



Ilmari Kumpulainen

Sorvin leukojen suunnittelu varoventtiilikoneistukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan insinööri

Insinöörityö

5.4.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Ilmari Kumpulainen
Otsikko: Sorvin leukojen suunnittelu varoventtiilikoneistukseen
Sivumäärä: 29 sivua
Aika: 5.4.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikan insinööri
Ammatillinen pääaine: Tuotanto- ja valmistustekniikka
Ohjaajat: Korjaamopäällikkö Pauli Vilden ja venttiilihuollon työnjohtaja Atte Murto-Koivisto, Neste Oyj
Lehtori Tero Karttiala

Työn tavoitteena oli suunnitella Neste Oyj:n Porvoon toimipisteen varoventtiilikoneistuksen tarpeet täyttävät sorvin leuat parantamaan työstön laatua ja työturvallisuutta.

Työssä suunniteltiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmaa hyödyntäen leuat, joilla saadaan hitsatulla rungolla varustettu varoventtiili kiinnitettyä koneeseen niin, että sen aiheuttamat värinät ja koneistettavan pinnan etäisyys työkalusta ovat mahdollisimman vähäisiä. Leukojen suunnittelun yhteydessä tuotteelle laadittiin koneistukseen keskittyvä työohje, jotta yrityksellä on jatkossa mahdollisuus teettää sama työ myös ulkopuolisilla toimijoilla.

Avainsanat: Varoventtiili, koneistus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Ilmari Kumpulainen
Title: Desing of lathe jaws for safety valve machining
Number of Pages: 29 pages
Date: 5 April 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical engineering
Professional Major: Production- and manufacturing technology
Supervisors: Workshop manager Pauli Vilden and valve service supervisor Atte Murto-Koivisto, Neste Oyj.
Senior Lecturer Tero Karttiala.

The goal of this thesis is to design functional and well-performing lathe jaws for safety valve machining at Neste Oyj Porvoo oil refinery. A more functional and reliable method of mounting the safety valve to lathe jaws is needed in order to improve the quality and efficiency of valve machining. Jaws are made so that the vibrations and distance of the machined surface from the gripping point are minimal. In addition to jaw design, the plan is to make a work guide regarding valve machining so that it's possible for the company to outsource machining services in the future when needed due to possible resource shortages.

Keywords: Safety valve, Machining

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoite	1
1.2	Neste Oilin yritysesittely	2
1.3	Työn rakenne	2
2	Varoventtiili	3
2.1	Varoventtiilin toimintaperiaate	4
2.2	Tyypin 1900 consolidated-varoventtiili	4
2.3	Varoventtiilin rakenne	5
3	Varoventtiilien kunnossapito	6
3.1	Painelaitteiden huolto	7
3.2	Varoventtiilin huolto	8
4	Koneistus	10
4.1	Koneistus	10
4.2	Koneistuksen työohje	12
5	Leukojen suunnittelu	18
5.1	Suunnittelun lähtökohdat	19
5.2	Leuat	21
5.3	Kierrettävä sylinteri	23
6	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

Lyhenteet

ASME:	<i>American Society of Mechanical Engineers</i> . Amerikan konetekniikan insinöörien yhteisö.
Section VIII:	ASME-Asetuksen osio, joka käsittelee painelaitteita.
CNC:	<i>Computer Numerical Control</i> . Numeerinen ohjaus.
CAD:	<i>Computer Aided Design</i> . Tietokoneavusteinen suunnittelu.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa Neste Oyj:n korjaamalla venttiilikoneistuksen laatua ja helpottaa työn suorittamista suunnittelemalla sovin leuat varoventtiilien pitopintojen koneistukseen.

Opinnäytetyön alkukartoituksessa kävi ilmi hitsatulla rungolla varustettujen varoventtiilien koneistamisen hankaluus. Ongelma tulee ilmi, kun kappaletta kiinnitetään sorviin. Sen mitoista ja muodosta johtuen sorviin kiinnitys on epäedullinen koneistuksen kannalta. Venttiilin runko voi olla myös vääntynyt hitsauksen ja ennen kaikkea prosessilinjan korkeiden lämpötilojen aiheuttaman rasituksen johdosta. Kappaletta on vaikea saada pyörimään sorvissa ilman heittoa ja koneistettava pinta on kauempana leukojen kiinnityksestä, kun olisi suotavaa. Varoventtiilejä on koneistettu tällä tavalla onnistuneesti jo pidemmän aikaa, mutta työn suorittaminen on tarpeettoman haasteellista ja koneistuksen laadussa, turvallisuudessa ja käytännöllisyydessä voidaan havaita puutteita tästä johtuen. Työssä kerätään tietoa tuotantoprosessista ja pyritään parantamaan koneistettavan kappaleen kiinnitystä nykyaikaisia suunnittelu ohjelmistoja ja työkaluja hyödyntäen.

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoite

Opinnäytetyön alkukartoituksessa kävi ilmi hitsatulla rungolla varustettujen varoventtiilien koneistamisen hankaluus. Ongelma tulee ilmi, kun kappaletta kiinnitetään sorviin. Sen mitoista ja muodosta johtuen sorviin kiinnitys on epäedullinen koneistuksen kannalta. Venttiilin runko voi olla myös vääntynyt hitsauksen ja ennen kaikkea prosessilinjan korkeiden lämpötilojen aiheuttaman rasituksen johdosta. Kappaletta on vaikea saada pyörimään sorvissa ilman heittoa ja koneistettava pinta on kauempana leukojen kiinnityksestä, kun olisi suotavaa. Varoventtiilejä on koneistettu tällä tavalla onnistuneesti jo pidemmän aikaa mutta työn suorittaminen on tarpeettoman haasteellista ja koneistuksen laadussa, turvallisuudessa ja käytännöllisyydessä voidaan havaita puutteita tämän takia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena voidaan pitää parempaa kappaleen kiinnitystä sorviin ja laadukkaampaa koneistustyötä. Ensisijainen näkökulma työssä on tuotannon laatu. Laatua voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta. Teollisuudessa laatuajattelun lisääntymisen myötä se voidaan määritellä myös monella eri tavalla. Tässä työssä laadullista kehitystyötä pyritään havainnoimaan niin työn suorittajan kuin laitteen toimivuuden näkökulmasta. Laatua mitatessa lopputulos voi vaihdella näkökulman mukaan. Tavoitteena on saavuttaa onnistunut lopputulema kaikista oleellisista näkökulmista tarkasteltuna. Keskeinen kysymys kuuluu: Miten varoventtiilin kiinnitystä sorviin voidaan parantaa, ja kuinka se vaikuttaa venttiilin koneistukseen?

1.2 Neste Oilin yritysesittely

Porvoon jalostamo on yksi Euroopan tehokkaimmista ja monipuolisinta lopputuotevalikoimaa tuottava öljynjalostamo. Kilpilahden yksikkö on Suomen ainoa ja Pohjoismaiden suurin kemianteollisuuden tuotteita jalostava keskittymä. Porvoon jalostamon kokonaistuotantokapasiteetti on nykyisellään n. 12 miljoonaa tonnia vuodessa, josta pelkästään raakaöljyn prosessoinnin osuus on n. 10 miljoonaa tonnia. Neste etsii jatkuvasti innovatiivisia ratkaisuja kiertotaloustuotteiden kehittämiseksi. Uusiutuvien raaka-aineiden käyttö on aloitettu jo 15 vuotta sitten Nesteen NXTBTL-yksikössä, joka käyttää raaka-aineenaan 100-prosenttisesti uusiutuvia materiaaleja. Viimeisimpinä vuosina Kilpilahdessa on aloitettu nesteytetyn jätemuovin prosessointi, jonka osuus tuotannosta tulee olemaan tulevaisuudessa n. 150 000 tonnia vuodessa. (Neste Oil yritysesittely 2023).

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyö rakentuu aihekohtaisesti. Luvussa 2 perehdytään varoventtiiliin yleisesti. Siinä esitellään painelaitteet käsitteenä sekä tarkastellaan varoventtiilin rakennetta. Venttiilin toimintaperiaatteet kuvataan niin että, ymmärretään, kuinka venttiilin eri ominaisuudet vaikuttavat sen kunnossapitoon ja tässä työssä esimerkiksi leukojen suunnitteluun. Työssä rajattiin varoventtiilityypin tarkastelu valittuun venttiiliin, jotta työn kokonaisuus pysyi toivotuissa rajoissa.

Luvussa 3 paneudutaan venttiilien kunnossapitoon ja painelaitteiden huoltoon. Kerrotaan tarkemmin venttiilin huollon perusteet ja siihen liittyvät tekijät, kuten juridiset ja kemianteollisuuden tuotantolaitoksen talousperusteisten syiden asettamat rasitteet.

Luvussa 4 perehdytään käytettyihin työskentelytapoihin ja ennen kaikkea koneistukseen lastuavan työstön metodina. Luvussa kuvataan perinpohjaisesti työskentelyohjeet ja varoventtiilin kunnossapidon perusteet koneistuksen osalta.

Luvussa 5 läpikäydään kattavasti leukojen suunnittelun eri vaiheet sekä se, mitä tulee huomioida ja mitkä tekijät vaikuttivat lopulliseen valintaan leukojen ja venttiilin kiinnitystavan osalta. Luvussa kerrotaan, kuinka venttiilin kiinnitystä voidaan soveltaa eri venttiileille ja mitä haasteita niiden väliset erot aiheuttivat.

Luvussa 6 esitellään tulokset ja havainnot opinnäytetyön eri vaiheilta. Tarkemmin arvioidaan, mitkä ratkaisut johtivat saatuun lopputulokseen ja millainen vaikutus opinnäytetyön tuloksilla on tulevaisuuden toimintaan. Luvussa on pohdittava koko opinnäytetyöstä prosessina ja analyysiä toimintaympäristön kehittämistä. Työn itsearviointi ja analysointi antaa ideoita ja perspektiiviä tulevaisuuden kehitystyölle.

2 Varoventtiili

Varoventtiili on paineenpurkulaite, jonka toimintaperiaate on aueta automaattisesti paineen vaikutuksesta ja estää ylipaineen syntyminen suljettuun järjestelmään. Varoventtiili on varolaite, ja usein paineensäätöön käytetään järjestelmän muita säätömahdollisuuksia. Varoventtiileitä voidaan käyttää suhteellisen tai nopean nousun varoventtiilinä käyttökohteen tarpeista riippuen. Varoventtiilien käyttösovelluksia on satoja erilaisia. Teollisuudessa tyypillisiä varoventtiilien

käyttökohteita ovat pneumatiikka, neste ja hiilivety käyttösovellukset. Varoventtiilien suunnittelussa tulee huomioida monia toiminnallisia vaatimuksia, joita käyttökohteen ominaisuudet ja toimintavaatimukset asettavat. Varoventtiili suunnitellaan, valmistetaan, asennetaan sekä kunnossapidetään niin, että sen kestävyys, toimintaedellytykset ja suljetun järjestelmän siltä vaatima suorituskyky säilyvät häiriö- ja onnettomuustilanteiden varalta. Varoventtiilin ongelmakohtina voidaan pitää sen jousen kuolettumista, jolloin venttiilin kiinni pitävä jousivoima laskee, ja koska ihanteellisessa tilanteessa venttiilin aukeamiseen vaadittu paine saavutetaan harvoin järjestelmässä, voi venttiili ruostua kiinni venttiilityypistä riippuen. (Finkova 1900-tyypin consolidated varoventtiili manuaali 1991.)

2.1 Varoventtiilin toimintaperiaate

Varoventtiilin toimintaperiaate on pysyä suljettuna, kunnes paine järjestelmässä nousee yli venttiilin aukeamispaineen. Kun paine saavutetaan, venttiili aukeaa päästäten ylimääräisen paineen ulos järjestelmästä, mikä estää paineen nousun liian korkeaksi. Ylipaine voi kehittyä järjestelmään tulipalon, paineensäätimen vikaantumisen tai muun ulkoisen tekijän johdosta. Liiallinen paineen nousu järjestelmässä voi olla hengenvaarallinen tai vaurioittaa laitteistoa vakavasti. Mikäli järjestelmässä ei kulje ihmisille tai ympäristölle haitallisia aineita, päästää varoventtiili ylimääräisen kaasun tai nesteen ulkoilmaan. Vaarallisia aineita sisältävissä järjestelmissä vapautettu aines tulee kerätä talteen. Varoventtiilit tulee mitoittaa järjestelmään niin, että se kykenee estämään paineen liiallisen nousun riittävän tehokkaasti.

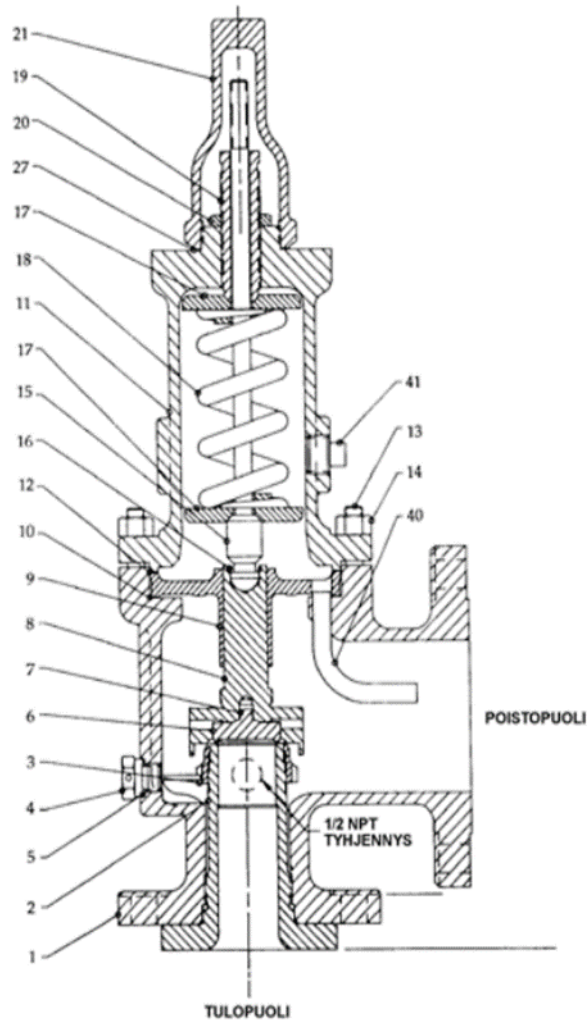
2.2 Tyypin 1900 consolidated-varoventtiili

Tässä työssä käsitellään 1900-tyypin varoventtiilin koneistusta ja sen kiinnitystä työstökoneeseen. 1900-tyypin varoventtiili on valmistettu amerikkalaisen ASME code -asetuksen mukaan, mikä merkitsee, että sitä on mahdollista käyttää vain kohteissa, joihin riittää section VIII:n vaatimusten täytyminen. Venttiiliä ei voi siis käyttää kattiloissa tai tulistajilla, mutta se soveltuu vielä esimerkiksi

prosessihöyryille. Consolidated-varoventtiili on suunniteltu rakenteeltaan hyvin yksinkertaiseksi minimoiden käytettyjen osien määrä. Venttiili on tehty helposti purettavaksi kunnostusta ja tarkistusta varten. Venttiilejä huolletaan säännöllisin väliajoin niiden toiminnan varmistamiseksi. (ASME Boiler and pressure vessel code section VIII 2015).

2.3 Varoventtiilin rakenne

Varoventtiilin rakenne perustuu kaikessa yksinkertaisuudessaan jouseen, joka pitää venttiilin lautasen kiinni, kunnes haluttu paine saavutetaan. Lautanen tiivistyy kiinni ollessaan suuttimen sulkupintaa vasten. Kun sallittu paine ylittyy, jousi puristuu kasaan, jolloin venttiili aukeaa vapauttaen painetta järjestelmästä. Venttiili myös sulkeutuu jousivoiman avulla heti, kun paine on laskenut alle venttiilille säädetyn tai valmistusvaiheessa määrätyn avautumispaineen. Varoventtiilin toiminnan luotettavuuteen vaikuttaa paljon venttiilin tyyppi, käyttöympäristön olosuhteet ja painejärjestelmän sisältö. (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991). Kuvassa 1 on havainnollistettu varoventtiilin rakennetta poikkileikkauskuvan avulla.



Kuva 1. Poikkileikkaus varoventtiilistä (Finkova 1900-tyypin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

3 Varoventtiilien kunnossapito

Varoventtiilien kunnossapito on tärkeää turvallisuuden ja tuotannon toiminnan varmistamiseksi teollisissa prosesseissa ja laitteistoissa. Erityisen tärkeää kunnossapito on painelaitteissa, kuten säiliöissä, putkistoissa ja paineastioissa. Varoventtiilit tarkistetaan säännöllisesti, mieluiten osana ennaltaehkäisevää kunnossapitoa. Tarkastukset voivat paljastaa mahdolliset kulumiset, vuodot tai muut ongelmat. Tietyt venttiilit voivat tarvita säännöllistä voitelua toimiakseen tehokkaasti. Varoventtiilien toiminta voidaan varmistaa voitelulla ja

säännöllisellä testauksella. Henkilöstön asianmukainen koulutus edesauttaa varoventtiilien kunnossapidossa ja niiden huoltotoimenpiteissä.

3.1 Painelaitteiden huolto

Painelaitteiden käyttäjää koskee lakisääteinen velvollisuus huolehtia painelaitteen toimivuudesta ja kunnossapidosta siten, että sen käytöstä ja toiminnasta ei aiheudu vaaraa kenenkään turvallisuudelle, terveydelle tai omaisuudelle. Painelaitteita määritellään painelaitelain mukaisesti olevan säiliö, putkisto tai muu tekninen kokonaisuus, jossa on tai johon on mahdollisuus syntyä ylipainetta ja jossa käytetään painelaitteen turvaamiseksi tarkoitettuja teknisiä ratkaisuja. Monia painelaitteita on vaikea kuvitella vaarallisiksi, sillä ne ovat usein liikkumatta ja matalissa lämpötiloissa operoitavia ja ne voi olla asennettu huomaamattomiin paikkoihin.

Suomessa painelaitteiden valvonnasta vastaava viranomaistaho on Tukes. Turvallisuus ja kemikaalivirasto valvoo painelaitteiden myyntiä, käyttöä ja painelaiteturvallisuutta. Painelaitteen kunnossapidon laiminlyönti aiheuttaa vaarallisten poikkeamien mahdollisuuden öljynjalostamon olosuhteissa. Painelaitteet sijaitsevat linjastoissa, jotka sisältävät ihmiselle ja ympäristölle vaarallisia hiilivetyjä. Öljynjalostamolla tapahtuvat painelaitteetonnettomuudet ovat usein vakavia, ja ne lisäävät muiden onnettomuuksien kuten tulipalojen riskiä, kun ympäristössä on tonneittain palavaa materiaalia. Henkilö- ja omaisuusvahinkojen riski kasvaa huomattavasti kemianteollisuuden prosessiympäristössä huonosti huollettujen painelaitteiden vuoksi. Turvalaitteet, joihin varoventtiilit kuuluvat, ei saa käyttää säädösten vastaisena. Varoventtiilejä ei saa ohittaa tai säätää niille asetettuja arvoja. Varoventtiin tyyppiä tai kokoa ei tule muuttaa. Mikäli varoventtiili tai muu painelaitte on vaurioitunut, sitä ei tule käyttää ennen sen korjausta ja tarkistusta. Kaikki varoventtiiliin kohdistuvat muutos- ja hitsaustyöt tulee jättää laitevalmistajan tehtäväksi. (Painelaitte kunnossapito opas 2016).

3.2 Varoventtiilin huolto

Varoventtiilit tulee huoltaa valmistajan antamien kunnossapito-ohjeiden mukaisesti. Huollossa ja huollontarpeen määrittämisessä tulee ottaa huomioon laitteen käyttöympäristön asettamat vaatimukset sekä lakisääteisen huollon tarve. Kunnossapidon suunnittelussa kartoitetaan, mitä venttiileille voidaan tehdä käyttäjän omasta toimesta ja mitkä osa-alueet tulee jättää valtuutettujen tahojen hoidettavaksi.

Varoventtiilin kunnan seuranta on käyttäjän vastuulla. Varoventtiilien kunnossapito käsittää määräaikaistarkastuksen mikä tarkoittaa venttiilien tarkistusta määräjain. Painelaitelaki määrittää kaikkiin painelaitteisiin liittyviin komponentteihin neljän vuoden tarkistusvälin. Painelaitelaissa määritettyä neljän vuoden tarkistusväliä voi kuitenkin anoa viiteen vuoteen, jolloin mahdollistetaan viiden vuoden välein suoritettavat laajemmat huollot käsittäen kokonaisen tuotantolinjan tai laitoksen. Tämä on taloudellisesti todella tehokas kunnossapidon toteutus kemianteollisuudessa, jossa kunnossapitotoimenpiteiden suorittamiseen vaaditaan prosessien alasajo. (Rekisteröidyn painelaitteen määräaikaistarkastus ja seuranta 2024).

Varoventtiilin määräaikaistarkastukset ja koestus tulee tehdä valmistajan suositusten mukaisesti. Mikäli käyttöympäristö asettaa tavallista suurempaa rasitusta venttiiliin, tulee koekäyttö suorittaa useammin. Koestuksessa tulee huomioida järjestelmän sisällön aiheuttamat mahdolliset vaarat. Varoventtiilien kunnossapitotarvetta kartoitetaan huoltoseurantajärjestelmän avulla, joka ilmoittaa venttiilien huoltotarpeesta. Järjestelmä hälyttää, kun venttiilin huoltopäivämäärä alkaa lähestyä. Ennakoivalla kunnossapidolla pyritään pitämään laitteet toimintakuntoisina ja huoltamaan ne ennen vikojen ilmaantumista.

Huoltoseurantajärjestelmä mahdollistaa myös tehokkaan varaosien hallinnan. Tarvittavat varaosat venttiilikunnostukseen voidaan tilata tarpeeseen mikä vähentää tarpeetonta varastointia ja näin ollen myös kokonaiskustannuksia. Kunnossapidon näkökulma on ylläpitää varolaitteet toimintakunnossa, jotta

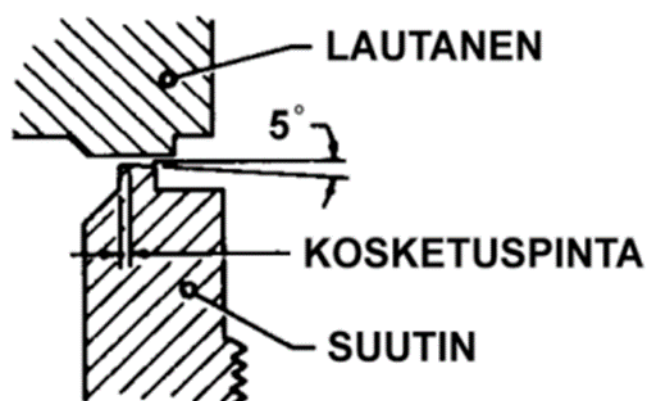
mahdollisessa poikkeustilanteessa on mahdollista toimia normaalin toimintamallin mukaisesti.

Laajempien suurseisokkien aikana huolletaan kattava määrä varsinkin kriittisien kohteiden varoventtiilejä. Muiden käyttökohteiden venttiilit, joiden huolto ei vaadi koko linjan prosessitoimintojen pysäyttämistä, huolletaan kymmenen vuoden aikavälillä pienemmissä erissä. Venttiilien huoltotarvetta ja huollon aikaväliä määrittäessä otetaan huomioon myös taloudelliset näkökulmat. Käytännössä tämä tarkoittaa puntarointia sen välillä, huolletaanko venttiilit tietyin aikaväleihin vai vaihdetaanko ne suoraan uusiin.

Venttiilin käyttökohteella on suuri vaikutus sitä koskevaan kunnossapitototeutukseen. Venttiilin huollossa sen tiivistepinnat kunnostetaan koneistamalla, minkä jälkeen ne läpätään parhaan mahdollisen tiivistyspinnan saavuttamiseksi. Venttiilin tiivisteet uusitaan ja tarpeen mukaan myös muita osia vaihdetaan. Huollon jälkeen venttiili koeponnistetaan, jolla saadaan varmistettua, että venttiili säädetään haluttuun avautumispaineeseen. Säännöllisellä huollolla varmistetaan, että varolaite toimii poikkeustilanteissa. (Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta. 2016; 29.12.2016/1549).

4 Koneistus

Venttiilin suutin ja lautasen sulkupinta koneistetaan parhaan mahdollisen lopputuloksen saamiseksi. Tavoitteena saada hyvin tiivistyvä pinta kahden metallipinnan välille. Kuvassa 2 havainnollistetaan venttiilin tiivistyvän pinnan ominaisuuksia poikkileikkauskuvassa.



Kuva 2. Lähikuvassa lautasen ja suuttimen välinen sulkupinta (Finkova 1900-tyypin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

4.1 Koneistus

Koneistus yleisesti tarkoittaa kappaleesta materiaalin poistamista halutulla työmenetelmällä. Yleisimmät käytössä olevat työmenetelmät ovat jyrsiminen ja sorvaaminen. Metalleja koneistaessa kappaleesta poistetaan materiaalia lastuina ja näin kappale muotoillaan haluttuun muotoon.

Tässä työssä keskitytään sorvaukseen työmenetelmänä ja sen kehittämiseen. Sorvaamalla valmistetaan pyörähdyskappaleita yksikärkistä terää hyödyntäen. Sorvaus eroaa muista metallintyöstömenetelmistä niin, että terä on paikallaan ja kappale pyörii. Jyrsinnässä ja poratessa terä on pyörimisliikkeessä työstettävän kappaleen ollessa paikallaan. Sorvaaminen on todella tehokas ja yleinen lastuavan työstön metodi. Yleisimpiä sorvausmenetelmiä ovat

ulkosorvaus, muotosorvaus ja tasosorvaus. Varoventtiiliä koneistaessa otetaan huomioon sorvauksessa yleisestikin työskentelyyn vaikuttavat tekijät, kuten kappaleen pituus, halkaisija, muodot ja tasopinnat, jonka mukaan käytettävät työkalut ja lastuamisarvot valitaan.

Koneistuksen mahdollistaa metallintyöstökoneet, jotka ovat jo nykyisin täysin tietokoneohjattuja. Suurin osa nykypäivän työstökoneista sorvit mukaan lukien ovat CNC-ohjattuja, mikä tarkoittaa, että työstöradat määritetään käyttäen numeerista ohjausta. Numeerinen ohjaus on koneistuskeskuksen toiminnan mahdollistava ohjelmointikieli, jota kone tulkitsee ja se voidaan luoda suoraan työstettävän kappaleen tietokonemallin pohjalta. CNC-työstökoneet hyödyntävät liikeratojen suorittamiseen RS-274D-ohjelmointikieltä, joka tunnetaan tuttavallisemmin nimellä G-koodi.

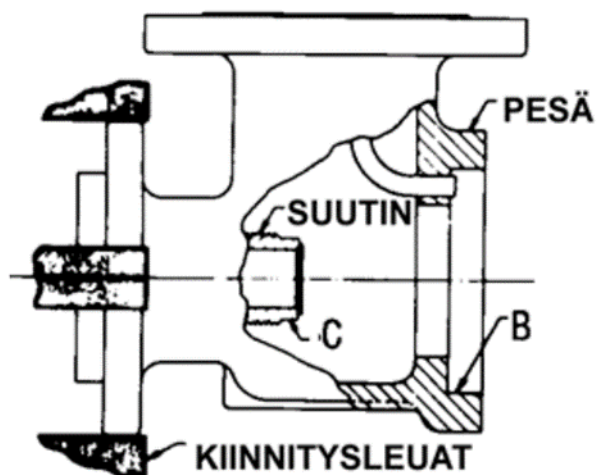
Kone lukee G-koodin syöttämiä yksiselitteisiä ohjeita ja tulkitsee ne ohjaus-elektronikan avulla servo-ohjattujen moottorien liikkeiksi. G-koodi on matalan kynnyksen koodikieli, joka mahdollistaa monimutkaisienkin liikeratojen ohjelmoinnin. Vaikka nykyisin lähes kaikki konevalmistajat hyödyntävät G-koodia on niissä silti paljon eroja koneen ominaisuuksista ja käyttösovelluksista johtuen. Koneisiin voi olla valittu eri toimintoja kuten lastunkuljettimia tai työkalunvaihtorevolveri. Tämä tarkoittaa sitä, että samalla G-koodin komennolla voi olla täysin eri toiminto kahden eri koneen välillä. G-koodin toiminta perustuu loogiseen järjestykseen kirjoitetuista käskyistä, jotka toteutuvat peräkkäisessä järjestyksessä. G-koodia luetaan samansuuntaisesti kuin tavallista länsimaalaista tekstiä eli vasemmalta oikealle ja ylhäältä alas. Jokainen koneen suorittama toiminto on oma rivinsä ja ohjelman edetessä kone siirtyy riviltä seuraavalle suorittaen vaiheita.

G-koodi on edelleen todella tehokas ja turvallinen tapa ohjata työstökoneiden liikettä sen yksinkertaisen ja simppelein rakenteen ansiosta. CNC-työstökoneilla on mahdollistettu tehokas ja äärimmäisen tarkka kappaleiden valmistaminen sarjatuotantona. (Tietokoneavusteinen valmistus 2021).

4.2 Koneistuksen työohje

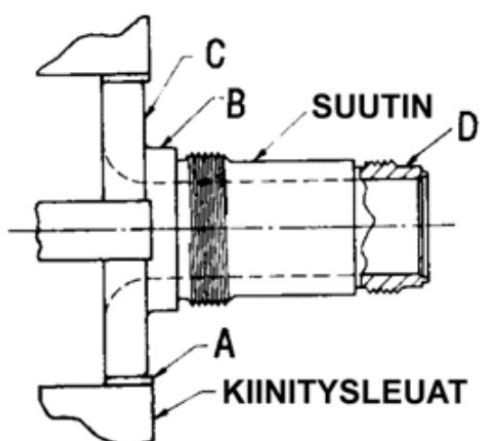
Koneistustyön helpottamiseksi työn vaiheista kerättiin keskeisimmät ja huomiota vaativat vaiheet kirjalliseen muotoon, jotta oikeaoppista työskentelyä voidaan harjoittaa jatkossakin. Koneistustyöntekijä jolle prosessi ei entuudestaan tuttu voi ohjeen avulla tarkistaa työn suorittamisen yksityiskohtia. Työohjeet laaditaan helppolukuisen ja tiivistettyyn muotoon ja ne on mahdollista toimittaa myös ulkopuoliselle palveluntoimittajalle.

Valmistajan ohjeiden mukainen koneistustyö sisältää suuttimen pitopintojen ja porausten koneistuksen venttiilihuollon yhteydessä. Lähtökohtaisesti venttiilin suutin tulee koneistaa pesään asennettuna kuten alla olevassa kuvassa. Suutin on mahdollista koneistaa myös pesästä irrotettuna, mikäli se on aivan välttämättömyyttä. Tämä tapa ei kuitenkaan ole suositeltava. Venttiili kiinnitetään vapaasti leukoihin niin, että suuttimen yläosan (kuvan kohdassa C) ja pesän pinnan (kuvan kohta B) välinen heitto ei ole yli 0,0254 mm. Mikäli venttiiliä on mahdoton saada kiinnitettyä sorvin leukoihin suuttimen ollessa pesässä, on mahdollista koneistaa suutin irrotettuna pesästä. Kun suutin koneistetaan pesästä irrallaan, suutin tulisi kiinnittää mielellään nelileukaiseen istukkaan hyödyntäen kiinnityksessä pehmeämpää materiaalia, kuten kuparia tai kuitua leuan ja suuttimen kosketuspinnan välissä, jotta välttyään tekemästä vaurioita suuttimeen. Myös suutin irrallaan koneistettaessa tulee suutin keskittää leukoihin niin, että heitto pintojen B ja C sekä D välillä on korkeintaan 0,0254 mm. Kuva 3 havainnollistaa, kuinka syväälle suutin voi jäädä pesään sen ollessa kiinnitettynä sorviin. Tämä hankaloittaa suuttimen koneistamista. (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991.)



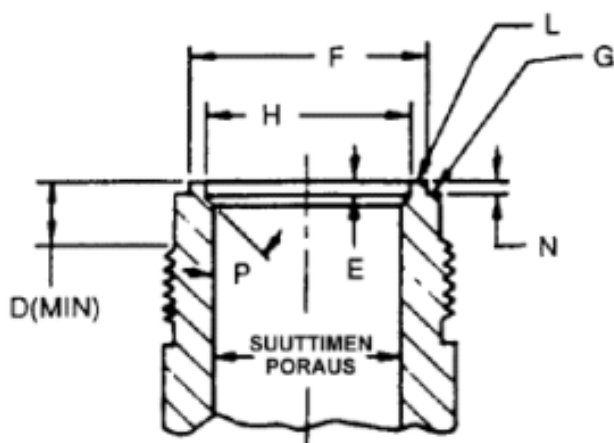
Kuva 3. Suutin kiinnitettynä leukoihin pesän kanssa (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

Kuva 4 esittää venttiilin suutinta kiinnitettynä sorvin nelileukapakkaan ilman pesää. Tilaa työskentelylle on runsaasti.



Kuva 4. Suutin kiinnitettynä leukoihin ilman pesää (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

Suuttimen pinta L koneistetaan viiden asteen kulmassa käyttäen 4-5 sadaosamillimetrin syöttöarvoa per kierros. Materiaalia poistetaan, kunnes vahingoittuneet osat on poistettu pinnalta. Pinta viimeistellään mahdollisimman virheettömäksi. (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991). Kuvassa 5 on poikkileikkaus lähikuvassa koneistettavat pinnat merkittynä kirjaimin.



Kuva 5. Suuttimen koneistettavat pinnat (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

Suuttimen ulkopinta G koneistetaan, kunnes saavutetaan mitan N mukainen etäisyys tiivistyspinnasta. Pinnan mitta G on määritetty kaikille muille paitsi D-1 aukkoisille suuttimille (ks. taulukko 1). D-1 aukon suuttimilla tämä työvaihe jätetään väliin. Sisähalkaisija H koneistetaan mitan E mukaiseen syvyyteen, minkä jälkeen voidaan koneistaa viisteen kulma P takaisin. Suuttimelle on määrätty minimimita D kierreosuuden juuresta katsoen. Mikäli mitta D saavutetaan, tulee suutin hylätä käyttökelttomana. Mikäli suuttimen koneistus saadaan onnistuneesti päätökseen, on suutin valmiina läppäystä varten. (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991). Taulukko 1 antaa koneistajalle oikeat

mitat koneistettavan venttiilityypin mukaan. Y-akselilla nimettynä suutintyyppi ja x-akselilla tiivistystapa eli metallipinnat vastakkain tai O-rengastiiviste.

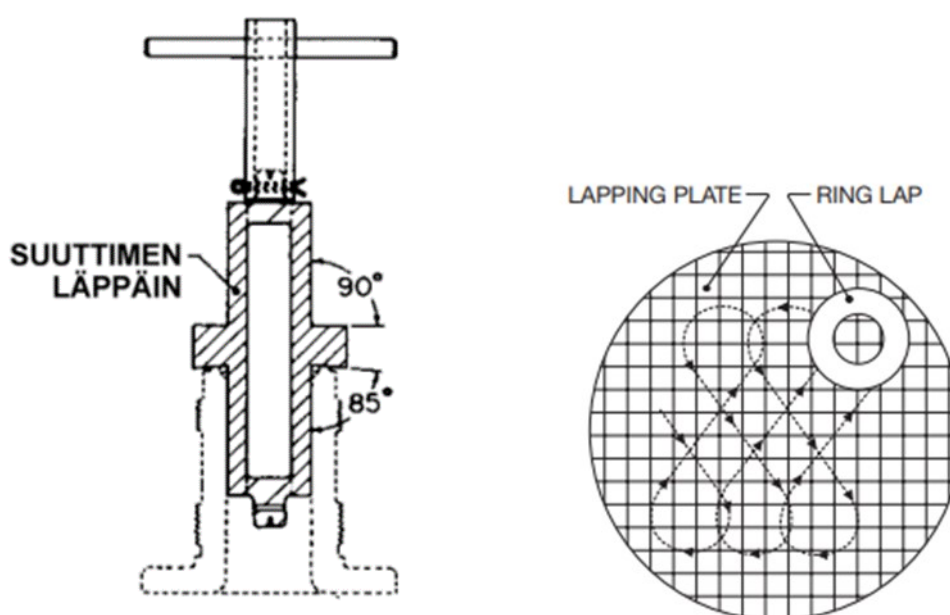
Taulukko 1. taulukko koneistettavien pintojen mitoista (Finkova 1900-typin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

METRISET YKSIKÖT, MM

Suutin	Metalli-Metalli					P ϕ 1/2 ϕ	O-Rengas tiivistys		
	D						Säde		
Aukko	Min.	E ϕ . ^{.13} ₀	F ϕ . ^{.0} _{.05}	H ϕ . ^{.05} ₀	N ϕ . ^{.13} ₀	B ϕ . ^{.05} ₀	J ϕ . ^{.13} ₀	K	
D-1	10.3	.38	-	13.16	-	30 ϕ	.38	1.57	14.55 ^{+.00} -.05
E-1	11.9	.51	20.01	17.43	.64	30 ϕ	.38	1.52	18.62 ^{+.00} -.05
D-2,E-2,F	7.9	.76	24.26	21.13	.89	30 ϕ	.38	2.01	22.05 ^{+.00} -.08
G	7.9	.89	27.79	24.24	.89	30 ϕ	.53	2.29	26.92 ^{+.00} -.08
H	6.3	.89	31.12	28.55	.89	45 ϕ	.53	1.52	30.89 ^{+.00} -.08
J	9.5	.89	39.27	36.47	.89	45 ϕ	.53	1.88	38.96 ^{+.00} -.08
K	11.1	1.60	46.63	43.46	1.60	45 ϕ	.53	3.20	46.69 ^{+.00} -.10
L	11.1	1.60	57.33	54.15	1.60	45 ϕ	.41	3.20	56.08 ^{+.00} -.10
M	11.1	1.60	64.14	60.96	1.60	45 ϕ	.53	3.20	64.51 ^{+.00} -.10
N	12.7	1.60	70.54	66.73	1.60	45 ϕ	.53	2.57	68.78 ^{+.00} -.10
P	15.9	2.36	84.63	80.82	2.36	45 ϕ	.53	3.81	84.68 ^{+.00} -.10
Q	22.2	2.36	110.11	106.30	2.36	45 ϕ	.53	4.78	110.19 ^{+.00} -.15
R	25.4	2.36	129.79	125.98	2.36	45 ϕ	.53	5.46	129.41 ^{+.00} -.15
T	19.0	-	158.34	153.42	2.36	-	.53	3.61	158.42 ^{+.00} -.18

Tyypillinen venttiin kunnostus sisältää sulkupintojen kunnostuksen ja mahdollisesti myös sisäosien vaihtoa. Sulkupinnat koneistetaan, minkä jälkeen ne

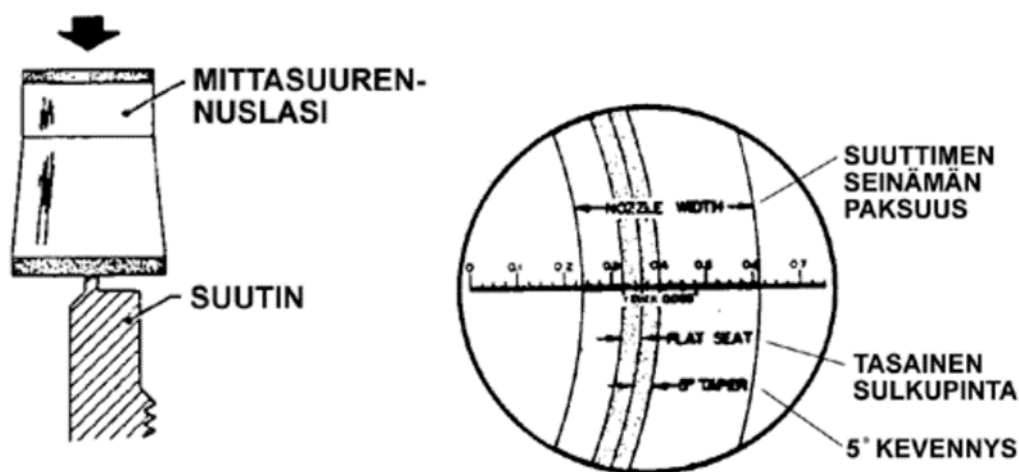
läpätään. Suuttimeen viiden asteen kulmaan koneistettu viiste läpätään parhaan mahdollisen pinnanlaadun saavuttamiseksi. Tämän jälkeen hiotaan läppäimen tasaisella puolella suuttimen akseliin nähden kohtisuora sulkupinta. Läppäys viimeistellään rengasläppäimellä, jossa hionta suoritetaan epäkeskeisellä tai kahdeksikon muotoisella liikkeellä. Läppäyksessä on tärkeää välttää sulkupinnan pyöristymistä, jota voi syntyä, mikäli läppäin pääsee keinumaa. Myös kulu- neesta tai epäpuhtaasta hiontapinnasta voi aiheutua sulkupinnan pyöristymistä. Kuvassa 6 nähdään kahdeksikonmuotoinen hiontatekniikka sekä käytettävä läppäintyökalu poikkileikkäuskuvassa.



Kuva 6. Varoventtiilin suuttimen läppäin ja hiontatekniikka (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

Leveäksi jätetty suuttimen kosketuspinta on altis aiheuttamaan esipuhallusta eli vuotoa, varsinkin venttiileillä, jotka ovat pienikokoisia ja matalalle asetuspaikalle tarkoitettuja. Ilman o-rengastiivistettä toimivien venttiileiden kosketuspinta tulisikin tehdä mahdollisimman kapeaksi, jotta esipuhallusta ei pääse syntymään. Sulkupintojen leveys riippuu hyvin pitkälti venttiilin käyttökohteen vaatimasta asetuspaineesta. Venttiileissä, joissa on korkea asetuspaine, tulee myös kosketuspinnan olla leveämpi, jotta se riittää kantamaan jousen aiheuttaman kuormituksen. Venttiilin kosketuspintojen leveys tulee viimeistellä valmistajan

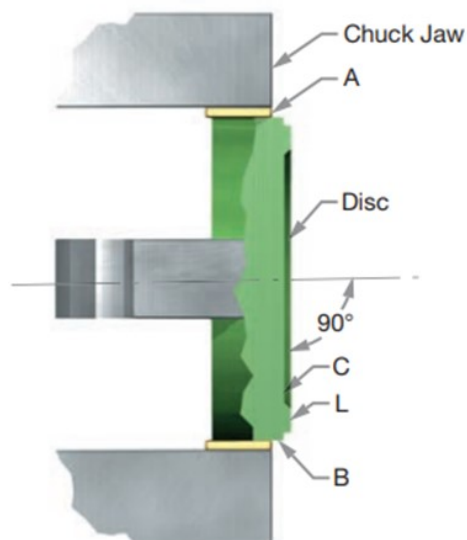
antamien ohjearvojen mukaan. Kosketuspinnan leveyden tarkistus tapahtuu mittasuurennuslasilla. Myös venttiilin lautasen sulkupinta läpätään vastaavalla työmenetelmällä. Läppäys tehdään lautasen sulkupintaan epäkeskeisellä tai kahdeksikon muotoisella hitaalla liikkeellä paineen jakautuessa tasaisesti tiivistävään pintaan. (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991). Tuloksien tarkastelun apuvälineet sekä näkymä mittasuurennuslasin läpi nähdään kuvassa 7.



Kuva 7. Mittasuurennuslasi ja sulkupinnan suurennuslasikuva (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991).

Lautasen sulkupinnan koneistuksessa noudatetaan pitkälti samoja ohjeita kuin suuttimenkin koneistukseen. Lautanen kiinnitetään vapaasti leukoihin. Kiinnityksessä olisi myös suotavaa käyttää pehmeämpää materiaalia kiinnityskohdissa. Kupari tai kuitu sopii tarkoitukseen hyvin. Lautanen keskitetään leukoihin niin, että pintojen B ja C välillä ei ole heittoa kuin maksimissaan sallittu 0,0254 mm. Pinta L koneistetaan pientä syöttöä käyttäen, kunnes se tulee puhtaaksi vauriosta. Syöttöarvo tulee määrittää koneistettavan pinnan vaurioiden ja kunnon mukaan. Tyypillisesti käyttäessä syöttöarvoa 4–5 sadasosamillimetriä per kierros saavutetaan paras mahdollinen pinnanlaatu. Pinta pyritään viimeistelemään läppäystä varten mahdollisimman tasaiseksi. Myös lautaselle on asetettu

rajamitaksi kuvan mitta N. Mikäli mitta N saavutetaan, on lautanen käyttökelpoton ja se tulee hylätä. (Finkova 1900-tyyppin consolidated varoventtiili manuaali 1991). Alla olevassa kuvassa 8 merkittyä pintaa C ei koneisteta.



Kuva 8. Venttiilin lautanen kiinnitettynä leukoihin (Baker Hughes Consolidated 1900/1900 DM Series Safety Relief Valves 2024).

5 Leukojen suunnittelu

Nelileukainen istukka kiinnittää työkappaleen neljästä eri kohdasta. Jokainen leukapari voidaan säätää erikseen, mikä mahdollistaa työkappaleiden kiinnittämisen monenlaisia muotoja mukaillen. Nelileukaisen istukan neljä leukaa voidaan säätää siten, että ne puristavat työkappaletta tasaisesti joka puolelta. Jokainen leukapari liikkuu riippumattomasti toisistaan, mikä mahdollistaa työkappaleen pitämisen monen muotoisena ja -kokoisena.

Kun työkappale on asetettu istukkaan, leukaparit voidaan kiristää siten, että ne keskittävät työkappaleen istukan keskipisteeseen. Tämä varmistaa, että työkappale pyörii sorvauskoneen keskipisteen ympäri ilman värähtelyä tai epäkeskeisyyttä. Nelileukaisella istukalla varmistetaan asianmukainen tarkkuus ja pito sorvattavalle kappaleelle. Neljä leukaa jakaa puristusvoiman tasaisesti ympäri työkappaletta, mikä vähentää vääntövoimien aiheuttamaa taipumista.

Nelileukainen istukka tarjoaa hyvän kiinnityksen korjauskoneistettaville kappaleille, jotka täytyy erikseen keskittää leukoihin. Leukapari voidaan kiristää niin, että ne puristavat työkappaletta paikallaan, vaikka pinnanmuodot eivät ole symmetrisiä, tämä mahdollistaa monenlaisten työkappaleiden sorvaamisen, mukaan lukien pyöreät, neliömäiset ja myös epäsymmetriset muodot. Nelileukais-
tukkaan voidaan vaihtaa pelkät leuat tarpeen mukaan. Tämän ansiosta samaa istukkaa voidaan käyttää monenlaisissa sorvaus projekteissa ja erikokoisten työkappaleiden käsittelyssä ilman suurempaa vaivannäköä kappaleiden vaihdon välillä. Ominaisuus on tärkeä venttiilien kiinnitystä kehittäessä.

5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Toimivien sorvin leukojen suunnitteluun vaikuttaa useita tekijöitä, kuten työstettävä materiaali, työkappaleen muoto ja koko sekä käytettävä työstökoneen tyyppi. Sorvin leuoilla on oltava riittävät toimintaedellytykset materiaalin ja rakenteen kestävyden kannalta.

Leukojen muodon ja koon on oltava sopiva työ kappaleelle, jotta ne pitävät sen tukevasti paikallaan sorvauksen aikana. Leukojen tulisi myös olla käytettävissä useammalle eli venttiilille. Pyöreitä tai kartiomaisia leukoja käytetään yleisesti pyöreiden työkappaleiden kiinnittämiseen, jolloin leukojen muoto mukailee koneistettavan kappaleen profiilia. Suorakulmaisia leukoja taas käytetään tasaisille tai neliömäisille työkappaleille.

Tässä työssä käsiteltyjen venttiilien pinnanmuodoissa ja kiinnityksessä on paljon vaihtelua, joten pyrittiin ratkaisuun, joka poissulkee muuttujien vaikutukset kappaleen kiinnityksessä sorviin. Sorvin leukojen on kyettävä tarjoamaan riittävä pito työkappaleelle, jotta se pysyy paikallaan sorvauksen aikana ilman liukumista tai värähtelyä.

Aikaisemmin käytössä ollut kiinnitys aiheutti tarpeetonta vaaraa työskentelylle leukojen ollessa liian liukkaat venttiileille. Riskinä on kappaleen pyöriminen leuoissa. Jotta luistamista ei pääse tapahtumaan, vaatii kiinnitys riittävän

voimakasta puristusta ja sopivaa leukojen pinnan rakennetta, jotka tarjoavat hyvän kitkan työkappaleen ja leukojen välillä.

Leukojen ja kiinnitettävän kappaleen tulee myös kestää kappaleen kiinnitykseen vaaditut leukapaineet. Leukojen tulisi olla säädettävissä erilaisten työkappaleiden käsittelyä varten. Leuat tehdään nelileukaiseen istukkaan. Niistä tulee suunnitella irrotettavat ja istukan kanssa yhteensopivat, jotta nelileukapakan alkuperäinen säätömahdollisuus on toiminnassa myös työssä suunnitelluilla leuoilla. Säätömahdollisuuden toimivuus on ensiarvoisen tärkeää, jotta ne voidaan mukauttaa erilaisiin koneistustarpeisiin ja työkappaleisiin.

Sorvin leukojen suunnittelussa on otettava huomioon myös turvallisuusnäkökulmat. Leukojen on oltava suunniteltu siten, että ne pitävät työkappaleen tukevasti paikallaan ilman riskejä vahingoittaa koneen käyttäjää tai aiheuttaa vahinkoja laitteelle tai kappaleeseen työstön aikana.

Sorvin leukojen kiinnitystä lähdettiin miettimään myös käytettävyyden, työskentelyn helppouden ja päivittäisen toiminnan näkökulmista. Leukojen tulee olla sopivat jokaisella huoltoon tulevalla hitsatulla varoventtiilillä käytettäväksi. Leukojen mitoitus ohjaa suurimmalla kiinnityslaipalla oleva 1900-tyyppin varoventtiili, jolloin mahdollistetaan leukojen sopivuus kaikille venttiileille.

Suunnitteluvaiheessa pohdittiin, tulisiko sorvin istukan kokoa muuttaa. Istukan vaihtaminen suurempaan mahdollistaisi venttiilin kiinnittämisen leukoihin niin, että venttiilin varsi ja laippa mahtuisi pakan sisään. Tämä muutos mahdollistaa suunnitella ja toteuttaa sorvin leuat, joiden varren etäisyys on minimaalinen. Lyhytvartiset leuat ovat äärimmäisen tukevat, luotettavat ja käytännölliset. Kun leukoihin ei tarvita vartta, tekee se rakenteesta jäykemmän ja eliminoi vääntymän mahdollisuuden leukojen puristuessa yhteen. Varrellisetkin leuat tulisi mitoitaa niin, että niiden rakenteellinen jäykkyys on riittävä suurellakin leukapaineella, vaikka veroventtiilejä koneistettaessa käytössä olevat leukapaineet eivät yleisesti ole tavattoman suuria. Sorvin istukan vaihto suuremmalla reiällä olevan

istukkaan tulee tehdä suurimman kiinnityslaipan halkaisijan omaavan venttiin mukaan, jotta ratkaisu on jälleen monikäyttöinen toimiva.

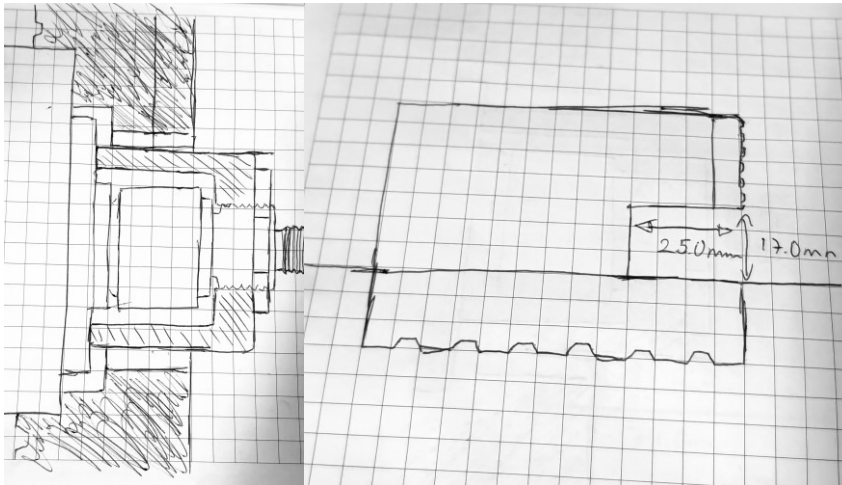
Leukojen suunnittelussa tulee myös huomioida koneistuksen eri työvaiheet. Kappale tulee keskittää leukoihin niin, että heittoa ei synny kuin jo aikaisemminkin mainittu 0,0254 mm. Leukoihin on mahdollista suunnitella tulevan porras, joka mahdollistaa tasaisen kiinnityspinnan leukojen ja venttiin varteen kierrettävän laipan välille. Myös säädettävä etäisyys tai irrotettavissa oleva säätöpalat leukojen syvyyssäädössä olisivat mahdollisia, mutta niitä ei pidetty tarpeellisena varoventtiilikoneistuksen kannalta.

Kiinnityksen liiallisesta syvyydestä johtuvia ylitsepääsemättömiä ongelmia työkentelyn kannalta ei pidetty todennäköisenä. Istukan kokoa ei pidetty lopulta kuitenkaan tarpeellisena muuttaa. Suunnitteluvaiheessa ilmeni että, venttiili on mahdollista kiinnittää riittävän tukevasti ilman, että leuoissa tarvitaan tavanomaista pidempää vartta tai että venttiin täytyisi mahtua kokonaan istukan sisään.

5.2 Leuat

Sorvin leuat suunnitellaan kierrettävän laipan ulkohalkaisijan mukaan. Aluksi suunniteltua leukaa muutetaan kuitenkin vielä työn loppupuolella, kun havaittiin parempi tapa kiinnittää venttiili leukoihin. Kaikessa yksinkertaisuudessaan leukojen juureen, aivan istukan otsapinnan tasoon tehdään lovi, joka tekee tilaa varoventtiin laipalle. Samalla muutoksella ratkaistaan laipan liikkumisen aiheuttama ongelma. Leuat päätettiin tehdä pulttaviksi ja pehmeistä leuka-aihoista. Sorvin istukan kokoa ei päädytty suurentamaan käytännön syistä, mutta istukka täytyi kuitenkin uusida, sillä vanha käytössä ollut nelileukainen istukka oli niin huonossa kunnossa, että siihen ei saanut tehtyä pultattavia leukoja. Kiinnitysreiät olivat kuluneet soikeiksi ja kierteet hyvin huonossa kunnossa. Kuvassa 9

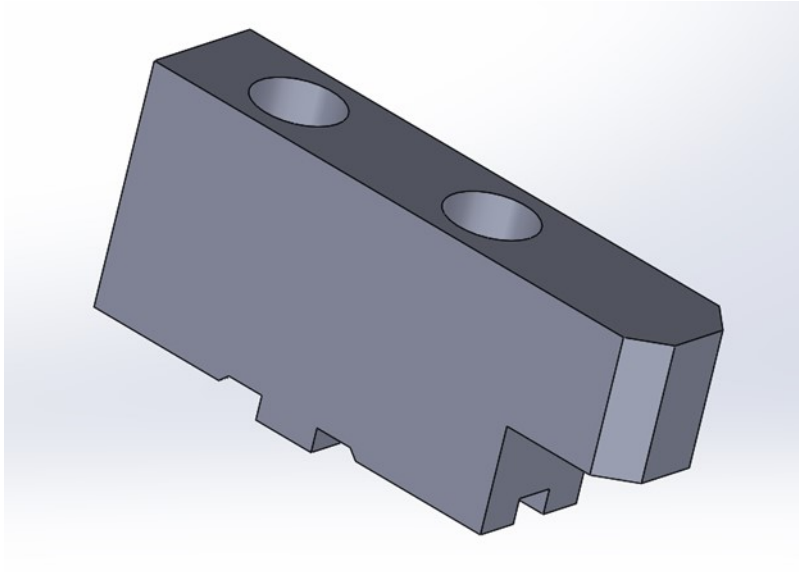
pitkän pohdinnan jälkeisiä hahmotelmia siitä, miltä leuat ja kappaleen kiinnitys voisivat näyttää.



Kuva 9. Käsini piirrettyjä mallikuvia leukojen kiinnitysvaihtoehdoista suunnittelun tueksi.

Kun eri näkökulmat ja kriittiset tekijät leukojen suunnittelun kannalta oli kerätty, siirryttiin jäsentelemään kerättyjä tietoja ja rajoittavia tekijöitä. Saatujen tietojen pohjalta tehtiin koontia ja vaihtoehdot rajattiin toteutuskelpoisiin ja huonoina pidetyt versiot jätettiin pois suunnitelmista. Kun suunnitelma valmistettavasta tuotteesta oli ajatuksen tasolla valmiina ja käsini piirrettyjä mallikuvia saatu tehtyä, oli aika siirtyä mallintamaan kappale SolidWorks-3D-suunnitteluohjelmalla lopullisten mittojen mukaisesti. Suunniteltiin CAD-malli, jonka pohjalta mitoitettiin tulevien leukojen työpiirustukset.

Valmiin mallinnuksen avulla tilattiin leuka-aihiot, jotka koneistettiin haluttuihin muotoihin. Leuoista tehtiin universaalit kaikille venttiilityypeille. Vain venttiilin kiinnitystä leukoihin muutetaan venttiileiden välisten erojen mukaisesti. Lopullinen kappale pysyi suunnitelman mukaisesti pultattavana, ja siinä on porrastus, joka tekee tilaa suurimmallekin venttiilin irtolapalle. Kuvassa 10 on lopullinen versio kiinnityksen mahdollistavasta leuasta 3D-mallinnettuna.



Kuva 10. SolidWorks-suunnitteluohjelmalla mallinnettu leuka.

5.3 Kierrettävä sylinteri

Venttiilien kiinnitystä mietittäessä nousi ongelmaksi venttiilien laippojen sekä runkojen erot. Mikäli venttiilin haluaisi kiinnittää tavanomaisesti koneistettavan pinnan juuresta, olisi tarpeen tehdä useammat kuin yhdet leuat. Runkojen pituudessa venttiilien kesken on liian paljon eroa, että niiden koneistus onnistuisi vain yhden varrellisen leuan avulla.

Toisena ongelmana nousee esiin kiinnityspinnan puute ja mahdollinen epäsymmetria, kun kiinnitys tapahtuisi venttiilin suuttimen pitopinnan juuresta. Eräänä vaihtoehtona voisi pitää myös varren monikulmaisesta ikään kuin mutterin muotoisesta osuudesta kiinnitystä. Sitä ajatusta ei kuitenkaan pidetty tarkoituksenmukaisena johtuen venttiilien purku- ja asennustavasta, jossa tästä mutterista kiristetään ja avataan venttiiliä, kun sitä ollaan purkamassa tai kierretään paikalleen.

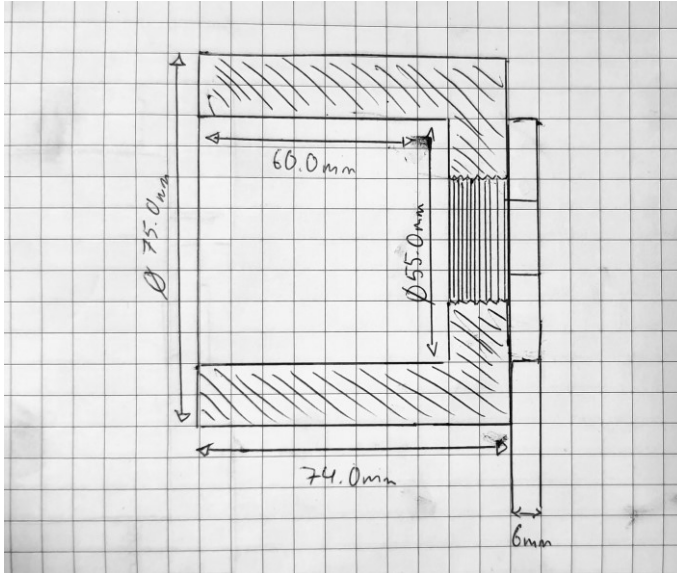
Mutteri kärsii vaurioita ja koneistettavaa kappaletta kiinnittäessä tulisi suosia lähtökohtaisesti valmiiksi koneistettuja pintoja, koska niitä voidaan pitää riittävän symmetrisinä kiinnitystä ajatellen. Tässä työssä käsiteltävissä venttiileissä on kuitenkin kaikissa kierreosuus venttiilin varressa juuri pitopinnan jälkeen. Kierreosuus on koneistettu, ja siihen on mahdollista kiinnittää kierteelle symmetrisen kappale, josta venttiili olisi mahdollista kiinnittää. Yhteinen tekijä kaikissa venttiileissä on kierre, mutta niiden koko voi vaihdella hieman. Kierteiden mittaeroja selvitettiin ja havaittiin, että kierteitä ei ole kuin muutamaa eri kokoa, joten se ei ole rajoittava tekijä venttiilin kiinnitystä suunniteltaessa. Ongelma ratkeaa sillä, että jokaista kierretyypistä varten tehdään sopivalla kierteellä oleva vastakappale.

Kierreosuus arvioitiin olevan hyvä valmistaa messingistä, alumiinipronssista tai vastaavasta pehmeämmästä materiaalista, jotta se olisi mahdollisimman kierreystävällinen. Kierteitä ei haluta vaurioittaa turhaan huollon aikana.

Venttiilien laippojen mittaerojen aiheuttamaan kiinnitysongelmaan ratkaisuna on suunnitella suurimman kiinnityslaipan halkaisijalla olevat leuat, mikä mahdollistaa näin ollen samojen leukojen käytön kaikilla koneistettavaksi tulevilla venttiileillä. Venttiilin varressa vapaasti heiluva kiinnityslaippa kuitenkin tulee saada pysymään paikallaan koneistuksen ajan. Tämän laipan liikkeen estämiseksi venttiilin varteen tulee kierrettävä sylinterinmuotoinen kappale, jonka avulla venttiilin kiinnitys leukoihin tapahtuisi. Kierrettävä kappale mahdollista irtonaisen laipan painamisen sorvin istukkaa vasten, laippa saadaan näin pysymään liikkumatta, ja leuat voidaan lopuksi kiristää kokoonpanon kiinnittämiseksi sorviin.

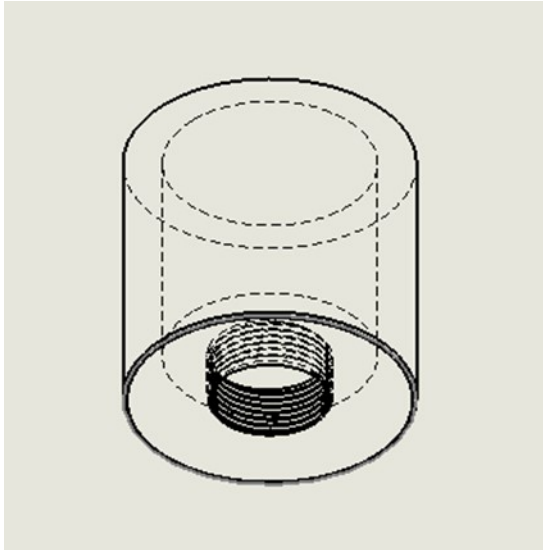
Sylinterin korkeus mitoitetaan pisimmän venttiilirungon mukaisesti. Sylinterin mitta olisi siis vakio kaikissa valmistettavissa sylintereissä, vaikka siihen kierrettävä venttiili ja kappaleen kierteen mitat vaihtelevat. Sylinteri kierretään pohjaan venttiilin rungon tasaista pintaa vasten. Jotta sylinteri ei pääse aukeamaan kierreeltä koneistuksen aikana, sen kiristämiseksi valmistetaan lukitusmutteri varmistamaan kiinnityksen turvallisuus. Näin mahdollistetaan universaali ja helposti

leukoihin keskitettävissä oleva venttiilin kiinnitys. Kuvassa 11 on käsin hahmoteltu työpiirustus kiinnitystä helpottavasta sylinteristä.



Kuva 11. Käsin piirretty poikkileikkaus suunniteltavasta kiinnityssylinteristä.

Kun kappaleen kiinnitystä helpottamaan suunniteltu sylinteri oli saatu mitoitettua ja varmistettu sen sopivuus venttiilityypeille, joissa sitä on tarkoitus hyödyntää, siirryttiin mallintamaan kappaletta SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmalla lopullisiin mittoihin ja muotoihin. Kuvassa 12 viimeistellyn suunnitelman mukainen kappale 3D-mallinnettuna.



Kuva 12. SolidWorks-suunnitteluohjelmalla mallinnettu sylinteri, jonka avulla venttiili kiinnitetään leukoihin.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa Neste Oyj Porvoon jalostamon korjaamolla varoventtiilikoneistuksen toimintaa. Käytössä olleet työskentelytavat eivät olleet kaikista parhaimmat tai välttämättä täysin valmistajan suositusten mukaiset. Aiemmin tehokas työskentely oli aikaansaatu työturvallisuuden kustannuksella. Kappaleen kiinnitys sorviin ei ollut riittävän hyvä. Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ongelmaan toimiva ja sekä työn suorittajaa miellyttävä ratkaisu. Tämän opinnäytetyön tuloksena varoventtiilikoneistuksen työskentelyä on saatu parannettua ja uusien leukojen ansiosta venttiilien koneistustyölle on annettu hyvät lähtökohdat.

Leukojen suunnittelun ohessa laadittu koneistustyötä koskeva työohje mahdollistaa nyt myös laadukkaamman tiedon pohjalta toimimisen. Ulkoistettaessa venttiilien koneistus se ei ole välttämättä työn suorittajalle entuudestaan tuttua, joten virallinen työohje on tarpeen.

Itse oivalsin, kuinka parempaa työskentelyä mahdollistavat pienetkin muutokset tuotantoympäristössä vaikuttavat positiivisesti myös jalostamon ja korjaamon

muiden toimintojen kulkuun niiden ollessa osa suurempaa kokonaisuutta. Mikäli useita pienempiä epäkohtia korjataan yksitellen, voi niiden yhteisvaikutus olla huomattava turvallisuuden kannalta, etenkin jalostamon kaltaisessa turvallisuuskriittisessä käyttöympäristössä. Kunnossapidon tehokas toiminta ja työntekijälle mielekäs toimintaympäristö mahdollistavat turvallisesti ja luotettavasti operoivat painelaitteet sekä niiden huollon. Kun kehityskohteet eivät vaadi suuria lisäinvestointeja, mutta niiden toteuttamisella mahdollistetaan parempaa työskentelyä ja tulokset ovat nähtävissä jo lyhyellä aikavälillä, ei kynnyksien tekemisen tule olla tarpeettoman suuri.

Opinnäytetyö on suoritettu venttiilivalmistajan virallisten tietolähteiden pohjalta. Prosessiin tehdyt muutokset otetaan käyttöön. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Neste Oyj yrityksen venttiilikoneistuksen osaston kanssa ottaen huomioon työn suorittajan näkökulmat leukojen käytännön toiminnallisuutta ajatellen. Koneistamon työnjohto sekä venttiilien kunnossapidon toimihenkilöt ovat olleet myös tiiviissä yhteistyössä projektin kuluessa. Työn eri vaiheita ja etenemisestä on tiedotettu asianomaisille sen edetessä ja monet eri vaihtoehdot on otettu huomioon leukoja suunnitellessa. Opinnäytetyön aikana on perehdytty perinpohjaisesti varoventtiilivalmistajan laatimaan huolto-ohjeeseen ja venttiilin rakenteeseen. Leukojen suunnittelua varten on kerätty tarvittavat tekniset tiedot koneistettavasta kappaleesta huomioiden sen koneistukseen vaikuttavat ominaisuudet niin materiaalien kuin mittojen osalta.

Onnistunutta työn suorittamista tuki myös aikaisempi kokemus koneistustöistä, erityisesti pyörähdyskappaleiden valmistuksesta sekä venttikoneistuksen toimintaan osallistuminen. Myös jalostamoympäristön laitteiston ja venttiilien käyttöympäristön tuntemus on ollut hyödyksi työn edetessä aikaisemman kokemuksen ohella. Näiden kompetenssien pohjalta oli helppo lähteä kehittämään venttiilikoneistuksen toimintaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Työn toteuttaminen on myös mahdollistanut paljon syvällisemmän näkemyksen venttiilien ja paineenalaisten järjestelmien toiminnasta sekä niiden kunnostukseen liittyvistä vaatimuksista.

Lähteet

ASME Boiler and pressure vessel code section VIII 2015. Verkkoaineisto. American Society of Mechanical Engineers. <<https://archive.org/details/ASME2015BPVCVIIDiv1/ASME%202015%20BPVC%20VIII%20Div%201/page/n95/mode/2up>>. Luettu 17.11.2023.

Baker Hughes Consolidated 1900/1900 DM Series Safety Relief Valves. Verkkoaineisto. Baker Hughes. 2024. <<https://dam.baker-hughes.com/m/776c76d705cb3798/original/Consolidated-1900-1900-Dual-Media-DM-SRV-Manual-English.pdf>>. Luettu 17.11.2023.

Finkova 1900-typin consolidated varoventtiili manuaali 1991. Yrityksen sisäinen materiaali. Finkova Oy.

Neste Oil yritysesittely. Verkkoaineisto. Neste Oyj. 2023.

<https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/FI_Yritysesite_2023.pdf>. Luettu 17.11.2023.

Painelaite kunnossapito opas. 2016. Verkkoaineisto. Turvallisuus ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/documents/10197/8647605/painelaite-kunnossapito-opas.pdf> <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/painelaitteet#dfbc4731>>. Luettu 12.12.2023.

Painelaitelaki. 2016. 16.12.2016/1144

Rekisteröidyn painelaitteen määräaikaistarkastus ja seuranta. 2024. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/painelaitteet/painelaitteen-kaytto/maaraaikaistarkastus-ja-seuranta>>. Luettu 12.12.2023.

Tietokoneavusteinen valmistus. 2021. Opintomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <https://moodle.metropolia.fi/pluginfile.php/40887/mod_resource/content/1/CNC%20ohjelmointikieli.pdf>. Luettu 19.12.2023.

Uusimmat lastuamistyökalut ja -ratkaisut. Verkkoaineisto. Sandvik Coromant. 2024. <<https://www.sandvik.coromant.com/fi-fi?country=fi&language=1035>>. Luettu 10.12.2023

Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta. 2016. 29.12.2016/1549