiölle, josta työvälinettä voitaisiin pyörittää momenttiavaimella kokeiden suorittamiseksi. Vääntötyökalun piirustus on esitetty liitteessä 4.



KUVA 4. Vääntötyökalu

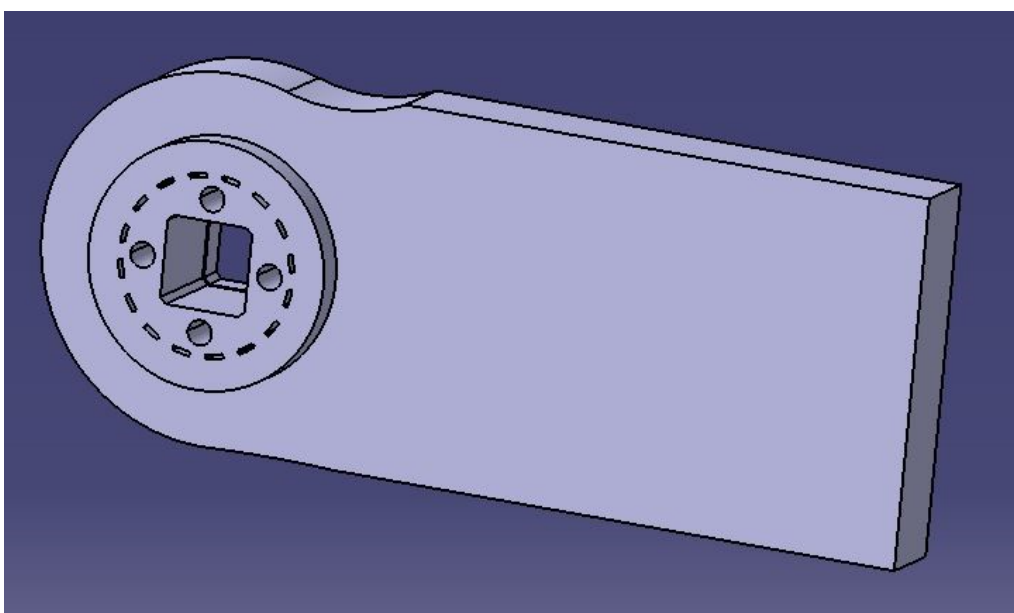
Vääntötyökalun paikallaan pysyminen varmistetaan kappaleen toiselle puolelle tulevalla takalevyllä (kuva 5), joka kiinnitetään käyttäen M5 ruuveja. Takaosan piirustus on esitetty liitteessä 5. Molemmat kappaleet valmistettiin lankasahauksella nuorrutusteräs 42 CrMo4 materiaalista, jolla varmistettiin vääntötyökalun riittävä lujuus. Lankasahauksen mahdollistamiseksi vääntötyökalun etulaippaan jouduttiin tekemään aukot jokaisen hammastuksen kohdalle. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut työvälineen kestävyteen holkkien asennuksessa tai vääntökokeiden suorittamisessa.



KUVA 5. Vääntötyökalun takaosa

3.2 Kokoonpano Catiassa

Kokoonpanon (kuva 6) toimivuutta kokeiltiin Catiassa, jolla pyrittiin varmistamaan systeemin toimivuus käytännössä. Catialla pystyttiin mallintamaan eri toleranssien vastaavuudet toisiinsa, jotta nähtiin, onko osien mahdollista sopia toisiinsa maksimitoleransseilla.

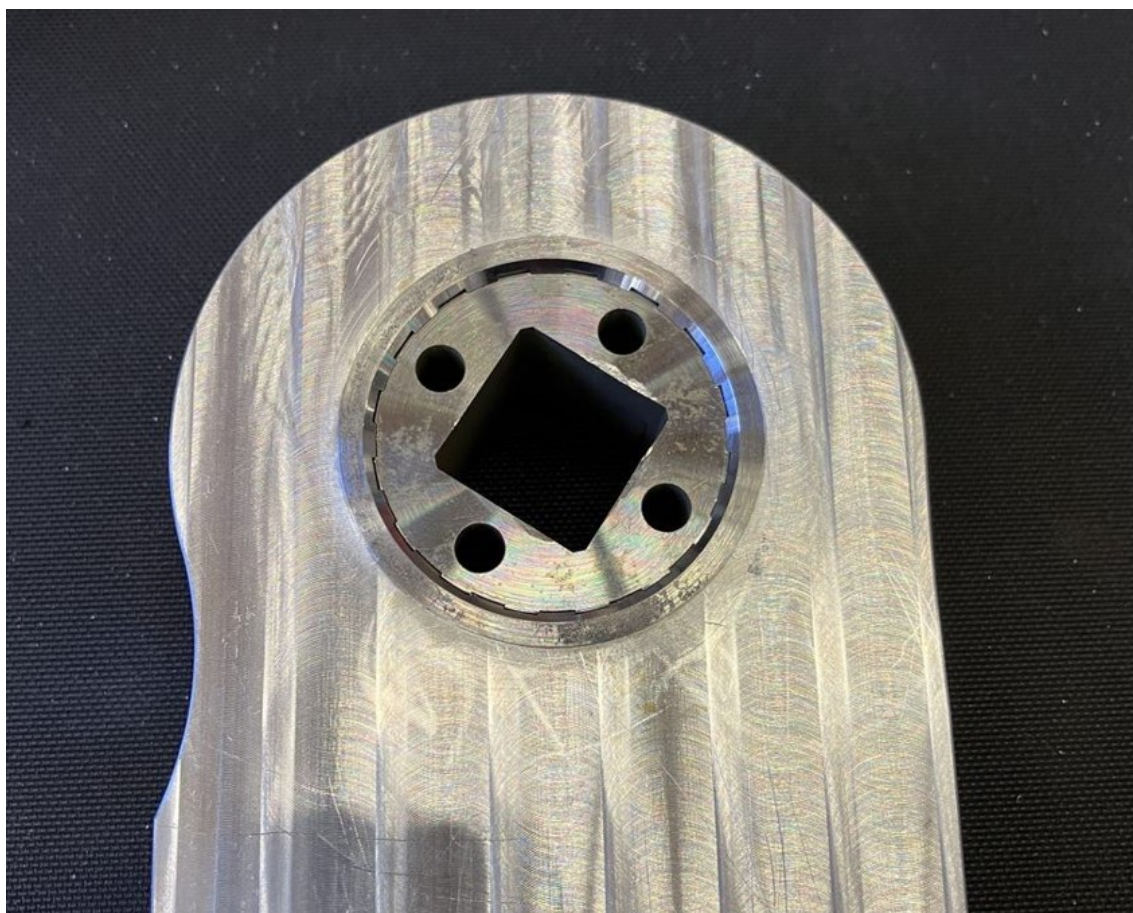


KUVA 6. Kokoonpano

4 TESTAUSMENETELMÄT

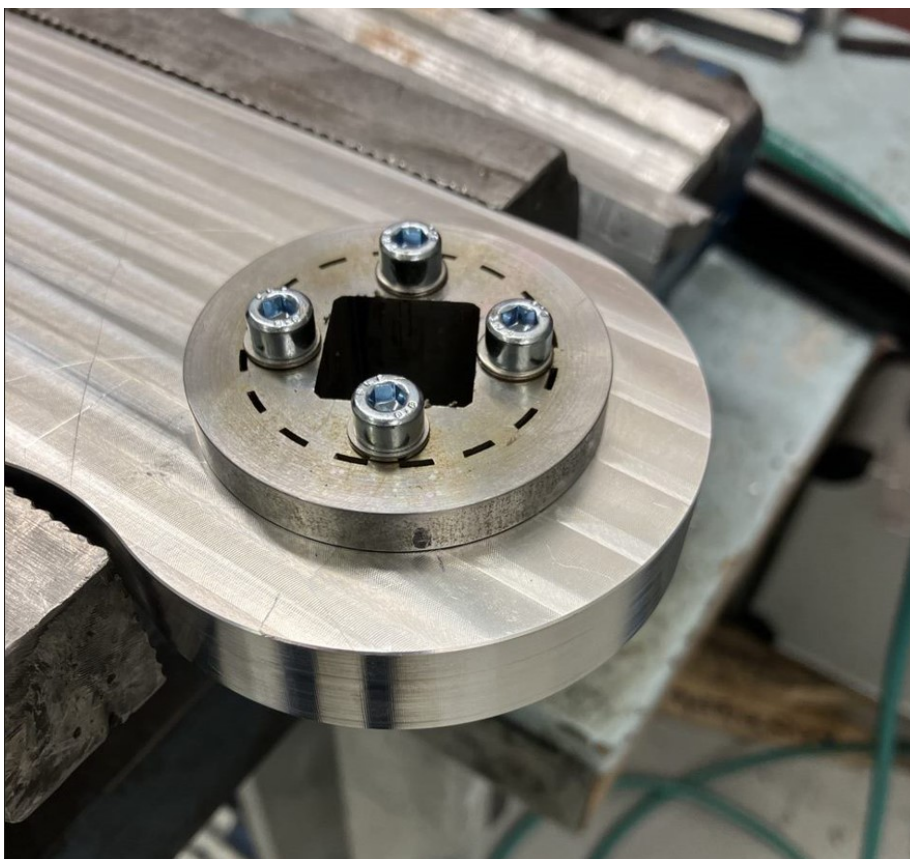
4.1 Kokoonpano

Osien kokoonpanon suorittivat Patria Aviation työntekijät piirustuksen ohjeiden mukaisesti. Koekappaleet oli koneistettu valmiiksi oikeaan kylmämuokkauskokoon, joten rei'ille täytyi suorittaa kylmämuokkaus ja kalvaminen loppukokoon. Holkkien asennus aloitettiin asennustyökalun ja holkin jäähdyttämällä neste-
mäisessä työssä, jonka jälkeen asennus suoritettiin hydrauliprässissä painamalla asennustyökalulla holkki paikalleen. Kuvasta 7 näkee hyvin, kun sama toistettiin toisen holkin osalta, jolloin asennustyökalu sai ohjauksen ensimmäisen holkin hammastuksesta.



KUVA 7. Holkkien asennus

Holkkien asennuksen jälkeen vääntötyökalun molemmat osat kiinnitettiin toisiinsa M5 ruuveilla. Tämän avulla saatiin myös lisättyä hieman kitkaa holkkien ja työkalun välille. Itse holkkien päätypinnat oli asennettu piirustuksen liite 6. mukaisesti hieman (noin 0.1–0.2 mm) ympäröivän rakenteen yläpuolelle, jottei ylimääräistä kitkaa tullut koekappaleen ja vääntötyökalun välille. Valmis koekappale valmiina kokeisiin on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Kokoonpano valmiina testaukseen

Kokeita suunniteltiin tehtävän kuudella eri tavalla, jotka on esitetty taulukossa 1. Alkuperäisessä modifikaatiossa holkit oli asennettu käyttäen tiivistysainetta PR-1750, joten ensimmäiset kokeet päätettiin tehdä asentamalla holkit käyttäen tiivistysainetta PR-1750, sekä ilman mitään ylimääräisiä aineita.

TAULUKKO 1. Asennustavat

	kuivana	PR-1750	karhennuskarhunkielellä	Loctite 641	suurempi ahdistussovite	Diarcpinnoite
Koekappale 1	X	X	X	X	X	X
Koekappale 2	X	X				

4.2 Testaus

Testaus suoritettiin kiinnittämällä kokoonpano ruuvipenkkiin (Kuva 9), jolla se saatiin pysymään riittävän hyvin paikallaan momenttiavaimella vääntämistä varten. Koska tulevia tuloksia oli hyvin vaikea arvioida etukäteen, aloitus suoritettiin pienemmällä momenttiavaimella, josta voitaisiin siirtyä tarvittaessa isompaan momenttiavaimeen.



KUVA 9. Kokoonpano valmiina testaukseen

4.2.1 PR-1750

Ensimmäisenä kokeena suoritettiin PR-1750-tiivistysaineella asennetun koekappaleen testaus. Momenttiavain säädettiin aloituksessa napsautamaan 50 Nm:ssä, momenttia suurennettiin mahdollisimman pienin askelin, joka oli kyseisellä avaimella 5 Nm. Saavuttaessa lukuisten vetojen jälkeen 140 Nm holkit lähtivät pyörimään. Pyörähtämisen jälkeen momenttia alettiin pienentämään ja vetoja jatkettiin, jotta löydettäisiin alin momentti, jossa holkit eivät enää pyörähtäisi. Tämä tuli vastaa 90 Nm kohdalla, jossa momenttiavain taas naksautti saavutetun momentin ilmaisemiseksi.

4.2.2 Kuiva-asennus

Seuraavana vuorossa olleen kuiva-asennutun koekappaleen testaus aloitettiin samaan tapaan käyttäen ensin pienempää momenttia. Momenttia kasvattaessa ensin käytetyssä avaimessa saavutettiin avaimen maksimiarvo 250 Nm, joten avain jouduttiin vaihtamaan suurempaan, jonka maksimi oli 800 Nm. Ylittäessä arvon 610 Nm holkit lähtivät pyörimään. Pyörähtämisen jälkeen momenttia pienennettäessä 600 Nm, momenttiavain taas naksautti saavutetun momentin ilmaisemiseksi eikä holkit enää pyörähtäneet.

4.3 Tulevat testaukset

Koska tarvittavien osien valmistusajat olisivat olleet hyvin pitkiä, arviolta noin 7 viikkoa, ei kaikkia suunniteltuja testauksia ollut mahdollista toteuttaa tämän opinäytetyön puitteissa. Loput testaukset päätettiin suorittaa kevään/kesän aikana 2023. Kuvassa 2 esitetty vedettävä koekappale olisi tarkoitus kiinnittää Kuvassa 10 esitettyyn vetokoneeseen ja suorittaa yhdistetty veto- ja momenttikoe. Tällä tavalla pyrittäisiin saamaan todenmukainen tilanne, joka kyseisessä korvakkeessa olisi todellisessa lentotilanteessa.



KUVA 10. Vetokone

Yhden kokeen aiheena oleva DIARC-pinnoitettujen holkkien testaus on tarkoitus päästä suorittamaan myös myöhempanä ajankohtana. DIARC-pinnoite on tyhjökammiossa tehtävä pinnoite, joka muodostaa metallin pinnalle timanttimaisen pinnan, jonka tarkoituksena on parantaa tarttuvuutta etenkin liimauksissa. Suomessa DIARC-pinnoitusta tekevästä yrityksestä Oerlikon Balzers Coating Finland OY on jo kysytty tarjous holkkien pinnoituksesta.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoista ja haastavaa, vaikka aihe olikin jo minulle entuudestaan tuttu. Saadessani opinnäytetyön aiheen kesällä 2022, olin juuri aloittanut uudessa suunnitteluinsinöörin tehtävässä, joten kaikki suunnittelutyö oli minulle käytännössä aivan uutta. Opinnäytetyön tekeminen tuki oppimista uudessa työtehtävässä. Opinnäytetyön aikana pääsin ensimmäistä kertaa suunnittelemaan testauskonseptin todelliseen tekniseen haasteeseen alusta asti itse. Olin tyytyväinen, että konsepti osoittautui toimivaksi ja se tuki ratkaisun löytymistä ongelmaan.

Vaikka kaikkia suunniteltuja kokeita ei pystytty tässä aikataulussa toteuttamaan, tehdyistä kokeista nähtiin heti selkeästi aiemman toimintatavan jopa huonontavan holkkien tartuntaa koekappaleeseen. Pohdinnan tuloksena päädyttiin oletukseen, että holkin pyörähtäessä tiivisteaineesta muodostuu ikään kuin laakeri holkin ja korvakkeen välille. Kuiva-asennuksessa havaittiin sama ilmiö kuin teräsruuvien asennuksessa alumiiniin, jolloin niiden välillä tapahtuu useasti kiinnileikkautuminen. Suunnitelma ja välineet jatkotestien toteuttamiseksi ovat olemassa, ja ne on tarkoitus toteuttaa kevään/kesän 2023 aikana.

Tutkimustulosteni perusteella suosittelen, että aiempi toimintatapa korvataan uudella, jossa holkit asennetaan liimalla sisempään saranakorvakkeeseen. Tätä ollaankin jo yhtiössä aloitettu toteuttamaan. Opinnäytetyöni vahvistaa, että suunta on oikea.

LÄHTEET

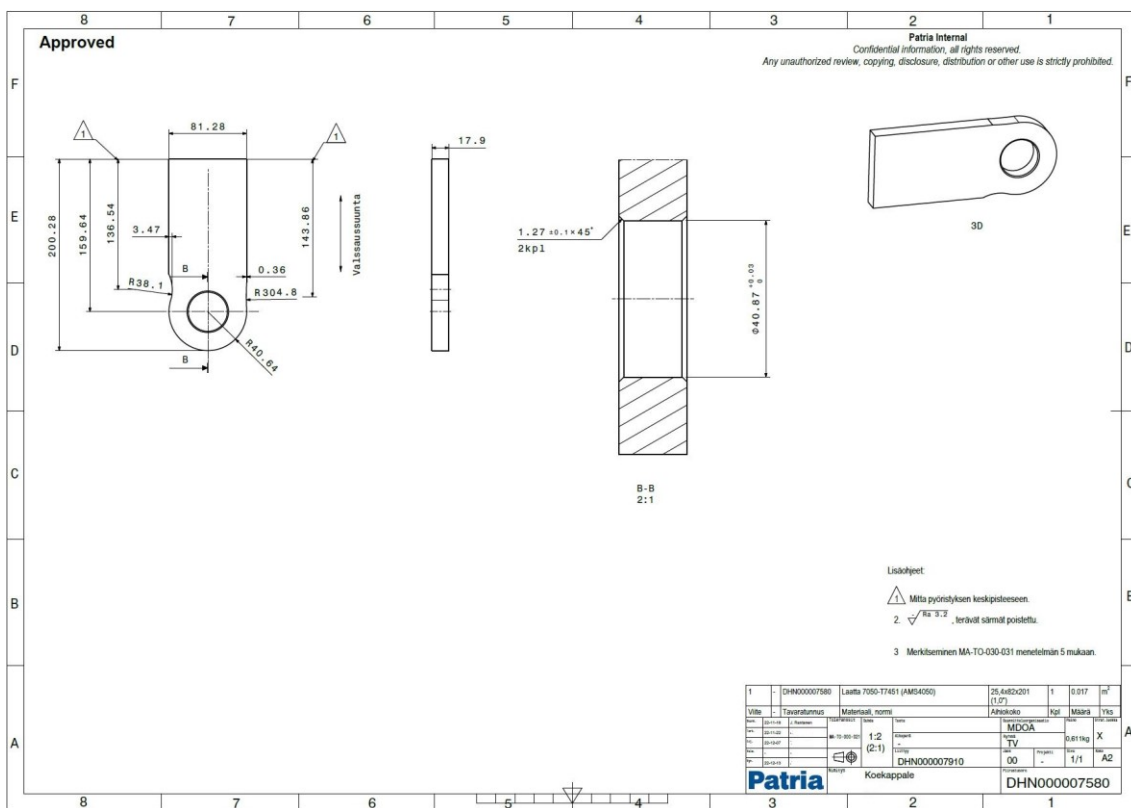
Patria vuosikertomus 2022. 2023. Patria Oyj. Viitattu 27.4.2023 www.patriagroup.com/fi/vuosikertomus

Patriagroup. 2023. Tietoa meistä. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2023. <https://www.patriagroup.com/fi>

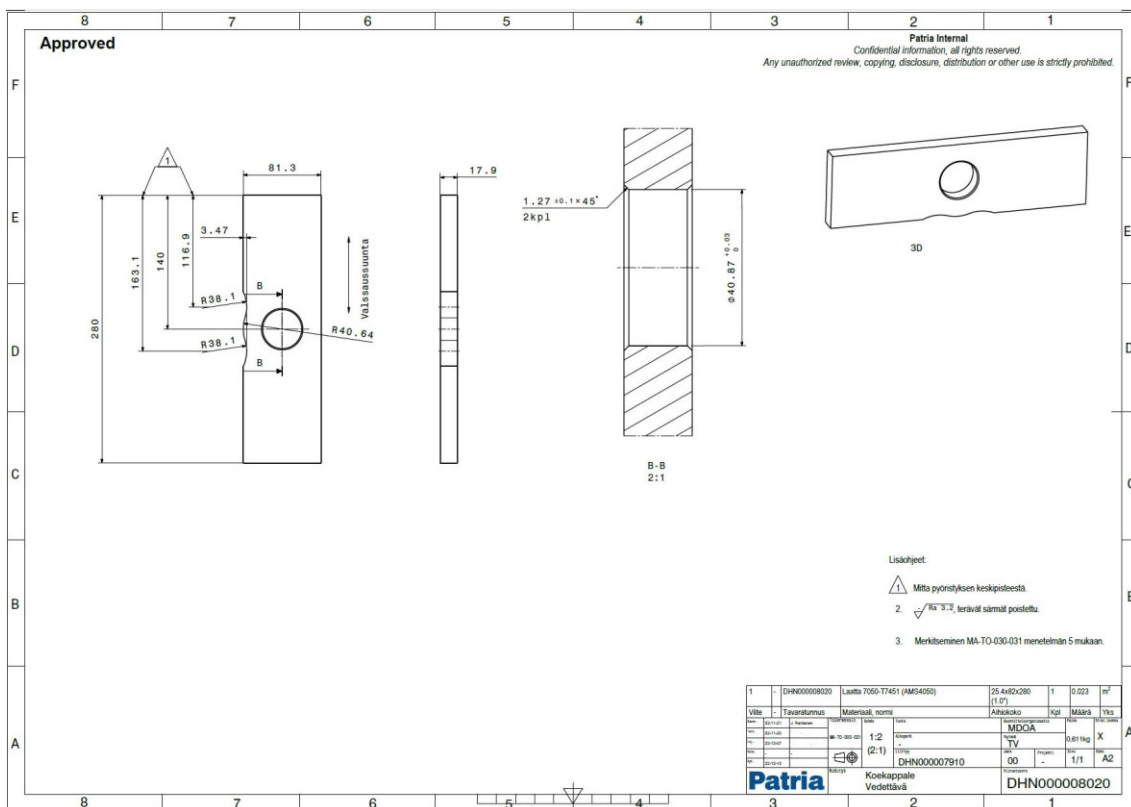
Patria Aviation Oy. 2021. MA-TO-041-024. Ruostumattomien terästen ja nikkeli-kromiseosten peittäus ja passivointi. Halli: Patria Aviation Oy

LIITTEET

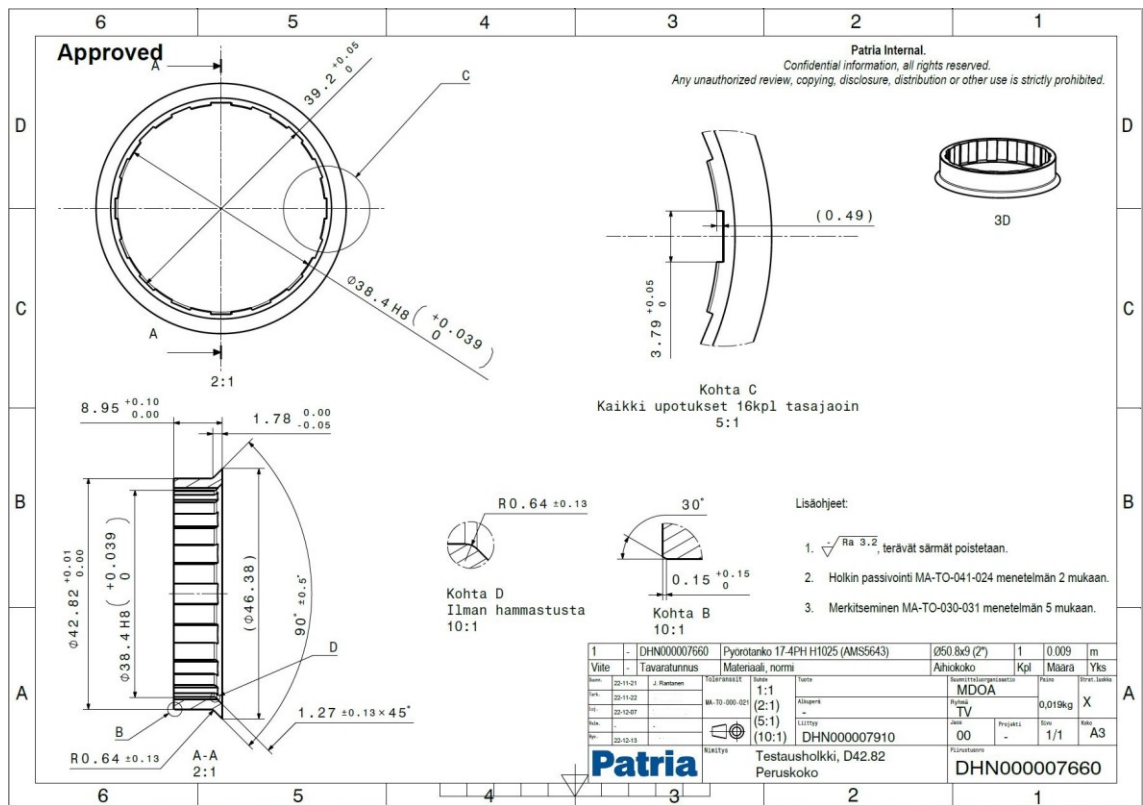
Liite 1. Koekappale



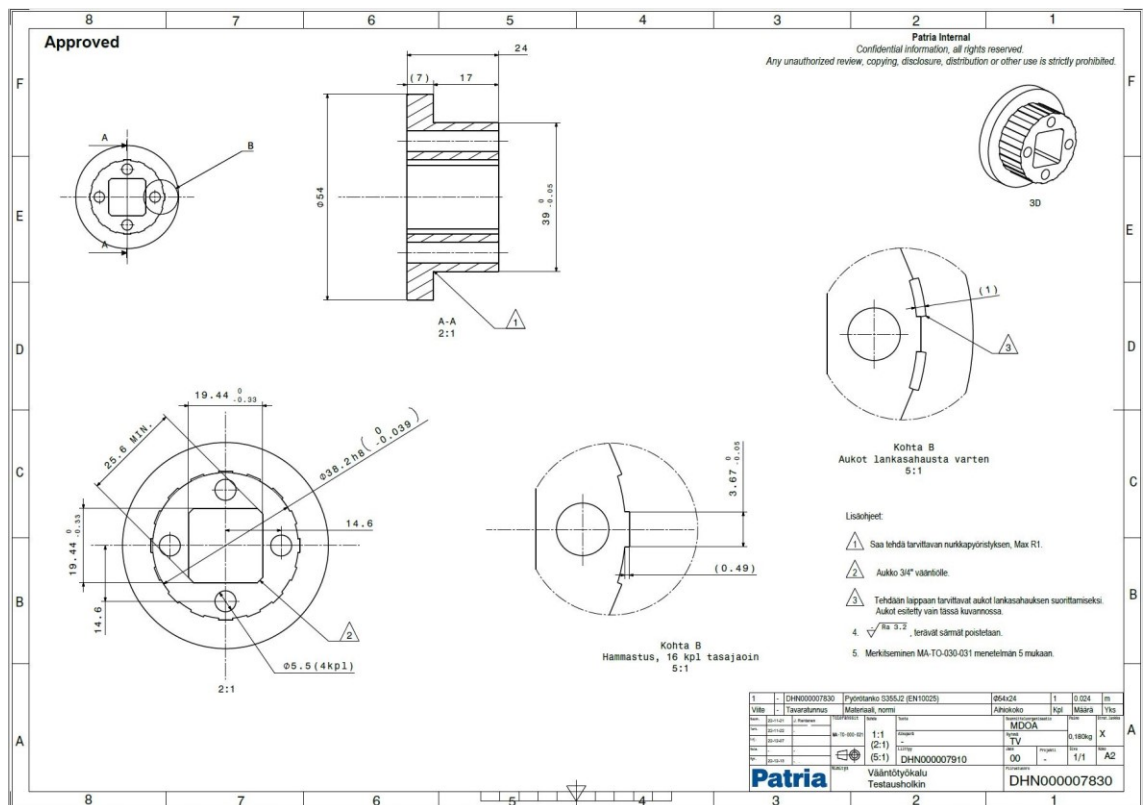
Liite 2. Koekappale, vedettävä



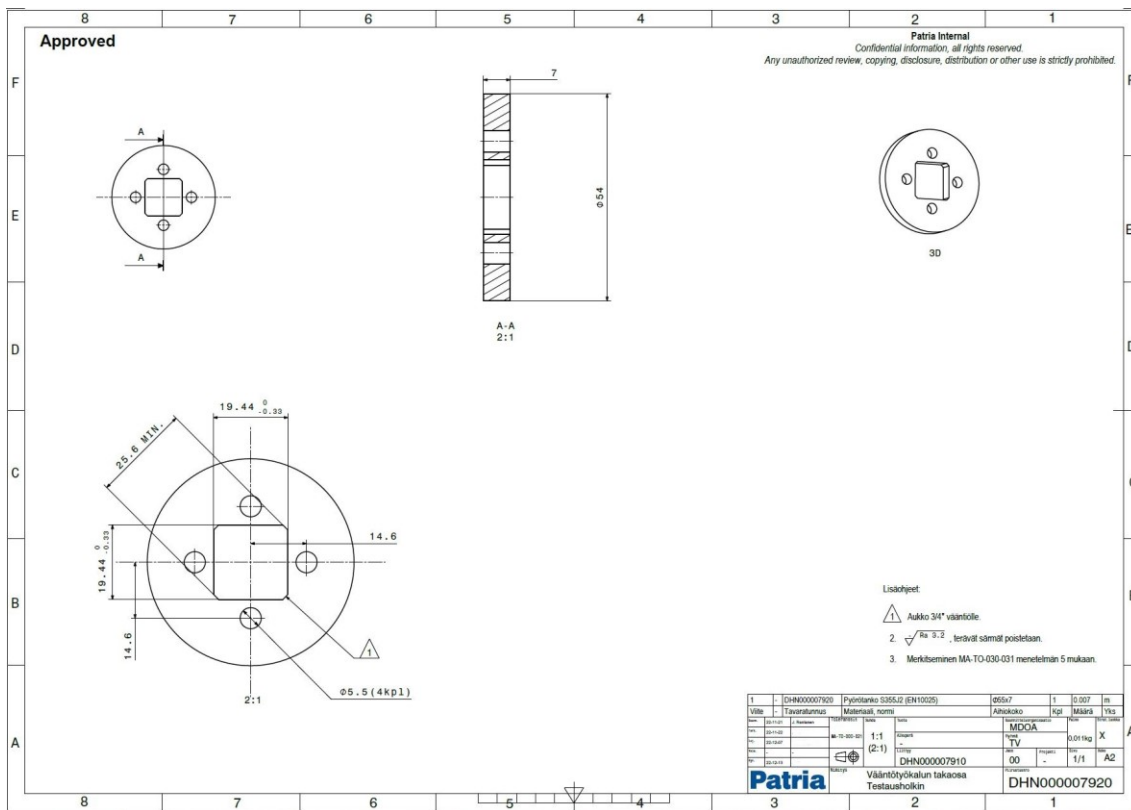
Liite 3. Testausholkki



Liite 4. Vääntötyökalu



Liite 5. Vääntötyökalun takaosa



Liite 6. Kokoonpano

