

STANDARDIT JA LAATUJÄRJESTELMÄ HYDRAULISYLINTERIN SUUNNIT-
TELUSSA

Vesa-Matti Hanni

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka, konetekniikka
Insinööri (AMK)

2015

Teollisuus ja luonnonvarat
Kone- ja tuotantotekniikka,
konetekniikka

Tekijä	Vesa-Matti Hanni	Vuosi	2015
Ohjaaja	Lauri Kantola		
Työn nimi	Standardit ja laatujärjestelmä hydraulisynterinin suunnittelussa		
Sivu- ja liitemäärä	77 + 8		

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää hydraulisynterinin suunnittelussa hyödynnettäviä standardeja ja niiden keskeistä sisältöä. Tavoitteena oli selvittää, miten laatu ja laatujärjestelmä liittyvät synterinin suunnitteluprosessiin. Näiden selvitysten pohjalta synterinin suunnittelijan olisi helpompaa ymmärtää suunnitteluprosessin kulkua ja laatujärjestelmän vaatimuksia tämän päivän suunnittelu-ympäristössä.

Työssä käytiin läpi eri synterintyyppisiä, jotta suunnittelijalle muodostuisi kokonaisnäkemys erityyppisistä syntereistä ja niiden valinnasta. Työssä selvitettiin suunnittelun teoriaa ja synterinin suunnittelun keskeiset osa-alueet. Tuotteen laadunhallintaan liittyviä asiakasvaatimuksia selvitettiin standardin mukaisesti.

SFS-EN ISO 9001 löytyi keskeinen sisältö laatujärjestelmistä ja niiden vaatimuksista laadunhallintaan. Hydraulisynteriin liittyviä standardeja löytyi useita. Niistä saatiin tarvittavia viitteitä ja ohjeistusta synterinin eri rakenteisiin ja mitoituksiin. Synterinin mitoituslaskuissa käytettiin mallina esimerkisynteriä, josta laskettiin hydraulisynterille tyyppisimmät mitoituskohdat.

Synterinin suunnitteluun liittyi monia eri valintoja ja mitoituskohteita, riippuen synterintyyppistä ja käyttötarkoituksesta. Laadunhallintajärjestelmän ollessa keskeisessä asemassa suunnitteluprosessia se mahdollistaa suunniteltavasta tuotteesta laadukkaan kokonaisuuden. Laadunhallintajärjestelmän käyttäminen palvelee sekä yritystä että asiakasta laadukkaalla tuotteella tai palvelulla.

Avainsanat: laatujärjestelmä, synteri, synterinin suunnittelu

Industry and Natural Resources
Mechanical and Production Engineering

Author	Vesa-Matti Hanni	Year	2015
Supervisor	Lauri Kantola		
Subject of thesis	Standards and quality management system for the design of the hydraulic cylinder		
Number of pages	77 + 8		

The purpose of the thesis was to find out the standards used in designing hydraulic cylinders. The objective was to clarify the quality and quality management system in the designing process of the cylinders. With this thesis it would be easier for a designer to understand the designing process and quality system requirements in today's design environment.

Different cylinder types are described in this thesis to help designers in their work and decisions. The theory of designing and the key areas of cylinder design are described in this thesis. Also the customer requirements associated with quality management are studied according to the standards.

There are the main contents, methods and requirements for quality management found in the quality management system standard SFS-EN ISO 9001. There are many standards for hydraulic cylinders. The references and guidelines for different structures and cylinders dimensioning were found in the standards. The main sizing points of the hydraulic cylinder were calculated with the help of the example cylinder model.

Depending on the types of cylinders and intended use of the cylinders the designer has to do many different choices and sizing calculations. When the quality management system is in the key role in the design process, both the company and customers can get high quality products and services.

Keywords: quality management system, cylinder, cylinder design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	YLEISTÄ STANDARDEISTA.....	9
2.1	Mitä tarkoitetaan standardilla.....	9
2.2	Standardien eri lajeja.....	9
2.2.1	Perusstandardit ja tuotestandardit.....	9
2.2.2	Menetelmästandardit ja palvelustandardit.....	10
2.2.3	Turvallisuus-, sanasto-, ja testausstandardit.....	10
2.3	Standardoinnilla saavutettuja hyötyjä.....	11
2.4	Maailman laajuinen standardisointi.....	12
2.5	Eurooppalainen standardisointi.....	12
2.6	Kansallinen standardisointi.....	13
2.7	Yritysstandardisointi.....	13
3	LAADUNHALLINTÄJÄRJESTELMÄ.....	15
3.1	Mitä laadunhallinta on ja mitä se tarkoittaa?.....	15
3.2	Perusteita ja tavoitteita laadunhallintajärjestelmälle.....	16
3.3	Prosessimainen toiminta.....	18
3.4	Tuotteen toteuttaminen ja suunnittelu.....	20
4	TUOTTEESEEN LIITTYVÄT VAATIMUKSET ASIAKKAAN NÄKÖKULMASTA.....	21
4.1	Tuotekohtaisten vaatimusten katselmointi.....	22
4.2	Asiakkaan kanssa käytävä viestintä.....	22
4.3	Suunnittelu ja sen kehittäminen.....	22
4.3.1	Suunnittelun ja kehittämisen lähtötietoja.....	23
4.3.2	Suunnittelun ja kehittämisen tulokset sekä katselmukset.....	23
4.3.3	Suunnittelun ja kehittämisen todentaminen, hyväksyntä ja muutokset.....	24
5	TUOTESUUNNITTELUN TEORIA.....	25
5.1	Suunnittelutyö ja toimintaympäristö.....	25
5.2	Suunnitteluprosessi.....	26
5.3	Luova suunnittelu.....	27
5.4	Systemaattinen suunnittelu.....	28
6	SYLINTERIN SUUNNITTELUN KESKEISET OSA-ALUEET.....	30

6.1	Tuotespesifikaatio.....	30
6.2	Katsaus sylinterityyppeihin	31
6.2.1	Yksitoimiset sylinterit.....	31
6.2.2	Kaksitoimiset sylinterit.....	32
6.2.3	Symmetrinen sylinteri.....	33
6.2.4	Tandemsylinteri.....	33
6.2.5	Pikaliikesylinterit.....	34
6.2.6	Teleskooppisylinteri.....	35
6.3	Sylinterityypin valinta	36
6.4	Sylinterin paineet.....	37
6.4.1	Nimellis- ja käyttöpaine	37
6.4.2	Suunnittelupaine.....	37
6.4.3	Testauspaine ja painetesti.....	38
6.5	Sylinterin kokoluokan valinta	39
6.5.1	Sylinterin- ja männänvarrenhalkaisija.....	39
6.5.2	Männänvarren pallonivelkiinnikkeet.....	40
6.6	Sylinterissä käytettäviä eri kierreratkaisuja.....	41
6.6.1	Kierteiden päätteitä ja pääteuria sekä niiden mitoitus	41
6.6.2	Öljyliitännän kierteet.....	43
6.6.3	Männänvarren kierteet	43
6.7	Sylinterin putki- ja varsimateriaaleja	44
6.7.1	Rullakiillotetut putket	44
6.7.2	Kuumavalssatut putket	45
6.7.3	Varsimateriaaleja.....	45
6.7.4	Luokituslaitosten materiaalivaatimuksia	46
6.8	Yleistoleranssit	47
6.9	Sylinterin tiivistys ja uramitoitus	48
6.9.1	Männän- ja männänvarren tiivistys.....	48
6.9.2	Tiivisteiden uramitoitus.....	49
6.10	Sylinterin rakennemitta ja iskunpituus	50
6.11	Pintakäsittely	50
6.12	Asiakashyväksyntä	51
7	SYLINTERIN MITOITUSESIMERKKI.....	52
7.1	Sylinteriputken seinämän mitoitus	53

7.2	Ohjaimen kierteen mitoitus	54
7.3	Männän kierteen mitoitus	55
7.4	Nivellaakeripesien mitoitus	57
7.5	Sylinterin varren halkaisija ja nurjahduskestävyys	58
7.6	Varren ja nivellaakeripesän hitsiliitoksen mitoitus	61
7.7	Sylinterin mitoitusesimerkin tulokset	62
8	POHDINTA	64
	LÄHTEET	66
	LIITTEET	69

1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään standardien ja laatujärjestelmän yhteyttä hydraulisylinterin suunnitteluun, jotta sylinterin suunnitteluprosessi olisi laadukas kokonaisuus. Työssä on huomioitu laadun näkökulma, jotta hydraulisylinterin suunnittelijan olisi helpompi ymmärtää standardien ja laatujärjestelmän merkitys hydraulisylintereitä suunniteltaessa. Tämän päivän kilpailutilanne edellyttää yrityksiltä laadukasta toimintaa kaikilla osa-alueilla. Sen takia suunnittelijan on hyvä ymmärtää standardien käyttö ja laatujärjestelmän merkitys myös osana suunnitteluprosessia.

Työn tavoitteena on selvittää, millaisia standardeja liittyy hydraulisylinteriin ja erityisesti käsitellään standardeja, joista on hyötyä sylinterien suunnittelutyössä. Samalla on tarkoitus koostaa peruskäsitys tämän päivän laatuvaatimuksista sylinterin suunnittelijalle. Työssä käsitellään eri standardeja, jotta suunnittelija löytäisi helpommin standardien keskeisimmän sisällön ja voisi helpommin hyödyntää niitä suunnittelutyössä. Käsitteet laatu ja laadunhallintajärjestelmän ymmärtäminen ovat myös keskeisiä asioita opinnäytetyössä. Työssä on käyty läpi hydraulisylinterien eri tyypit ja niiden osat, sylinterin perusrakenne ja käytettävät perusmateriaalit. Lisäksi on selvitetty esimerkkisylinterin avulla keskeisimpien osien laskentamenetelmä, jotta valmistaminen sekä sylinterien suunnittelun laadunhallinta olisi tarkoituksenmukaista.

Yleisellä tasolla ajateltuna sylinterin suunnittelun lähtökohdat määräytyvät käyttöpaineen, mahdollisten ulkoisten kuormien ja käyttöympäristön mukaan. Lisäksi väsymislujudella on merkitystä tietyissä sovelluksissa, jotka on syytä huomioida mitoituslaskuissa erikseen. Lähtökohtana on, että sylinterit suunnitellaan asiakaskohtaisesti, joten lähtötiedot tulevat asiakkaalta tai ne määritellään käyttöpaineen ja ulkoisten kuormien sekä käyttösykliin mukaan. Materiaalistanardeista saatiin käytettävien materiaalin ominaisuudet laskuihin. Esimerkkikuvia on tehty Solidworks-suunnittelu-ohjelmistolla. Opinnäytetyössä on käsitelty esimerkein yleisen kaksitoimisen sylinterin mitoituslaskuja.

Yleisesti määritelty ns. standardisylinteri ei välttämättä poikkea asiakasräätälöidystä sylinteristä. Asiakasräätälöidyssä sylinterissä on tarkemmin huomioitu asiakkaan sylinterille haluat ominaisuudet, jotka käyvät ilmi ns. sylinterispesifikaatiosta.

2 YLEISTÄ STANDARDEISTA

2.1 Mitä tarkoitetaan standardilla

Standardin ollessa yleisesti hyväksytty, täytyy sen olla vapaasti saatavilla kirjallisessa muodossa. Sen tavoitteena on yhteisymmärrys ja se on valmistettu yhteistyössä eri osapuolten kesken. Standardeihin hyväksymisen antaa siitä vastaava elin tai viranomainen tai järjestö. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Standardoinnilla, joka tehdään standardisoimisjärjestöjen piirissä, on tarkoitus laatia yhteisiä sääntöjä, jotka helpottavat viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Lisäksi standardeilla on tarkoitus lisätä tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, helpottaa kotimaista ja kansainvälistä kauppaa sekä suojella ympäristöä. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Standardien laadinta tapahtuu asianosaisten yhteistyönä työryhmissä ja komiteoissa. Työn tulokset ovat kenen tahansa hankittavissa ja ne julkaistaan asiakirjoina. Yleensä standardeissa pyritään kansainvälisiin standardeihin, jotka ovat voimassa kaikkialla mutta ne voivat myös olla voimassa vain yhdessä maassa. Niiden käyttö on vapaaehtoista ja ne ovat suosituksia. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

2.2 Standardien eri lajeja

2.2.1 Perusstandardit ja tuotestandardit

Perusstandardeilla on kaikkein laajin soveltamisala, niillä määritellään mittayksiköitä, käsitteitä, tunnuksia ja merkkejä. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Tuotestandardeissa perehdytään vaatimukseen, jotka koskevat tuotetta tai tuoter ryhmää, jotta ne olisivat tarkoituksenmukaisia. Eri vaatimukset voivat koskea rakennetta, mitoitusta, kestävyyttä, koostumusta tai turvallisuutta. Nykyään standardeissa otetaan huomioon myös tuotteen ja sen valmistuksessa aiheutu-

neet vaikutukset ympäristöön. Tuotestandardi voi koskea tavaroita ja myös palveluita. Palvelun tuotteistamisessa sen ominaisuudet voidaan laatia niin, että palvelu täyttää sille asetetut vaatimukset. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Tuotestandardissa voidaan määritellä tietyssä paikassa käytettävälle sylinterille esimerkiksi mitoitusta, rakennetta, kestävyyttä ja turvallisuutta määritteleviä vaatimuksia.

2.2.2 Menetelmästandardit ja palvelustandardit

Menetelmästandardiin on koottu yksityiskohtaisia ohjeita tuotantoprosessista sekä komponenttien ja raaka-aineiden ominaisuuksista. Lisäksi menetelmästandardi voi sisältää määritelmän esimerkiksi tuotteen huollon järjestämisestä. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Palvelustandardeissa määritellään ne vaatimukset, joilla varmistetaan palvelun sopivuuden varmistaminen. Palvelustandardeja voidaan laatia eri palvelutuottajille, esimerkiksi hotelleille, pesuloille, kuljetuksille, tietoliikenteeseen, auton huoltoa ja kauppaa varten. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Standardoimalla esimerkiksi sylinterien eri osia ja valmistamalla ne määrättyllä tavalla saadaan vähennettyä eri osien lukumäärä. Samalla varmistetaan, että osista tulee tasalaatuisia ja valmistustapa on hyväksi havaittu.

2.2.3 Turvallisuus-, sanasto-, ja testausstandardit

Turvallisuusstandardien tarkoitus on pyrkiä takaamaan tuotteen turvallisuus sekä ihmisille että ympäristölle. Sanastostandardit sisältävät eri käsitteiden määritelmiä ja niitä täydentäviä kuvia ja selityksiä. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Testausstandardit sisältävät määritelmiä eri tuotteiden testausmenetelmistä. Niissä kerrotaan esimerkiksi, miten näytteet valitaan ja millaisia tilastollisia menetelmiä niiden analysoinnissa käytetään. Esimerkkinä testausstandardi ISO 10100, jossa käsitellään hydraulisylinterien testausta. Erilaiset testausstandardit ovat laadunhallinnan apuna, analysoitaessa esimerkiksi sylinterin osien valmistusta. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Standardit eroavat siinä, onko niiden pääpaino tuotantomenetelmässä vai lopputuotteessa ja sen ominaisuuksissa. Mikäli pääpaino on menetelmässä ja tuotantoprosessi on tarkkaan määritelty, johtaa tämä siihen, että uuden teknologian käyttöönotto hidastuu. Tuotantomenetelmiin kohdistuvilla määräyksillä on helppo rajoittaa ulkomaista tuontia ja kotimarkkinoiden kilpailua. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Uusissa standardeissa onkin tyypillisesti määritelty ne ominaisuudet, joita tuotteessa halutaan. Valmistajalle jää ratkaistavaksi, millainen tuotantoprosessi on, jotta haluttu lopputulos saavutetaan. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

2.3 Standardoinnilla saavutettuja hyötyjä

Standardoinnilla saavutettavia hyötyjä ovat, että tuotteet, palvelut ja menetelmät ovat yhteneviä ja tarkoituksenmukaisia. Standardoinnin tärkeimpiä tehtäviä on vähentää sellaisia erilaisuuksia tuotteiden välillä, joilla ei ole käytännön merkitystä. Suurtuotannon etuna on vähentää teknisesti ja kaupallisesti merkityksettömät erilaisuudet. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Tuotteiden standardoinnilla pyritään varmistamaan, että tuotteiden ja järjestelmien komponentit sopivat toisiinsa ja siten se mahdollistaa niiden toiminnan yhdessä. Nykymaailmassa yhteensopivuuteen kiinnitetään huomiota jo tuotteen kehitysvaiheessa. Menetelmien, tuotteiden tai palveluiden täytyy olla keskenään vaihdettavissa. Se voi koskea sekä toiminnallisia ominaisuuksia että esimerkiksi tuotteen mittoja. Optimoimalla tuotteiden, palveluiden tai menetelmien tyyppiä ja kokoja, saadaan esimerkiksi tarkoituksenmukainen tuoteperhe. Eli sylinterien

valmistuksessa saadaan vähennettyä esimerkiksi saman kokoluokan mäntien eroavaisuuksia standardoimalla mm. niiden kierteiden koot ja pituudet. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Standardointi hyödyttää koko yhteiskuntaa, sillä sen tarkoitus ei ole hyödyntää pelkästään teollisuutta. Standardoinnin hyödyt koskettavat kaikkia aloja. Yhteisesti hyväksytyt määritelmät ja käsitteet nopeuttavat toimintoja ja virheiden sekä väärinkäsitysten määrä vähenee. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

2.4 Maailman laajuinen standardisointi

Laajin kansainvälisellä tasolla oleva standardointijärjestö on ISO. Sen jäsenet koostuvat kansallisista standardijärjestöistä, yksi kustakin maasta. Taulukossa 1 on esitetty maailmanlaajuinen standardointi ja taulukossa 2 eurooppalainen standardointi.

Taulukko 1. Maailmanlaajuinen standardisointi (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014)

Maailmanlaajuinen standardisointi	
<ul style="list-style-type: none"> • ISO International Organization for Standardization Laaja-alainen kansainvälinen standardisoimisjärjestö, joka vastaa pääsääntöisesti kaikesta muusta kuin sähkö- ja telealan standardisoinnista 	www.iso.org
<ul style="list-style-type: none"> • IEC International Electrotechnical Commission Kansainvälinen sähkötekniikan standardisoimisjärjestö 	www.iec.ch
<ul style="list-style-type: none"> • ITU International Telecommunication Union Kansainvälinen telealan standardisoimisjärjestö 	www.itu.int

2.5 Eurooppalainen standardisointi

Kansainvälisellä tasolla ja Euroopassa standardointi ja standardien käyttö perustuu vapaaehtoisuuteen. CEN:in jäsenmaissa eurooppalaiset standardit vahvistetaan kansallisiksi standardeiksi. Eurooppalaiset standardisoimisjärjestöt

tekevät yhteistyötä Euroopan unionin kanssa, sillä standardisoinnilla on tunnus-tettu ja tärkeä asema eurooppalaisessa yhteistyössä ja kehittämisessä. Standardit, jotka ovat tärkeitä, pyritään yhtenäistämään koko Euroopan unionin alueella. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Taulukko 2. Eurooppalainen standardisointi (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014)

Eurooppalainen standardisointi	
<ul style="list-style-type: none"> • CEN European Committee for Standardization Laaja-alainen eurooppalainen standardisomisjärjestö, joka vastaa pääsääntöisesti kaikesta muusta kuin sähkö- ja telealan standardisoinnista 	www.cen.eu
<ul style="list-style-type: none"> • CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization Eurooppalainen sähkötekniikan standardisomisjärjestö 	www.cenelec.eu
<ul style="list-style-type: none"> • ETSI European Telecommunications Standards Institute Eurooppalainen telealan standardisomisjärjestö 	www.etsi.org

2.6 Kansallinen standardisointi

Euroopassa kansallisia standardeja alettiin laatia teollisuuden aloitteesta 1900-luvun alkupuolella. Suomeen perustettiin standardoimislautakunta 1924 teollisuuden aloitteesta ja standardoimistyö aloitettiin. Suomen standardoimisliiton perustivat osallistuneet järjestöt vuonna 1947. Vuoden 2012 lopussa oli kansallisia standardeja voimassa 25 033 kpl, joista vain puhtaasti kansallisia standardeja enää 8 prosenttia. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

2.7 Yritysstandardisointi

Taloudellisen kehityksen perusyksikköjä ovat yritykset. Jokaisen valtion ja talousalueen hyvinvointi perustuu yrityksiin, jotka ovat kilpailukykyisiä ja joiden tuotteet menestyvät markkinoilla. Suurin osa hyvinvointipalveluista rahoitetaan yhteiskunnan tuotantosektorilta tulevilla tuloilla. Mikäli talouselämän vienti ei vedä,

ei ole voimavaroja myöskään kehittää uusia tuotteita ja tuotantoa. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Aikaisemmin yrityksillä oli tapana luoda omia standardeja. Nykyään on kuitenkin pyrkimys yhdenmukaistaa teknisiä määräyksiä ja se on vähentänyt yritysten omien standardien luomista. Yritysten standardisoimistyö onkin nykyään kansallisella ja kansainvälisellä tasolla standardityön seuraamista ja soveltamista omaan toimintaan. Standardeja apuna käyttäen voidaan kehittää suunnitelmallisesti tuotevalikoimaa sekä yrityksen toimintaa ja tuottavuutta. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

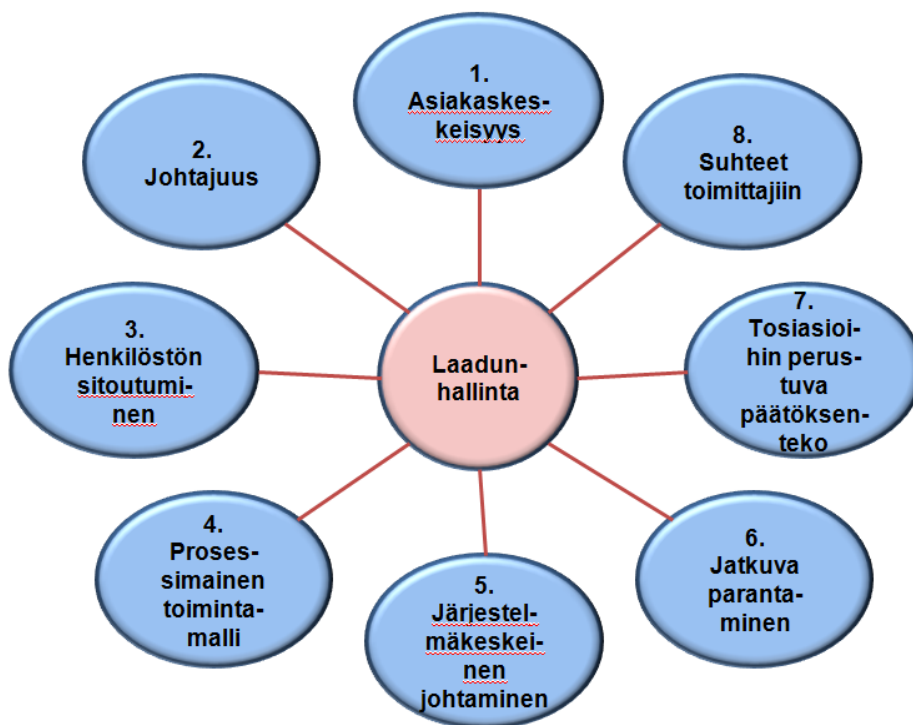
Seuraamalla standardeja laativien työryhmien toimintaa ja mahdollinen osallistuminen niihin auttaa seuraamaan teknistä kehitystä ja samalla se luo vakiintuneita yhteyksiä alan muihin yrityksiin, tutkimuslaitoksiin ja viranomaisiin. Samalla yritys saa uutta tietoa eri maiden kansallisista määräyksistä. (SFS-käsikirja 1, hakupäivä 15.10.2014.)

3 LAADUNHALLINTÄJÄRJESTELMÄ

ISO 9000 -sarjan kansallisesta standardista selviää perusteet laadunhallintajärjestelmästä ja soveltamisaloista. Yleisesti standardi on sovellettavissa yrityksille ja organisaatioille, jotka tavoittelevat hyötyjä omassa toiminnassaan laadunhallintajärjestelmän avulla. Järjestelmä luo luottamusta organisaation toimintaan ja antaa myös keinoja havainnoida esimerkiksi, että heidän toimittajat pystyvät toimittamaan tuotteita ja toimimaan organisaation vaatimustason mukaisesti. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

3.1 Mitä laadunhallinta on ja mitä se tarkoittaa?

ISO 9004 -standardin mukaan laadunhallinta on jaettu kahdeksaan peruseriaatteeseen.



Kuvio 1. Laadunhallinnan kahdeksan periaatetta (SFS-EN ISO 9004, hakupäivä 3.3.2015)

Laadunhallinnalla tarkoitetaan toiminnan ja prosessien jatkuvaa ylläpitoa ja samalla pyrkimystä parantaa niitä sidosryhmien vaatimukset huomioiden. Laadunhallinnan keinoin tuotteelle ja palvelulle luodaan ominaisuuksia, jotka palvelevat asiakkaan tarpeita ja odotuksia. Laatujohtamisessa on tärkeää, että voidaan osoittaa ulkopuoliselle ja itselle, että laadunhallinta on yrityksessä kunnossa. Tämä tarkoittaa sitä, että laatutiedostojen dokumentointi, asiakirjojen hallinta ja raportointi tehdään asianmukaisella tavalla. Yrityksen täytyy pystyä todistamaan oman toiminnan laatua, ilman asianmukaisia dokumentteja se ei ole mahdollista. Jotta laatuajattelu kehittyisi, täytyy kaikkien tuntea laadunhallinnan perusteet. (Finanssialan Keskusliitto www-sivut 2015, hakupäivä 19.1.2015.)

3.2 Perusteita ja tavoitteita laadunhallintajärjestelmälle

Yrityksillä ja organisaatioilla on yleensä selviä tavoitteita, kun he etsivät uusia toimintamalleja ja -tapoja. Jatkuva kehitys on yritysten perusedellytys, jotta mm. kilpailukyky säilyy. Parhaimmillaan laadunhallintajärjestelmät auttavat yrityksiä lisäämään asiakastyytyväisyyttä ja sitä kautta kilpailukykyä. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

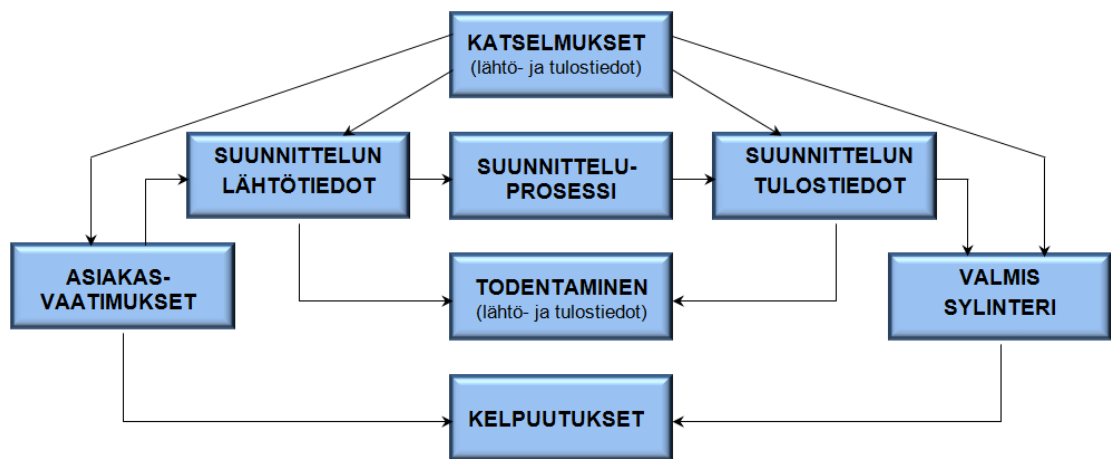
Yritykset luovat uusia tuotteita ja pyrkivät vastaamaan asiakkaidensa tarpeisiin. Asiakkailla on myös vaatimuksia ja odotuksia tuotteista, joita he ostavat. Näitä vaatimuksia kutsutaan tuotespesifikaatioiksi. Tuotteesta riippuen, vaatimukset määritellään asiakkaan kanssa sopimuksella tai organisaatio voi myös itse määritellä ne. Yleensä, kun asiakkaiden tarpeet ja odotukset muuttuvat, syynä voi olla tekniikan kehittyminen tai esimerkiksi kilpailutilanne. Tämä asettaa vaatimuksia yrityksille ja organisaatioille, sillä heidän on pystyttävä jatkuvasti parantamaan prosessejaan ja tuotteitaan. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Laadunhallintajärjestelmän käyttäminen luo organisaatiolle tarvetta analysoida asiakkaan tarpeita ja vaatimuksia. Samalla se kannustaa organisaatioita kehittämään ja määrittelemään sellaisia prosesseja, joiden avulla asiakas saa vaati-

mustensa mukaisen tuotteen tai palvelun. Monesti laadunhallintajärjestelmä luo mahdollisuuden tuotteen jatkuvalle parantamiselle. Samalla se lisää organisaation ja asiakkaan tyytyväisyyttä ja luottamusta siitä, että tuote täyttää halutut vaatimukset. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Alla olevassa kuviossa 2 on kuvattu esimerkinomaisesti, miten laadunhallinta on toteutettu sylinterin suunnitteluprosessissa. Kuviosta nähdään, miten katselmuksot, todentamiset ja kelpuutukset ovat kytköksissä toisiinsa.

Sylinterin suunnittelun laadunhallinta



Kuvio 2. Esimerkki sylinterin suunnittelun laadunhallinnasta (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014)

- **Katselmus** on toimintaa, joka suoritetaan asetettujen tavoitteiden ja toimenpiteiden saavuttamiseksi. Lähtö- ja tulostietojen katselmus.
- **Suunnittelun lähtötiedot** on sylinterin tuotespesifikaatio, jossa määritellään tuotteen halutut ominaisuudet.
- **Asiakasvaatimukset** huomioi asiakkaan ja lakisääteiset vaatimukset tuotteelle.
- **Todentaminen** on näyttöön perustuva varmistus siitä, että määritellyt vaatimukset ovat täyttyneet. Suunnittelun lähtö- ja tulostietojen todentaminen.
- **Kelpuutukset** ovat objektiiviseen näyttöön perustuvia varmistuksia siitä, että vaadittua käyttöä tai soveltamista koskevat vaatimukset on täytetty.

- **Suunnittelun tulostiedot** kertovat millaisiin suunnitteluratkaisuihin on päädytty (asiakasvaatimukset, suunnittelun lähtötiedot, muutokset).
- **Suunnitteluprosessi** tarkoittaa tuoteohjelman mukaista suunnittelua. Kts. kuvio 3, tuotesuunnitteluprosessi vaihetasolla. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Yrityksen organisaation tulee määrittää katselmuksien, todennuksien ja kelpuutuksien tarkoituksenmukaisuus suunnittelun eri vaiheissa. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014).

3.3 Prosessimainen toiminta

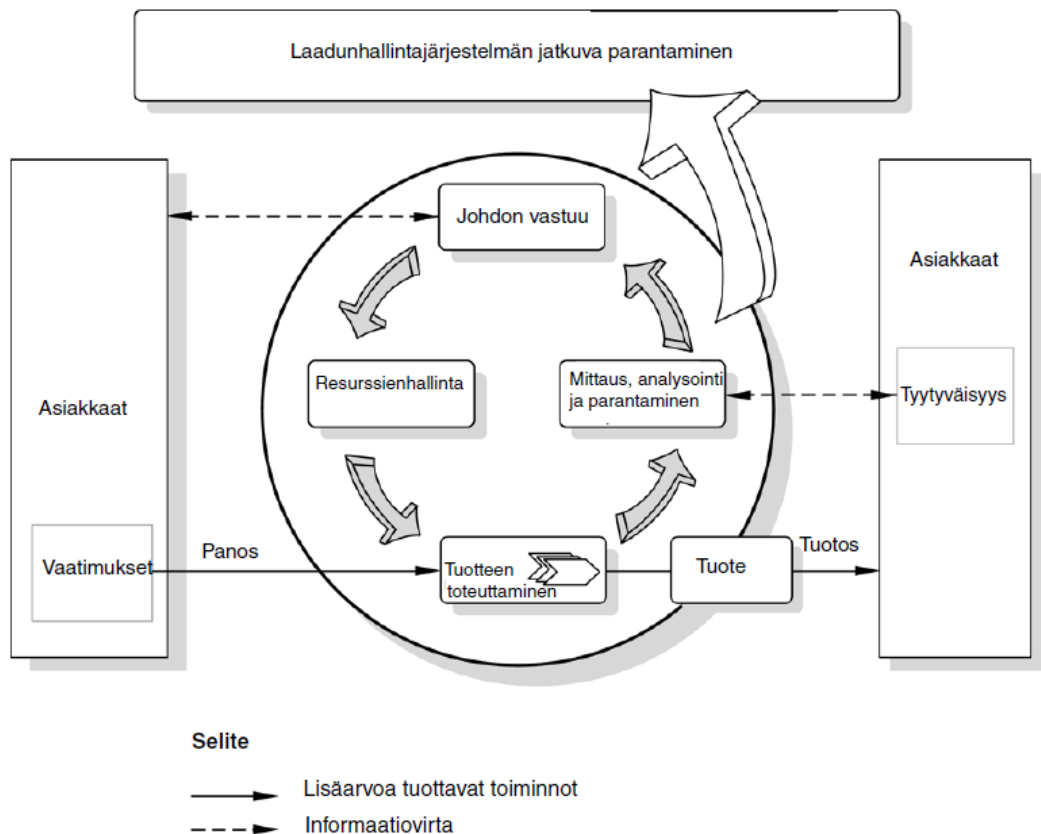
Standardilla SFS-EN ISO 9001 on tarkoitus edistää prosessimaista ajattelua ja tuoda se osaksi laadunhallintajärjestelmän kehitys- sekä toteutustyötä. Tavoitteena on asiakastyytyväisyyden lisääntyminen. Parantamalla laadunhallintajärjestelmän vaikutusta ja keskittymällä asiakasvaatimuksiin, päästään parhaiten tavoitteisiin. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Organisaation toimiessa vaikuttavasti, tulee sen määrittää ja hallita useita toimintoja, jotka liittyvät toisiinsa. Tärkeää onkin, että toimintaan suunnatuista panostuksista saadaan tuotoksia, joita kutsutaan prosesseiksi. Usein eri prosessit liittyvät toisiinsa ja niistä saatu tuotos voi olla seuraavan prosessin lähtökohta. Puhuttaessa prosessimaisesta toimintamallista, tarkoitetaan, että toimitaan suunnitellusti ja toistuvasti. Se edellyttää prosessijärjestelmän soveltamista: prosessien tunnistamista, niiden vuorovaikutusta ja johtamista. Prosessimaisen toimintamallin etuna onkin, että se luo mahdollisuuden ohjata yksittäisten prosessien yhteyksiä, yhdistelmiä sekä niiden vuorovaikutusta. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Sovellettaessa prosessimaista toimintamallia laadunhallintajärjestelmään, onkin tärkeää vaatimusten ymmärtäminen. Prosesseja tulisi arvioida siten, mitä lisäarvoa ne tuovat ja mikä on prosessien suorituskyky sekä vaikuttavuus. Samalla

prosesseja tulisi parantaa objektiivisten mittausten avulla. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Oheinen kuvio 3 esittää prosesseihin perustuvaa laadunhallintajärjestelmää. Siitä selviää prosessien väliset yhteydet.



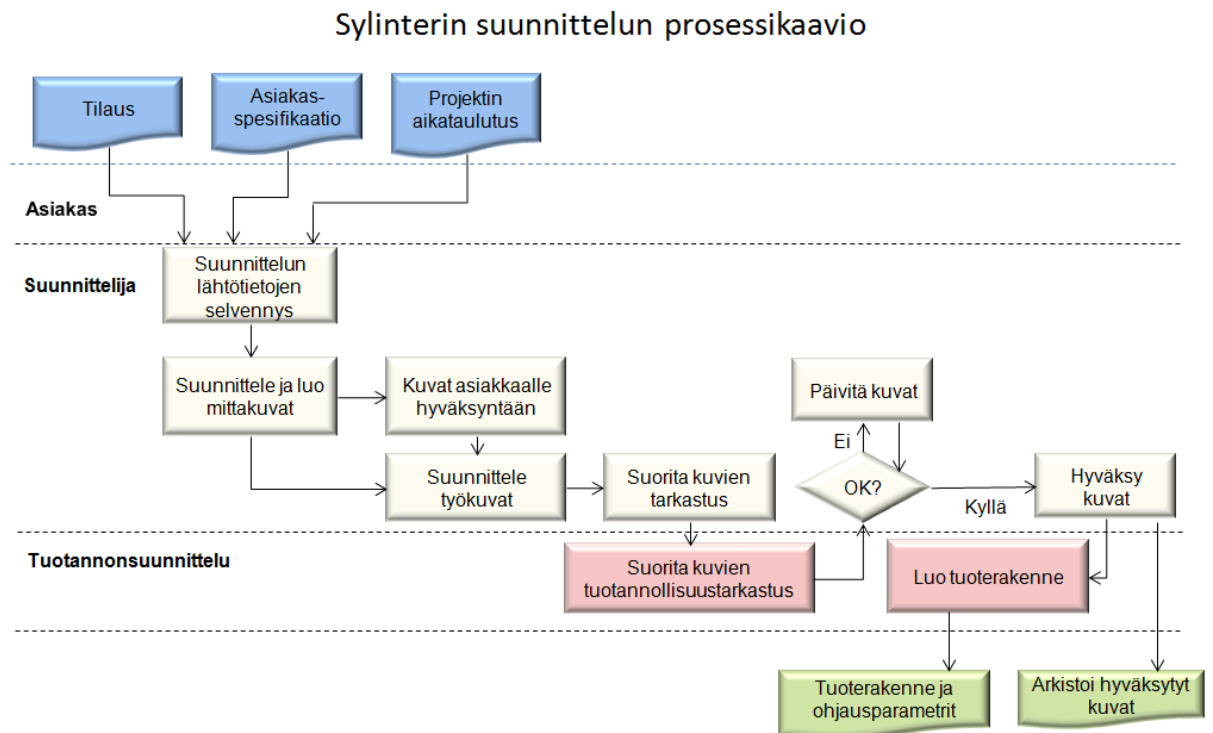
Kuvio 3. Prosesseihin perustuva laadunhallintajärjestelmä (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014)

Kuvio 3 osoittaa, että asiakkailla on suuri vaikutus siihen, mitä on määritelty lähötiedoiksi. Lisäksi asiakastytyväisyyttä seurataan ja sen arviointiin käytetään asiakkaan näkemyksiä siitä, miten organisaatio on onnistunut täyttämään heidän vaatimuksensa. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

3.4 Tuotteen toteuttaminen ja suunnittelu

Tuotteen toteuttamiseen organisaatio suunnittelee ja kehittää prosessit, joilla tuote voidaan valmistaa. Tuotteen suunnittelun tulee noudattaa laadunhallintajärjestelmän muita prosesseja ja olla yhdenmukainen niiden vaatimusten kanssa. Suunniteltaessa tuotteen toteuttamista, tulee organisaation määrittää tuotteelle mm. laatuvaatimukset, luoda prosessit, asiakirjat ja resurssit. Lisäksi tulee määrittää tarvittavat todentamis-, kelpuutus-, mittaus-, seuranta-, tarkastus- ja testaustoimenpiteet sekä tarvittavat hyväksymiskriteerit. Myös tallenteita tarvitaan, jotta voidaan osoittaa tuotantoprosessit ja niissä syntyvien tuotteiden vaatimustenmukaisuus. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Alla olevassa kuviossa 4 on kuvattu esimerkinomaisesti sylinterin suunnittelun prosessi. Huomioitavaa on, että tänä päivänä yritykset pyrkivät palvelemaan asiakkaitaan hyvin asiakaslähtöisesti. Tällöin asiakassopimuksissa voi olla myös määritelty toimitusaika uusille tuotteille.

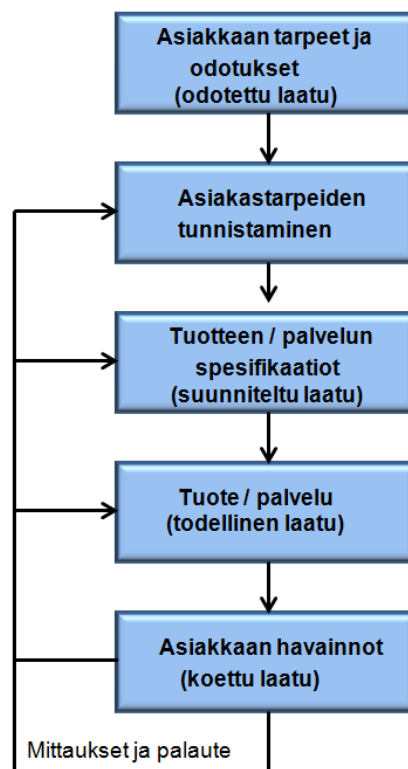


Kuvio 4. Esimerkkikuvio sylinterin suunnitteluprosessista

4 TUOTTEESEEN LIITTYVÄT VAATIMUKSET ASIAKKAAN NÄKÖKULMASTA

Organisaation tehtävänä on huomioida asiakasvaatimukset (mm. toimitusehdot) ja samalla myös kaikki ne vaatimukset, jotka liittyvät tuotteen käyttötarkoitukseen. Myös ne vaatimukset, joita asiakas ei ole ilmaissut, täytyy huomioida tuotteen käyttötarkoituksen edellytysten mukaisesti. Tärkeää on myös määrittää tuotteeseen liittyvät viranomaismääräykset ja lakien vaatimukset. Lisäksi on huomioitava kaikki sellaiset vaatimukset, jotka organisaatio katsoo tarpeellisiksi esimerkiksi takuu- ja sopimusvaatimuksiin liittyviin toimiin. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Alla olevassa kuviossa 5 on kuvattu asiakaslähtöisesti laadun kehittämisprosessia. Prosessin lähtökohtana ovat asiakkaan tarpeet ja odotukset tuotteen tai palvelun laadusta. Muita prosessin vaiheita tulisi pystyä kehittämään mittauksiin ja palautteen avulla.



Kuvio 5. Asiakaslähtöisen laadun kehittämisen prosessi. (Evans & Lindsay 2008, 157)

4.1 Tuotekohtaisten vaatimusten katselmointi

Organisaatio katselmoi tuotteeseen liittyvät vaatimukset. Katselmus on hyvä tehdä ennen kuin organisaatio on sitoutunut toimittamaan tuotetta asiakkaalle. Katselmoinnissa tulee varmistua siitä, että tuotevaatimukset määritellään. Lisäksi tarkastetaan ja selvitetään tilauksen ja sopimuksen eroavaisuudet ennen tarjouksen jättämistä. Tarkastetaan esimerkiksi, että organisaatio kykenee suoriutumaan määritellyistä vaatimuksista. Katselmusten vuoksi suoritetuista toimenpiteistä sekä tuloksista täytyy ylläpitää tallenteita. Mikäli tuotevaatimukseen tulee muutoksia, tulee organisaation varmistua, että niihin liittyvät asiakirjat muutetaan ja asianosaisille henkilöille tiedotetaan muutoksista. Tämä tarkoittaa sitä, että yrityksellä on muutoksenhallintaan myös oma prosessi. Sen tehtävänä on varmistaa, että muutokset välittyvät yrityksen sisällä kaikille osapuolille ja tarvittaessa myös asiakkaille. Lisäksi asiakasvaatimuksissa voi olla tarkkaan määritelty tuotteeseen liittyvät muutokset, eikä niitä saa muuttaa ilman asiakkaan hyväksyntää. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

4.2 Asiakkaan kanssa käytävä viestintä

Organisaation on syytä määrittää toimintatavat ja järjestelyt, jotka vaikuttavat asiakkaan kanssa käytävään viestintään. Siihen voi kuulua:

- tuoteinformaatio ja siihen liittyvät muutokset
- sopimusten ja tilausten muutosten käsittelyprosessi
- asiakaspalautteet mm. reklamaatiot. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

4.3 Suunnittelu ja sen kehittäminen

Yrityksen organisaatio vastaa tuotteen ohjauksesta ja suunnittelun kehittämisestä. Suunnitteluun liittyvän kehittämisen yhteydessä on hyvä määrittää:

- eri vaiheet suunnittelulle ja sen kehittämiseksi
- katselmukset ja hyväksymiset, jotka liittyvät suunnittelun ja katselmusten eri vaiheisiin
- vastuut ja valtuudet, jotka koskevat suunnittelua ja sen kehittämistä. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Lisäksi yrityksen organisaation tulee ohjata suunnitteluun ja kehittämiseen liittyvien ryhmien vuorovaikutusta, jotta se mahdollistaisi viestinnän ja vastuiden selkeän määrittelyn. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

4.3.1 Suunnittelun ja kehittämisen lähtötietoja

Tuotteeseen liittyvät vaatimukset ja lähtötiedot tulee määrittää ja tallentaa. Yleensä tuotteen lähtötietoihin sisältyvät:

- tuotteen suorituskykyä ja toiminnallisuutta koskevat vaatimukset
- laki ja viranomaisvaatimukset
- aikaisemmin suunnitelluista tuotteista saatu informaatio
- kaikki olennaiset vaatimukset, jotka liittyvät tuotteen suunnitteluun ja kehittämiseen.

Lisäksi tuotteelle asetettujen vaatimuksien on syytä olla kattavia ja yksiselitteisiä, eikä niissä saa olla ristiriitaisuuksia. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

4.3.2 Suunnittelun ja kehittämisen tulokset sekä katselmukset

Suunnittelun ja kehittämisen tulosten on syytä olla sellaisessa muodossa, että ne ovat vertailukelpoiset lähtötietoihin. Tulosten tulee myös täyttää lähtötietojen vaatimukset ja tuottaa informaatiota osto-, tuotanto- ja muiden palveluiden tuottamiseen. Tuloksien tulee sisältää tuotteen hyväksymiskriteerit tai viittaukset niihin. Lisäksi täytyy määritellä ne tuotteen ominaisuudet, joilla on olennainen

vaikutus tuotteen turvalliseen käyttöön. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Katselmusten pitämisen täytyy olla suunniteltua ja ne on hyvä pitää sopivissa vaiheissa. Katselmuksissa tulee arvioida suunnittelussa ja kehittämisessä saatujen tulosten kyky täyttää tarvittavat vaatimukset. Samalla niissä on tarkoitus tunnistaa havaittuja ongelmia ja ehdottaa niihin liittyviä toimenpiteitä. Katselmuksiin tulee osallistua ne henkilöt, jotka vastaavat kyseisen suunnittelu- ja kehitysvaiheen toiminnoista. Organisaatio päättää milloin katselmuksia pidetään. Esimerkiksi uusi suunnitteluratkaisu sylinterin suunnittelussa voi olla syy katselmukseen. Tällöin katselmukseen osallistuisivat suunnittelijat ja tuotannon edustajat, riippuen ratkaisun laajuudesta ja merkittävydestä. Katselmuksiin liittyvistä tuloksista ja toimenpiteistä tulee tehdä tallenteita. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

4.3.3 Suunnittelun ja kehittämisen todentaminen, hyväksyntä ja muutokset

Todentaminen suoritetaan suunnitellun mukaisesti, jotta voidaan varmistua suunnittelun ja kehittämisen tulosten vastaavan lähtötietojen vaatimuksia. Tuloksista ja toimenpiteistä tulee tehdä tallenteita. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Hyväksyntä suoritetaan suunnitellun mukaisesti, jotta varmistetaan valmiin tuotteen käyttötarkoitukseen liittyvät vaatimukset. Hyväksyntä tehdään ennen tuotteen toimittamista asiakkaalle. Tuloksista ja toimenpiteistä, jotka liittyvät hyväksyntään tulee ylläpitää tallenteita. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

Suunnitteluun ja kehittämiseen liittyvät muutokset tulee tunnistaa ja niistä tulee tehdä tallenteita ja ylläpitää niitä. Muutokset pitää katselmoida, todentaa ja hyväksyä ennen muutoksien toteuttamista. Katselmuksissa tulee arvioida eri muutoksien vaikutuksia tuotteeseen, myös jo toimitettuun tuotteeseen. Katselmusten tuloksista ja toimenpiteistä pitää tehdä sekä ylläpitää tallenteita. (SFS-EN ISO 9001, hakupäivä 24.10.2014.)

5 TUOTESUUNNITTELUN TEORIA

5.1 Suunnittelutyö ja toimintaympäristö

Suunnittelutyössä yksilön alitajunnan merkitys on ratkaisevassa roolissa. Suunnitteluryhmällä ei ole yhteistä alitajuntaa, joten se on vain yksilön ominaisuus. Ryhmän jokaisella yksilöllä on oma ajatusmaailmansa, joka toimii alitajunnan mukaisesti. Silloin, kun ryhmän halutaan toimivan yhdessä ja pyrkivän yhteisen tehtävän ratkaisuun, täytyy sillä olla opittu kommunikaatiomenettely. (Tuomaala 1995, 44.)

Suunnittelu on yleensä tietoista pohdiskelua eri menetelmien avulla ja mm. logiikan ja eri matemaattisten menetelmien käyttöä. Ne ovat työvälineitä suunnittelutyöhön ja lopullinen työ ja lopputulos muotoutuvat vain piirtäjän ja piirretyn aineiston välillä. On hyvä huomata, että vain piirtämällä voidaan suunnitella, ei laskemalla, puhumalla tai kritisoimalla. Voidaankin sanoa, että suunnittelija keskustelee piirroksensa kanssa ja antaen oman näkemyksensä piirtämällä lisää viivoja piirroksensa. (Tuomaala 1995, 44.)

Tärkeää on suunnittelijan kannalta, että ympäristö on toimiva. Tämä tarkoittaa, että suunnittelu voidaan suorittaa riittävän tarkasti ja helposti. Suunnittelijalla on myös käytössä vanhoja kuvia aikaisemmista konstruktioista ja piirustusten säilyttäminen, ja kopiointi on tarkoituksenmukaisesti järjestetty. (Tuomaala 1995, 44.)

Tämän päivän suunnitteluympäristö huomioi suunnittelijalle rauhallisen ja häiriöttömän työtilan. Toistuvat ylimääräiset häiriöt katkaisevat helposti ajatuksen ja se voi lisätä virheen mahdollisuutta. Hyvin suunniteltu työtila tukee suunnittelijoiden välistä kommunikointia siten, ettei yksittäinen työntekijä häiriinny muiden kommunikoinnista. Suunnittelijan työtä tukee myös se, että aikaisempien konstruktioiden ja piirustusten säilytys on yleensä sähköisessä muodossa, joten tarvittavat tiedot ovat helposti suunnittelijan käytettävissä. Tällöin suunnittelijan ajankäyttö kohdistuu suunnittelutyöhön, eikä esimerkiksi materiaalin hakemiseen arkistosta.

5.2 Suunnitteluprosessi

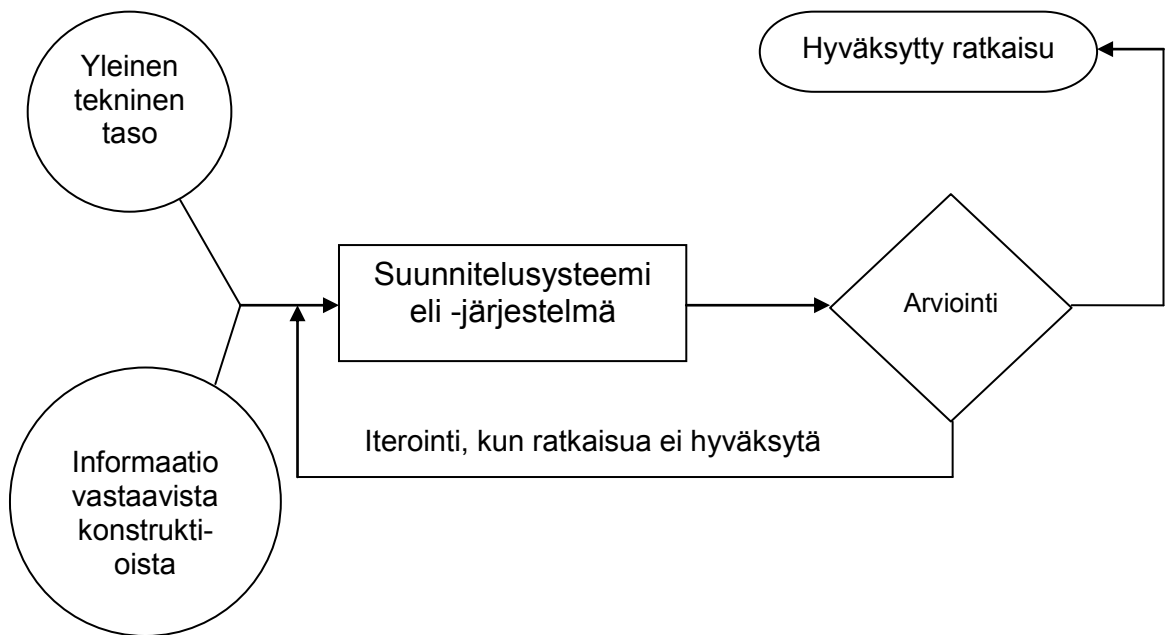
Yleisesti voidaan todeta, että tuotesuunnittelulla tarkoitetaan tuoteohjelman suunnittelua, josta seuraa konstruktioiminnan sekä tuotteen tuotantotekninen suunnittelu. Tähän sisältyy tuotteen konstruointi, jossa määritellään tuoteehdotus vaatimusten mukaan toimivaksi tuotteeksi. (Huhtala, Makkonen, Ojanen & Rusanen 1987, 7.)

Suunnittelu ja sen filosofian peruskäsitteet perustuvat yleensä kokemusperäiseen tietoon ja aikaisempaan suunnittelutoimintaan, jota voidaan pitää oikeana. Aina näitä tietoja ei logiikan avulla pystytä todentamaan, koska peruskäsitteet ovat subjektiivisia ja perustuvat suunnittelijan henkilökohtaiseen kokemukseen ja mielipiteisiin. Vaikka on mahdollista, että tuotesuunnittelun filosofia rakentuisikin subjektiivisille peruskäsitteille, tulee valitun ratkaisumallin olla looginen, eivätkä suunnitteluperiaatteet saa olla ristiriidassa keskenään. (Huhtala ym. 1987, 10.)

Kuviosta 6 on nähtävissä esimerkki eräästä tuotesuunnitteluprosessista. Suunnitteluprosessi etenee kuvan mukaisesti: Suunnittelija omaa jonkin asteisen teknisen tietämyksen ja kokemuksen tason, jonka perusteella tuotesuunnitteluprosessi lähtee liikkeelle. Samalla suunnittelija hyödyntää aikaisempia konstruktioita ja myös omaa kokemusta suunniteltavasta tuotteesta.

Edellä mainittujen seikkojen perusteella suunnittelujärjestelmä tuottaa eri ratkaisuvaihtoehtoja suunnitteluratkaisuksi. Niitä arvioidaan sylinterin suunnittelu- ja tuotannollisuuskatselmuksissa tuotteelle asetettujen vaatimusten mukaisesti.

Mikäli ehdotettu ratkaisu ei täytä tuotteelle asetettuja vaatimuksia, iteroidaan, kunnes saadaan sellainen ratkaisu aikaan, joka täyttää tuotteelle asetetut vaatimukset ja arvostelukriteerit täyttyvät. Tällä suunnitteluprosessilla saavutetaan hyväksytty ratkaisu.



Kuvio 6. Tuotesuunnitteluprosessi vaihetasolla (Huhtala ym. 1987, 9)

5.3 Luova suunnittelu

Luovassa suunnitteluprosessissa ei liene kysymys vain yhdestä prosessista vaan yleensä ongelman ratkaisuun liittyviä useita prosesseja. Luova prosessi on sekä yksilön että ryhmän toimintaa, joka sisältää usein seuraavia vaiheita:

- esisuunnitteluvaihe eli valmisteluvaihe, siinä pyritään havainnoimaan ongelmat ja kerätään niihin liittyviä tietoja
- kehitysvaiheessa ongelmia käsitellään tietoisesti sekä alitajuisesti
- keksimisvaiheessa voidaan saada ratkaiseva ajatus hyvin äkillisesti
- toteutus. (Huhtala ym. 1987, 10.)

Eri prosessien vaiheet eivät seuraa toisiaan välttämättä edellä mainitulla tavalla ja järjestyksessä. Tällöin ei ole syytä myöskään painottaa luovan työskentelyn jakamista eri vaiheisiin, vaan tärkeätä olisi oppia lähestymään ongelmia psykologiselta kannalta. (Huhtala ym. 1987, 10.)

Ajatustoiminta voidaan jakaa kolmeen tasoon:

- **Tietoinen taso**, siinä tieto on käytettävissä välittömästi. Tällä tasolla ajattelu on analyyttistä ja loogista.
- **Alitajunta**, sieltä löytyy muistitieto aikaisemmista kokemuksista, eikä se ole käytettävissä välittömästi.
- **Esitajunta**, jonka tehtävänä on välittää tietoa tietoisien tason ja alitajunnan välillä. (Huhtala ym. 1987, 10.)

Tajunnan tasot "keskustelevat" keskenään, tietoinen taso tulkitsee alitajunnan viestejä monesti liian rationaalisesti. Tässä kohtaa esitajunnan taso astuu mukaan ja se toimii suodattimena alitajunnan jopa "villeille" ideoille. Kokemus ja ikä vaikuttavat suodattimen toimintaan, sen tehokkuus kasvaa. Asioita jätettäessä hautumaan, työskentelevät esi- ja alitajunta edelleen, joten asioille voi löytyä uusia ratkaisuja. (Huhtala ym. 1987, 10.)

5.4 Systemaattinen suunnittelu

Systemaattista työskentelyä suositaan lähinnä sen hallittavuuden takia. Siinä aikataulu, resurssit ja tulokset voidaan suunnitella paremmin kuin luovassa suunnitteluprosessissa. Systemaattinen suunnittelu on järjestelmällistä toimintaa ja siinä saattaa tulla uusia tuotteita suunniteltavaksi jatkuvasti ja yleensä ne ovat aikataulutettuja. (Huhtala ym. 1987, 12.)

Systemaattiseen suunnitteluun on kehitetty eri menetelmiä ja ne ovat diskursiivisia, eli ne noudattavat tiettyä ajatusketjua vaihe vaiheelta. Tarkoituksena on saada työprosessi mahdollisimman aukottomaksi tehtävän annosta aina työpöytärustuksiin saakka. Diskursiivinen ajattelu ja sen toiminta korostaa ammatillista kokemusta. Systematiikan tehtävänä on ohjata suunnittelijan ajattelua, jotta hän voi siirtyä seuraavaan vaiheeseen vapauttaen hänen ajatuksensa jo tehdyistä päätöksistä. (Huhtala ym. 1987, 12.)

Systemaattisen suunnittelun vaiheita voivat olla esimerkiksi:

- Ongelmakohtien huolellinen analysointi
- tuotteen päätoimintojen jakaminen osatoimintoihin, joille etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja
- eri osaratkaisujen yhdistäminen kokonaisratkaisuksi
- käyttämällä arvostelutekniikoita hyväksi lopullisen valinnan tekemiseen.
(Huhtala ym. 1987, 12.)

On syytä muistaa, että systemaattiset ratkaisut eivät aukottomasti johda oikeaan ja hyvään suunnitteluratkaisuun. Niissä piilee mekanisoidumisen vaara, vaikka ne helpottavat suunnittelutyötä. Systeemillä luodaan vain suunnitteluprosessin runko ja sillä voidaan varmistua, että kaikki halutut tekijät otetaan huomioon suunnitteluprosessissa. Lisäksi on hyvä korostaa myös luovan suunnittelun merkitystä. (Huhtala ym. 1987, 12.)

6 SYLINTERIN SUUNNITTELUN KESKEISET OSA-ALUEET

6.1 Tuotespesifikaatio

Hydraulisyylinterin suunnittelu alkaa lähtötietojen tarkastelulla, jota kutsutaan myös tuotespesifikaatioksi. Siinä on määritelty halutut ominaisuudet sylinterille. Tuotespesifikaation perusteella valitaan käyttötarkoitukseen sopiva sylinterityyppi. Tuotespesifikaatio voi tulla asiakkaalta. Siinä on määritelty asiakkaan vaatimukset tietyistä ominaisuuksista sylinterille. Mikäli asiakas ei ole määritellyt tuotespesifikaatiota, niin yleensä sylinterin toimittaja tekee sellaisen. Tarkoituksena on varmistua siitä, että asiakas saa juuri oikeaan käyttötarkoitukseen sopivan sylinterin, jossa on huomioitu kaikki ne vaatimukset, joita sylinteriin kohdistuu. Alla on esimerkki tuotespesifikaatiosta.

Alla oleva tuotespesifikaatio on yleinen, eikä kovin tarkka sylinterin toiminnan kannalta. Siinä ei ole otettu huomioon käyttöolosuhteita tai muita erityisvaatimuksia, kuten esimerkiksi maalikalvon paksuutta.

Esimerkki sylinterin tuotespesifikaatiosta:

- käyttöpaine 25 MPa
- testauspaine 37.5 MPa
- suunnittelupaine 25 MPa
- käyttölämpötila -30 °C...+80 °C
- käyttökohde kauhan sylinteri
- paineväliaine mineraaliöljy
- sylinterin tyyppi kuvan 23 mukainen
- rakennemitta L_{min} 900 mm
- iskun pituus 600 mm
- tarvittava voima + puoli 125 kN
- tarvittava voima – puoli 75 kN
- mäntä Ø80 mm
- varsi Ø50 mm
- tiivistys varrella kaksoistiivisterakenne, polyuret.

- liikenopeus 0.5 m/s
- pintakäsittely RAL 7024
- lisätiedot -

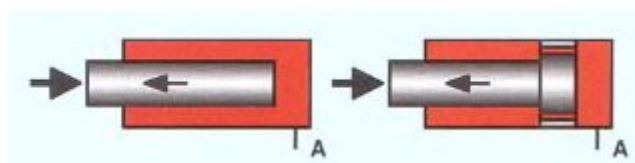
6.2 Katsaus sylinterityyppeihin

Sylinterin tyyppin valintaan vaikuttaa sylinterin käyttökohde ja muut sylinterille asetetut vaatimukset. Sylinterit voidaan jakaa niiden toiminnan mukaan, joko **yksitoimisiin** tai **kaksitoimisiin** sylintereihin.

6.2.1 Yksitoimiset sylinterit

Yksitoimisissa sylintereissä voima vaikuttaa vain yhteen suuntaan ja niiden rakenteesta johtuen saadaan työntö- tai vetovoima aikaiseksi. Sylinterissä on tyyppillisesti vain yksi öljyliitännä ja toisessa kierrelitännässä huohotin. Työntävänä sylinterinä voiman suuruuteen vaikuttaa männän pinta-ala ja vetävänä sylinterinä männän- ja varren pinta-alat.

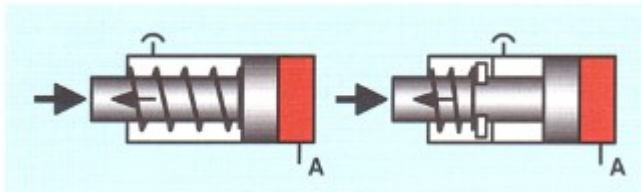
Uppomäntäsylinterit (kuva 1) ovat myös yksitoimisia ja voiman suuruuteen vaikuttaa varren pinta-ala. Yksinkertaisen rakenteen ansiosta ne ovat toimintavaroja sylintereitä. Yksitoimisia- ja uppomäntäsylintereitä käytetään yleensä mm. erilaisissa tunkeissa. Näissä sylintereissä männän palautus tapahtuu, männän ja varren oman painon avulla tai ulkoisen voiman avulla. (Exner, Freitag, Geis, Lang, Oppolzer, Schwab, Sumpf, Ostendorf & Reik 1991, 123.)



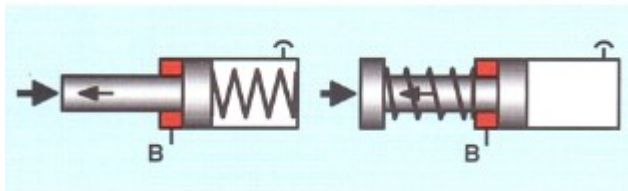
Kuva 1. Uppomäntäsylinteri (Exner ym. 1991, 124)

Jousipalautteisten (kuvat 2 ja 3) sylinterien käyttö rajoittuu yleensä sovelluksiin, joissa ei ole sylinterin varrelle erikseen palauttavaa voimaa. Jousipalautusta

käytetään yleensä pienissä lyhytiskuisissa sylintereissä, joissa voiman tarve on vähäinen sylinterin iskun palauttamiseen. Jousipalautteiset sylinterit soveltuvat mm. erilaisten lukitusten tekemiseen.



Kuva 2. Jousipalautteinen työntösylinteri; vasen sylinteri sisäisellä jousella ja oikea ulkoisella jousella toteutettuna (Exner ym. 1991, 124)

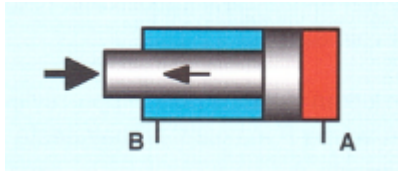


Kuva 3. Jousipalautteinen vetosylinteri; vasen sylinteri sisäisellä jousella ja oikea ulkoisella jousella toteutettuna (Exner ym. 1991, 124)

6.2.2 Kaksitoimiset sylinterit

Kaksitoimisessa sylinterissä on molemmilla puolilla (+ ja -) joko samansuuruiset tai erisuuruiset pinta-alat, nämä pinta-alat vaikuttavat vastakkain. Sylinteriä voidaan käyttää veto- tai puristussuuntiin syöttämällä nesteen paine eri liitäntäportteihin (A tai B). (Exner ym. 1991, 124.)

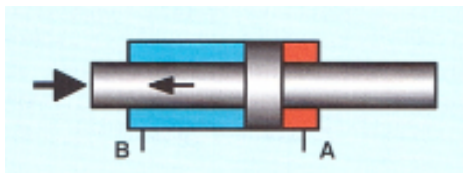
Kaksitoimisia sylintereitä käytetään hyvin monissa sovellusryhmissä ja ne jaetaan differentiaali- ja symmetrisiin sylintereihin. Yleisimmin eri sovelluksissa käytetään differentiaalisylintereitä (kuva 4), jossa on yksi männänvarsi ja siten erisuuruiset pinta-alat A + ja B – puolella. (Exner ym. 1991, 124.)



Kuva 4. Differentiaalisylinteri (Exner ym. 1991, 124)

6.2.3 Symmetrinen sylinteri

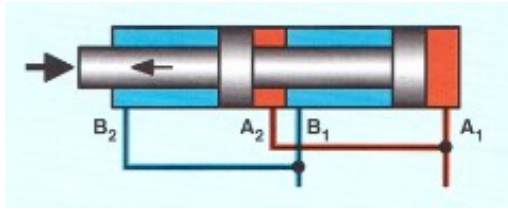
Symmetrisissä sylintereissä (kuva 5) on männän molemmin puolin varsi, joten männän molemmilla puolilla on samat pinta-alat ja siten myös samalla paineella saavutettava voima on sama. Erikoissovelluksissa voidaan myös käyttää eri halkaisijoilla olevia männänvarsia, joten silloin myös pinta-alat ja voimat ovat eripuolilla sylinteriä erilaiset. (Exner ym. 1991, 125.)



Kuva 5. Symmetrinen sylinteri (Exner ym. 1991, 125)

6.2.4 Tandemsylinteri

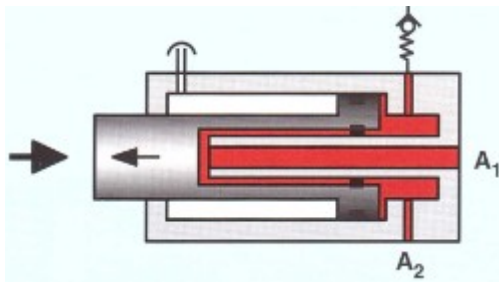
Erikoissylintereitä joudutaan käyttämään esimerkiksi tilahtauden tai alhaisen käytössä olevan paineen takia. Kaksitoimisessa tandemsylinterissä (kuva 6) on kaksi sylinteriä peräkkäin. Sylinterillä saavutetaan myös kahden sylinterin voima, ilman että halkaisijoita kasvatetaan. Sylinteri soveltuu paikkoihin, joissa tarvitaan paljon voimaa mutta sylinterin rakennepituus ei ole este. (Exner ym. 1991, 125.)



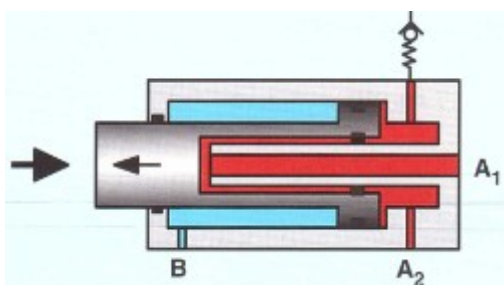
Kuva 6. Tandemsylinteri (Exner ym. 1991, 125)

6.2.5 Pikaliikesylinterit

Pikaliikkeisiä sylintereitä (kuvat 7 ja 8) käytetään mm. puristimissa tai muissa sovelluksissa, joissa tarvitaan nopeahkoa asetusnopeutta (A_1). Pikaliikkeessä paine vaikuttaa vain osalle tehollista pinta-alaa. Pikaliike tapahtuu, kun sylinterin sisätilavuus täyttyy nopeasti öljyllä. Tarvittaessa koko pinta-ala / puristusvoima käyttöön saadaan koko tehollinen pinta-ala käyttöön mm. paineventtiilien ja ohjausjärjestelmän avulla (A_2). (Exner ym. 1991, 125.)



Kuva 7. Yksitoiminen pikaliikesylinteri (Exner ym. 1991, 126)



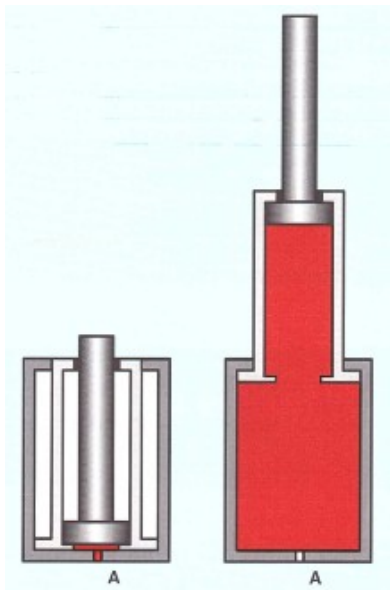
Kuva 8. Kaksitoiminen pikaliikesylinteri (Exner ym. 1991, 126)

6.2.6 Teleskooppisylinteri

Teleskooppisylinterit eroavat nk. tavallisista sylintereistä siten, että varsi muodostuu kahdesta tai useammasta sisäkkäin olevasta varsi / sylinteri-mäntä yhdistelmästä. Eri varsien sisällä on erikokoiset männät. Lisäksi teleskooppisylinterillä on pieni rakennemitta verrattuna tavallisiin sylintereihin. Riippuen teleskooppisylinterin rakenteesta, sen rakennemitta on noin neljäsosa sen iskunpituudesta. Tavallisessa sylinterissä rakennemitta on noin kolmasosa iskunpituudesta, riippuen sylinterin iskunpituudesta ja rakenteesta. (Exner ym. 1991, 126.)

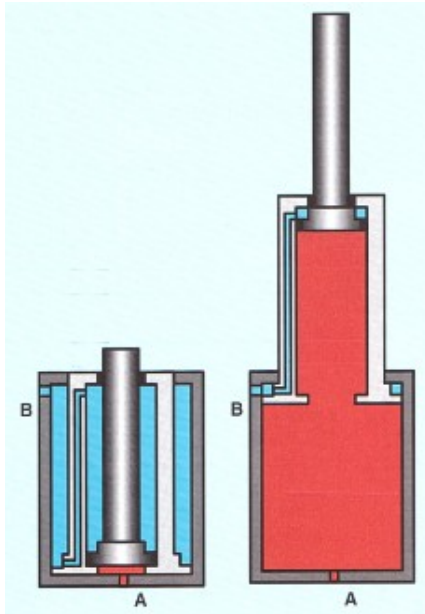
Tuotaessa männille nestepaine liitäntäaukon "A" kautta, suorittaa sylinterin varsi-mäntä työliikkeet vuoron perään suurimman tehollisen pinta-alan mukaisesti. Suunniteltaessa teleskooppisylinterin voimantuottoa, täytyy huomioida, että sylinterin tuottama voima lasketaan pienimmän pinta-alan mukaisesti. (Exner ym. 1991, 126.)

Yksitoiminen teleskooppisylinteri (kuva 9) soveltuu sellaisiin sovelluksiin joissa, sylinterin nostama kuorma palauttaa sylinterin takaisin (–) -asentoon, koska paine vaikuttaa vain (+) -puolelle. (Exner ym. 1991, 125).



Kuva 9. Yksitoiminen teleskooppisylinteri (Exner ym. 1991, 125)

Kaksitoimisen teleskooppisylinterin (kuva 10) työliike toimii samalla tavalla, kun yksitoimisessa teleskooppisylinterissä. Sylinterin varsien paluuliikkeiden järjestys riippuu ulkoisesta voimasta ja rengaspinta-alojen suuruuksista. Mäntä jolla on suurin rengaspinta-ala, palautuu paluuliike ensimmäisenä, kun paluuliikkeen porttiin (B) syötetään nestepaine. (Exner ym. 1991, 125.)



Kuva 10. Kaksitoiminen teleskooppisylinteri (Exner ym. 1991, 127)

Yleisesti voidaan todeta, että yleisin sylinterityyppi on kaksitoiminen sylinteri yksipuolisella männänvarrella. Sylinterin yksinkertainen rakenne ja sitä kautta hintataso mahdollistaa sen käytön monissa eri sovelluksissa. Sylinterityypin valintaan vaikuttaa aina sylinteriltä halutut ominaisuudet ja käyttökohteen vaatimukset.

6.3 Sylinterityypin valinta

Sylinterityypin valinta voi perustua esimerkiksi standardien SFS ISO 6020 (16 MPa) tai SFS ISO 6022 (25 MPa) mukaiseen mitoitukseen, riippuen sylinterille mitoitettusta voiman tarpeesta. Standardissa määritellään mm.:

- sylinterin sisähalkaisijat (50, 63, 80, 100, 125, 200, 250, 320, 400, 500)

- männänvarsien halkaisijat (32 - 360)
- sylinterin mitoitus
- sylinterin kiinnitystavat
 - männänvarren kierteet
 - pohjan kiinnitystavat. (SFS ISO 6022, hakupäivä 11.10.2013.)

6.4 Sylinterin paineet

6.4.1 Nimellis- ja käyttöpaine

Sylinterin nimellispaine voi olla määriteltyä asiakkaan laitteiston mukaisesti tai se olla määritelty myös sylinterin rakenteen mukaisesti. Tärkeintä onkin, että paine on selvillä ennen suunnittelun aloittamista. Hydraulikka- ja pnematiikkasynterien nimellispaineet löytyvät standardista SFS 3957. Standardin määritelmän mukaan: Nimellispaine on järjestelmän tai laitteen suurin sallittu käyttöpaine. Alla olevassa taulukossa 3 on otteita nimellispaineista standardin SFS 3957 mukaisesti.

Taulukko 3. Otteita standardista SFS 3957. Nimellispaineet. (SFS 3957, 1977. Hydraulikka- ja pneumatiikkasynterit)

- 1,6 MPa	- 2,5 MPa
- 4 MPa	- 6,3 MPa
- 10 MPa	- 16 MPa
- 25 MPa	- 40 MPa

Pneumatiikkasynterien paineet rajoittuvat yleensä 1 MPa. Hydraulisynterien paineet ovat teollisuudessa 16 - 25 MPa. Mobiilihydraulikassa (työkoneet) synterien työpaineet ovat yleensä korkeampia 25 - 40 MPa.

6.4.2 Suunnittelupaine

Suunnittelupaineella tarkoitetaan sitä painetta, mihin sylinterin mitoitus perustuu. Eli sylinterin eri komponenttien on kestettävä laskennallisesti suunnittelu-

paineen asettamat vaatimukset. Yleensä suunnittelupaineessa huomioidaan järjestelmässä sekä toimilaitteessa mahdollisesti esiintyvät painepiikit että ulkoisien kuormien aiheuttamat paineen nousut. Suunnittelupaine voi määräytyä myös asiakkaan laitteiston tai siihen liittyvän standardin mukaan.

6.4.3 Testauspaine ja painetesti

Testauspaineella nimensä mukaisesti halutaan testata ja varmistua sylinterin toiminnasta. Testauspaineen määrittelyssä voidaan käyttää sopivaa kerrointa, riippuen sylinterille asetetuista vaatimuksista. Yleisesti on käytössä 1,25 tai 1,5 x suunnittelupaine. Mikäli sylinterin spesifikaatiossa ei ole määritelty erikseen suunnittelupainetta, käytetään lähtökohtana sylinterin nimellispainetta.

Hydraulisyylinterin painetesti tehdään yleensä sylinterin kokoonpanon yhteydessä paineistamalla sylinterin + ja – -puoli erikseen öljyllä. Sylinterin ollessa paineistettu, tarkastetaan, ettei sylinterissä ole ulkoisia öljyvetoja. Tarkemmilla testauslaitteistoilla voidaan testata myös sisäisiä vuotoja, kuten esimerkiksi männäntiivisteiden läpivuotoa. Samalla tarkastetaan sylinterin + ja – -liikkeet ja mahdollisen vaimennuksen toiminta.

Painetestissä tarkasteltavia asioita ovat mm.:

- sylinterin hitsausliitosten vuotamattomuus
- tiivisteiden toimivuus (vuoto)
- sylinterissä olevien kiinteiden vaimennusten toimivuus
- sylinterin + ja – -liikkeet
- mahdollisten muiden sylinteriä ohjaavien venttiilien toiminta, jotka on asennettu sylinteriin kiinteästi.

6.5 Sylinterin kokoluokan valinta

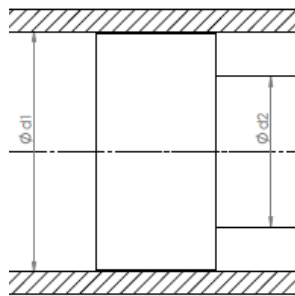
Sylinterin kokoluokan valintaan (männän- ja varren halkaisijat) vaikuttavat mm. seuraavat seikat:

- käytettävä työpaine
- tarvittava voima (+ ja – -suunnat)
- iskun pituus (nurjahduspituus)
- laitteiston tila sylinterille
- sylinterin paino.

6.5.1 Sylinterin- ja männänvarrenhalkaisija

Ensisijaisesti sylinterin- ja männänvarrenhalkaisijat määräytyvät tarvittavan voimantarpeen mukaisesti. Pitkällä iskulla tai pitkällä männänvarrella olevien sylintereiden varren nurjahduskestävyys on myös määräävä seikka varren halkaisijaa määriteltäessä. Kuvassa 11 on määritelty sylinterin männän halkaisija d_1 ja varren halkaisija d_2 . Taulukossa 4 on määritelty männän halkaisijoita standardin SFS 3958 mukaisesti ja taulukossa 5 on männänvarren halkaisijoita standardin SFS 3958 mukaisesti.

Sylinterin männän- ja varren halkaisijat hydraulikka- ja pneumatiikkasylintereille on esitetty standardissa SFS 3958. (SFS 3958, hakupäivä 11.10.2013.)



d_1 = sylinterin halkaisija, d_2 = männänvarren halkaisija

Kuva 11. Sylinterin sisä- ja varren ulkohalkaisijat (d_1 ja d_2)

Taulukko 4. Otteita standardista SFS 3958, sylinterin halkaisijat mm. (SFS 3958, hakupäivä 11.10.2013)

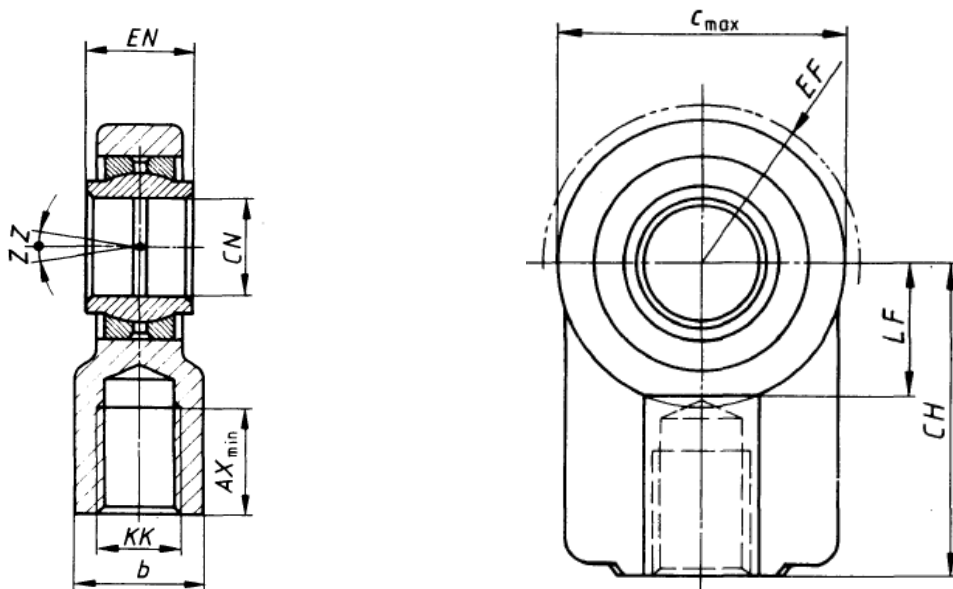
d ₁	-	-	-	-	-	-	-	32	40	50
	63	80	100	125	160	-	-	-	-	-

Taulukko 5. Otteita standardista 3958, männänvarren halkaisijat mm. (SFS 3958, hakupäivä 11.10.2013)

d ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	18	20	22	25
	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
	110	125	140	160	-	-	-	-	-	-	-	-

6.5.2 Männänvarren pallonivelkiinnikkeet

Männänvarrelle on standardoitu pallonivelkiinnikkeet standardin SFS-ISO 6982 mukaisesti. Standardissa on määritelty kuvien 12 ja 13 mukaiset mitat.



Kuva 12. ja 13. Hydraulisyliinterin männänvarren kierteellinen pallonivelkiinnike. (SFS-ISO 6982, hakupäivä 11.10.2013)

6.6 Sylinterissä käytettäviä eri kierreratkaisuja

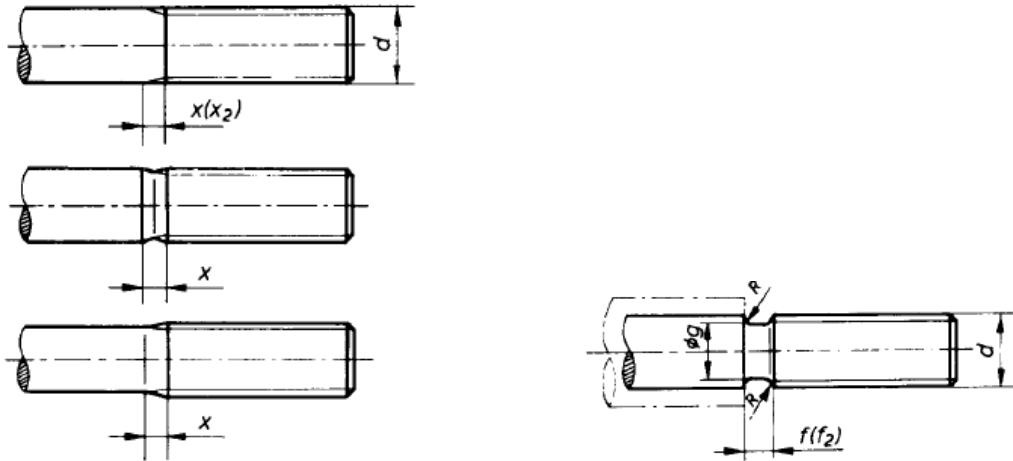
Kierteiden tekeminen standardin mukaisesti helpottaa laadunseurantaa ja yhtenäistää tuotteiden valmistamista. Lisäksi mm. alihankinnassa tehtävien tuotteiden valmistaminen ja laadunseuranta on yhtenäistä yrityksen oman tuotannon kanssa.

Sylinterin eri osissa on erilaisia kierrekiinnityksiä ja erikokoisia kierteitä kiinnityksissä. Metriset kierteet ovat tyypillisesti käytössä Euroopassa. Sylinterissä käytettäviä kierrekiinnityksiä ovat tyypillisesti mm.:

- männänkierre
- varren nivelsilmukan kierre
- öljyliitännöjen kierteet
- päätylaipan kiinnityskierre (ohjain)
- pohjalaipan kiinnityskierteet.

6.6.1 Kierteiden päätteitä ja pääteuria sekä niiden mitoitus

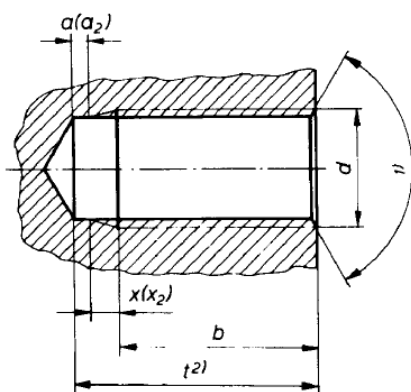
Kierteen pääte ja pääteuran mitoitus metrisille kierteille löytyy standardista SFS 2013. Standardissa on määritetty kierteiden päätteitä ja uran mitoituksia ulko- ja sisäpuolisille kierteille. Kuvissa 14 ja 15 on erilaisia kierteen päätteitä standardin SFS 2013 mukaisesti. Taulukossa 6 on pulttikierteen päätteitä standardin SFS 2013 mukaisesti. Kuvissa 16 ja 17 on kuvattu mutterikierteen pääte ja pääteura. Taulukossa 7 on otteita mutterikierteen päätteistä standardin SFS 2013 mukaisesti.



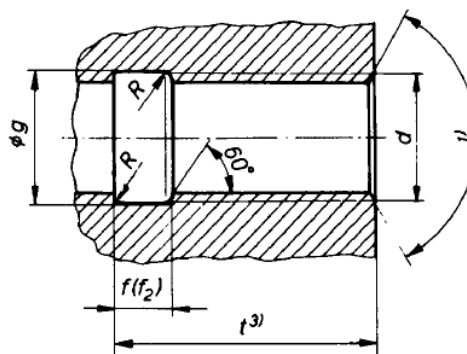
Kuvat 14. ja 15. Erilaisia kierteen päätteitä ja kierteen pääteura (SFS 2013, hakupäivä 15.1.2015)

Taulukko 6. Oteita standardista SFS 2013, pulttikierteiden päätteitä (SFS 2013, hakupäivä 15.1.2015)

Kierre		Kierteen päätte		Kierteen pääteura			
Kierteen nousu P	Vakiokierre	normaali x (≈2,5 P) maksimi	lyhyt x ₂ (≈1,25 P) maksimi	normaali f (≈3 P) maksimi	kapea f ₂ (2 P) maksimi	R (≈0,5 P) ≈	g .h 13
1,25	M8	3	1,6	3,8	2,5	0,6	d - 2
1,5	M10	3,5	1,8	4,5	3	0,8	d - 2,3
1,75	M12	4	2	5,3	3,5	1	d - 2,6
2	M14 M16	5	2,5	6	4	1	d - 3
2,5	M18 M20 M22	6	3	7,5	5	1,2	d - 3,6
3	M24 M27	7	3,5	9	6	1,6	d - 4,4
3,5	M30 M33	8	4	10,5	7	1,6	d - 5
4	M36 M39	10	5	12	8	2	d - 5,7
4,5	M42 M45	11	5,5	13,5	9	2	d - 6,4



Kierteen päätte.



Pääteura.

Kuvat 16 ja 17. Mutterikierteen päätte ja pääteura (SFS 2013, hakupäivä 15.1.2015)

Taulukko 7. Otteita standardista SFS 2013, mutterikierteiden päätteitä. (SFS 2013, hakupäivä 15.1.2015)

Kierre		Kierteen päätte				Kierteen päätteura			
Kierteen nousu P	Vakiokierre	normaali		lyhyt		normaali f (4 P)	kapea f_a (2 P)	R \approx	g H 13
		x (2 P) maksimi	a minimi	x_a ($\approx 1,5 P$) maksimi	a_a minimi				
1,5	M 10	3	2,5	2	1,6	6	3	1	$d + 0,5$
1,75	M 12	3,5	2,5	2,5	1,6	7	3,5	1	$d + 0,5$
2	M 14 M 16	4	2,5	3	1,6	8	4	1,2	$d + 0,5$
2,5	M 18 M 20 M 22	5	2,5	3,5	1,6	10	5	1,6	$d + 0,5$
3	M 24 M 27	6	2,5	4	1,6	12	6	2	$d + 0,5$
3,5	M 30 M 33	7	3	5	2	14	7	2	$d + 0,5$

6.6.2 Öljyliitännän kierteet

Sylinterissä käytettävissä öljyliitännöissä on yleisesti käytössä putkikierre, joka perustuu standardin SFS-ISO 228-1. Standardissa käsitellään putkikierteiden mitoitus, toleranssit ja nimeäminen. Taulukossa 8 on otteita standardin mukaisista putkikierteistä.

Taulukko 8. Otteita standardista SFS-ISO 228-1 (SFS-ISO 228-1, hakupäivä 27.10.2014)

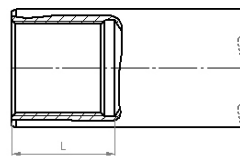
Designation of thread	Number of threads in 25,4 mm	Pitch P	Height of thread h	Diameters			Tolerances on pitch diameter ^{a)}					Tolerance on minor diameter		Tolerance on major diameter	
				major $d = D$	pitch $d_2 = D_2$	minor $d_1 = D_1$	Internal thread T_{D2}		External thread T_{d2}			Internal thread T_{D1}		External thread T_{d1}	
							Lower deviation	Upper deviation	Lower deviation Class A	Lower deviation Class B	Upper deviation	Lower deviation	Upper deviation	Lower deviation	Upper deviation
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1/2	14	1,814	1,162	20,955	19,793	18,631	0	+ 0,142	- 0,142	- 0,284	0	0	+ 0,541	- 0,284	0
5/8	14	1,814	1,162	22,911	21,749	20,587	0	+ 0,142	- 0,142	- 0,284	0	0	+ 0,541	- 0,284	0
3/4	14	1,814	1,162	26,441	25,279	24,117	0	+ 0,142	- 0,142	- 0,284	0	0	+ 0,541	- 0,284	0
7/8	14	1,814	1,162	30,201	29,039	27,877	0	+ 0,142	- 0,142	- 0,284	0	0	+ 0,541	- 0,284	0

6.6.3 Männänvarren kierteet

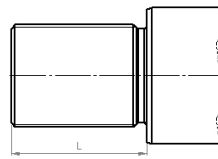
Standardissa SFS 4558 määritellään hydraulikka- ja pneumatiikkasynterien männänvarren kierteet. Männänvarren sisä- ja ulkokierre, jolla männänvarsi kiinnitetään sylinterin ulkopuoliseen osaan. Kuvissa 18, 19 ja 20 näkyy männänvarren sisä- ja ulkokierteitä, jolla sylinterin varsi kiinnitetään sylinterin ulkopuoliseen osaan. Taulukossa 9 on esitetty männänvarren kierteitä standardin SFS 4558 mukaisesti. (SFS 4558, hakupäivä 11.10.2013.)

Taulukko 9. Otteita standardista SFS 4558, männänvarrenkierteet sisä- ja ulko-
halkaisijat mm (SFS 4558, hakupäivä 11.10.2013)

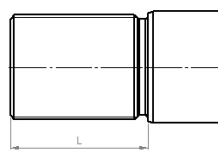
Kierre	Kierteen pituus	
	Lyhyt	Pitkä
M14 x 1,5	18	28
M16 x 1,5	22	32
M18 x 1,5	25	36
M20 x 1,5	28	40
M22 x 1,5	30	44
M30 x 2	40	60
M33 x 2	45	66
M36 x 2	50	72
M42 x 2	56	84
M48 x 2	63	96
M56 x 2	75	112
M64 x 3	85	128
-	-	-
M90 x 3	106	140
M100 x 3	112	128
M110 x 3	112	-
-	-	-
M125 x 4	125	-
M140 x 4	140	-
-	-	-



Kuva 18. Varren sisäkierre



Kuva 19. Varren olakkeellinen ulkokier-
re



Kuva 20. Varren ulkokierre

6.7 Sylinterin putki- ja varsimateriaaleja

Sylinterissä käytettävät materiaalien on hyvä perustua tiettyihin standardeihin, jotta tiedetään materiaalien mekaaniset ominaisuudet ja kemiallinen analyysi. Materiaalien ominaisuuksien tuntemusta tarvitaan mm. sylinterin mitoituslas-
kuissa ja hitsauksessa sekä arvioitaessa eri materiaalien soveltuvuutta käyttö-
kohteeseen ja sen ympäristöön.

6.7.1 Rullakiillotetut putket

Rullakiillotettuja sylinteriputkia löytyy mm. joko hitsatusta tai saumattomista put-
kista kylmävedettyinä, jotka ovat sisäpinnaltaan rullakiillotettua. Yleisimpiä sylin-
terissä käytettävistä putkimateriaaleista ovat mm. ohutseinäputket SFS-EN
10305-1 (Ø40 - 220 mm) tai 10305-2 (Ø40 - 200 mm), joka on hitsattu. Toimi-
tustilaksi voidaan valita (SR) jännityksenpoistohehkutettu kylmävetämisen jäl-

keen. Hitsattua sylinteriputkea käytetään yleensä pienissä käyttöpaineissa ja vähäisessä käytössä oleviin sylintereihin. Putkien sisähalkaisijan toleranssi on H9 / H10. (Polarputki www-sivut 2015, hakupäivä 17.1.2015.)

6.7.2 Kuumavalssatut putket

Kuumavalssattua saumatonta S355J2H EN10210-1 ja hoonattua sylinteriputkea käytetään yleensä meri, offshore ja muihin vaativiin kohteisiin. Pääsääntöisesti kuumavalssatut putkien mekaaniset ominaisuudet ovat heikompia, verrattuna kylmävedettyihin putkiin, mutta niiden mekaaniset ominaisuudet ovat hyvät kylmissä olosuhteissa. Esimerkiksi iskutkeyksissä päästään jopa 40 Jouleen -60 °C, kun kylmävedetyillä se on noin 27 Joulea -20 °C.

6.7.3 Varsimateriaaleja

Yleisesti käytetty materiaali männänvarsille on 20MnV6. Materiaalia löytyy kromattuna ja sitä saa eri korroosiovaatimuksilla. Normaali tehdaskromin paksuus on noin 25 - 30 µm ja pinnan kovuus 42 - 52 HRC. Materiaalimerkinnässä voidaan käyttää laatuvaatimuksena esimerkiksi 20MnV6 NSS 72h R9, joka tarkoittaa:

- 20MnV6 materiaali
- NSS (neutral spray test) suolasumutesti
- 72 h testin kesto aika
- R9 luokitus (0.1 % pinta syöpynyt).

Oheinen NSS suolasumu korroosio koe löytyy standardista SFS EN 9227. Korroosio kokeissa olleiden koekappaleiden ja valmiiden tuotteiden arviointi löytyy standardista SFS EN 10289.

Induktiokarkaisua käytetään männänvarsissa silloin, kun on mahdollista, että varsiin kohdistuu mm. ulkoisia iskuja. Materiaalin 38MnV6 pinnan kovuus on 55

- 60 HRC. Männänvarsissa käytetään myös ruostumattomia teräksiä esimerkiksi materiaalia EN 1.4460. Sillä on hyvät mekaaniset lujuus- ja korroosionkesto ominaisuudet ja sitä käytetäänkin yleisesti meripuolen sylintereissä. Myös lukuisia muita eri ruostumattomia teräksiä käytetään männänvarren materiaaleina. Käytettäessä ruostumattomia materiaaleja sylinterin männänvarsissa on taustalla usein korroosion vaatimus tietyssä toimintaympäristössä. Korroosio asettaa vaatimuksia käytettäville materiaaleille, joten suunnittelijan on tärkeää olla selvillä sylinterin käyttöympäristöstä.

Aina ei ole saatavilla tehdaskromattua männänvartta ja silloin joudutaan männänvarret pinnoittamaan kromilla erikseen. Korjaustoiminnassa varsien kromaus on hyvin yleistä. Varsien uudelleen kromaus on taloudellisesti kannattavaa isommissa kokoluokissa (yli Ø125 mm). Materiaali ja muita kromaukseen liittyviä asioita käsitellään standardissa SFS-EN ISO 6158.

6.7.4 Luokituslaitosten materiaalivaatimuksia

Luokituslaitos on merenkulun alalla toimiva yksityinen yritys. Luokituslaitosten tarkoituksena on määrittää aluksen turvallisuus ja merikelpoisuus. Sen tehtävänä on luokitella aluksia ryhmiin ja antaa niille luokituslaitoksen mukainen luokitustodistus.

Eri luokituslaitoksilla on hieman toisistaan poikkeavat vaatimuksensa sylinterin eri osille. Vaatimukset kohdistuvat mm. materiaalin mekaanisiin ominaisuuksiin eri lämpötiloissa, riippuen sylinterin käyttötarkoituksesta. Sylinteriputkelle on yleensä asetettu suurimmat vaatimukset (ainestodistus 3.2), mutta myös muiden paineenalaisten osien täytyy täyttää luokituslaitosten edellyttämät vaatimukset. Yleinen vaatimus materiaaleille on mm., että sen iskutkeys täytyy olla min. 27 J -20 °C. Luokituslaitoksia ovat mm. ABS (American Bureau of Shipping), BV (Bureau Veritas), DNV GL (Det Norske Veritas Germanischer Lloyd), LRS (Lloyds Register of Shipping), RS (Russian Maritime Register of Shipping)

6.8 Yleistoleranssit

Jokainen konesuunnittelija joutuu suunnittelutyössä määrittämään toleransseja ja ottamaan kantaa toleransseihin. Oikein määritellyt valmistustoleranssit mahdollistavat tuotteen tasaisen laadun ja valmistuskustannusten arvioimisen jo suunnitteluvaiheessa.

Toleranssiluokkaa valittaessa on myös huomioitava vastaavan tuotteen tavanomainen valmistustarkkuus. Mikäli joidenkin elementtien mittatarkkuusvaatimus on suurempi tai suuremmat toleranssit ovat sallittuja ja samalla taloudellisempia, täytyy toleranssit merkitä kyseisten nimellismittojen yhteyteen. (SFS 22768-1, hakupäivä 18.1.2015.)

Kaikilla kappaleiden yksityiskohdilla on koko ja geometrinen muoto. Kappaleen käyttötarkoitus asettaa rajoituksia mittojen poikkeamiin ja geometrisissa ominaisuuksissa (kappaleen muoto, suunta ja sijainti). Toleranssit tulisi esittää täydellisinä, jotta ei jää epäselvyyttä elementtien koon tai geometrian hallinnasta. Tällä varmistutaan siitä, ettei mikään edellä mainittu jää valmistuksen tai tarkastuksen arvioitavaksi. (SFS 22768-1, hakupäivä 18.1.2015.)

Standardi SFS-EN 22768-1 käsittelee yleistoleransseja, ilman toleranssimerkintää olevien pituus- ja kulmamittojen toleransseja. Standardi 22768-2 käsittelee yleistoleransseja, ilman toleranssimerkintää olevien elementtien geometrisia toleransseja. Sylinteri käyttötarkoituksesta riippuu sylinterin asennusmittojen toleranssi. Jotta sylinterin asennusmitoissa päästään haluttuun tarkkuuteen, täytyy sylinterin eri osien (mäntä, ohjain, varsi, vaimentimet) olla toleranssin vaatimassa tarkkuudessa. Lisäksi sylinterin toiminta vaatii eri osilta tarkkoja mitoitustoleransseja.

6.9 Sylinterin tiivistys ja uramitoitus

6.9.1 Männän- ja männänvarren tiivistys

Sylinterin männän ja männänvarren tiivistykseen löytyy valmiita tiivisteratkaisuja eri tiivistetoimittajilta erilaisiin käyttökohteisiin. Vaativissa käyttökohteissa sylinterin tiivistysratkaisu täytyy aina selvittää tarkasti. Tiivisteiden valintaan vaikuttaa mm. seuraavat asiat:

- sylinterin liikenopeus
- käyttö- ja suunnittelupaine
- sylinterin väliaine (hydraulineste, öljy, paineilma)
- käyttölämpötila
- sylinterin käyttöolosuhteet
- sylinteriin kohdistuvat sivuttaiskuormat.

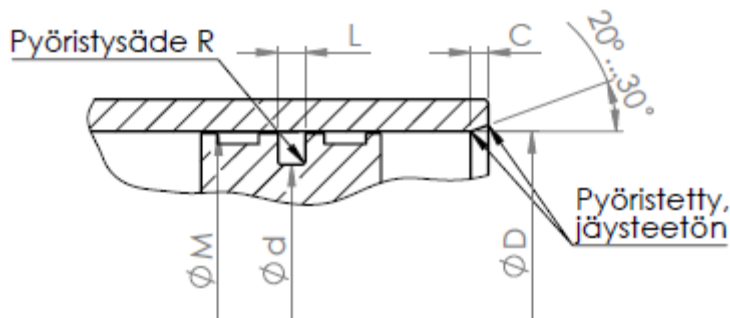
Yleisesti voidaan todeta, että suurta liikenopeutta (15 m/s), kulutusta ja suuria paineita (80 MPa) kestävät tiivisteiden materiaalit ovat teflonpohjaisia seoksia. Niiden haittapuolena on, että ne kestävätkä huonosti likaa ja epäpuhtauksia. Lisäksi niiden asentamisessa täytyy olla huolellinen ja asennustyöhön tarvitsee erikoistyökaluja, jotta vältetään tiivisteiden mekaanisilta vaurioilta. Sylinterin liikenopeus määräytyy kuitenkin sen rakenteen, käyttökohteen, tiivisteratkaisun ja käyttöpaineen mukaan.

Kumi- ja polyuretaanipohjaiset tiivisteet tiivistävät parhaiten vaihtelevilla ja pienillä paineilla. Ne eivät myöskään ole niin herkkiä vikaantumaan mekaanisesti asennusvaiheessa tai pienien likapartikkeleiden vaikutuksesta. Kumi- ja polyuretaanipohjaisten kulutuskestävyys ja liikenopeus eivät kuitenkaan yllä teflonpohjaisten tiivisteiden tasolle.

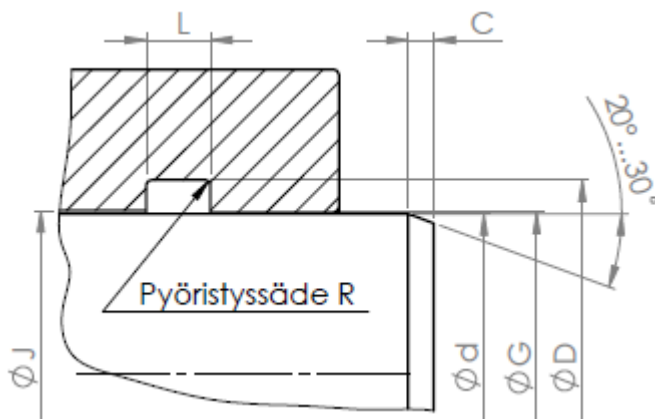
6.9.2 Tiivisteiden uramitoitus

Tiivisteiden uramitoituksesta on standardi SFS 5137, joka käsittää kaksitoimisten sylinterien männänvarren ja männän tiivisteiden urien mitat ja toleranssit. Standardissa käsitellään männänvarsien ($\varnothing 6 - 300 \text{ mm}$) ja mäntien ($\varnothing 16 - 400 \text{ mm}$) tiivisteurien mitoitusta. (SFS 5137, 1985. hakupäivä 11.10.2013.)

Alla olevista kuvista 21 ja 22 on havaittavaisissa mm. asennusviisteen astekulmat (C), tiivisteuran leveys (L) ja pohjan pyöristysäteet (R). Asennusviiste ja sen pyöristykset sekä jäysteettömyys ovat tärkeitä, ettei tiiviste rikkoudu asennuksen yhteydessä. Kaikki tiivistetoimittajat määrittelevät toimittamiensa tiivisteiden mitoituksen, asennusviisteet ja toleranssit, mutta pääsääntöisesti ne noudattavat standardoituja viisteiden kulmia, pituuksia ja toleransseja.



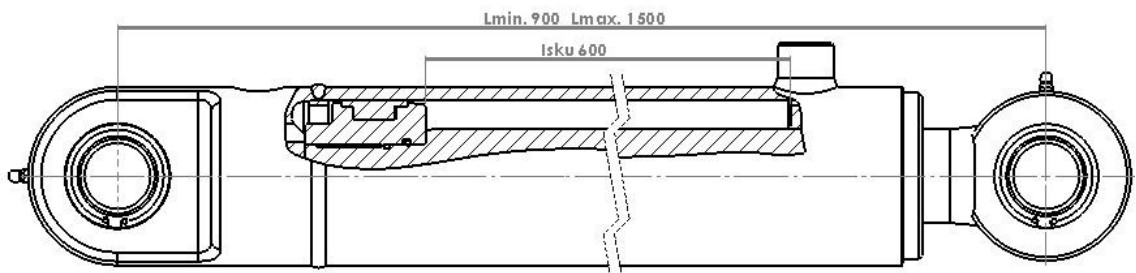
Kuva 21. Männän tiivisteura ja asennusviiste



Kuva 22. Männänvarren tiivisteura ja varren asennusviiste

6.10 Sylinterin rakennemitta ja iskunpituus

Yleensä rakennemitalla tarkoitetaan ns. nollamittaa, joka muodostuu sylinterin kokoluokasta, sylinterityypistä ja sylinteriin valituista komponenteista eli sylinterin kiinnitysmitta ilman iskun pituutta. Sylinterin iskun pituus tulee: liikkeen pituudesta, sylinterin $S_{\text{isku}} = L_{\text{max}} - L_{\text{min}}$. Kuvassa 23 on havainnollistettu minimi-, maksimi-, iskunpituuden mitat.



Kuva 23. Sylinterin minimi- ja maksimimitta sekä iskun pituus

6.11 Pintakäsittely

Sylinterissä käytettävien materiaalien korroosion suojaus on osa sylinterin suunnittelua. Korroosioherkkyyteen vaikuttaa lähinnä toimilaitteen käyttöympäristö ja eri metallien reagointi mm. ilman tai nesteen kanssa. Korroosiota aiheuttaa kemiallinen tai sähkökemiallinen reaktio, mutta myös ympäristöstä voi tulla kuluttavaa kuormitusta.

Teräksen suoja-pinnoitteiksi laitettujen maalien ja muiden vastaavien tuotteiden kestävyys vaikuttaa teräspinnan tila juuri ennen pintakäsittelyä. Tärkeimpiä tekijöitä suoja-pinnoitteen kestävyys ovat:

- maalattavan pinnan ruosteisuus ja valssihilse
- muut pinnalla olevat epäpuhtaudet, esimerkiksi suolat, pöly ja öljyt
- maalattavan pinnan muoto. (SFS-EN ISO 8504-2, hakupäivä 25.1.2015.)

Standardeissa ISO 8501, ISO 8502 ja ISO 8503 on eri menetelmiä edellä mainittujen suojapinnoitteen kestävyteen vaikuttavien tekijöiden arvioimiseen. Standardi ISO 8504 käsittelee ja ohjeistaa esikäsittelemenetelmiä, jotka mahdollistavat teräsalustan puhdistamisen. Lisäksi standardissa esitetään tietyn puhtaustason saavuttamismahdollisuudet menetelmäkohtaisesti. (SFS-EN ISO 8504-2, hakupäivä 25.1.2015.)

6.12 Asiakashyväksyntä

Asiakashyväksynnällä on tarkoitus varmistaa, että suunniteltu tuote täyttää asiakkaan määrittelemät vaatimukset. Asiakashyväksynnän pohjana on sylinterin valmistajan ja asiakkaan tuotespesifikaatio, joka on määritelty suunnittelun aloitusvaiheessa. Hyväksynnässä on hyvä varmistua, että siinä on mainittu mm. seuraavat kohdat:

- suunnittelu- ja käyttöpaine
- mahdolliset painepiikit
- sylinterin koko ja asennusmitat (mittapiirustus)
- käyttökohde ja sen mahdolliset erityishuomiot mm. käyttölämpötila
- pintakäsittely
- sylinterin keskimääräinen syklimäärä.

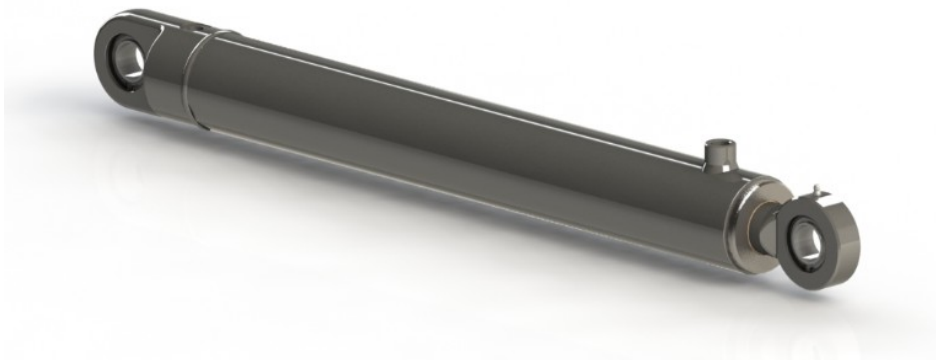
Jotkut vaatimukset ovat voineet jäädä huomioimatta tuotespesifikaatiossa tai ne ovat voineet muuttua tai tarkentua suunnittelun edetessä. Asiakashyväksyntä on syytä saada kirjallisena, jotta vältetään mahdollisilta epäselvyyksiltä.

7 SYLINTERIN MITOITUSESIMERKKI

Mitoituslaskuissa on käytetty esimerkksisylinteriä 80/50x600 (kuva 24). Sylinteri on nivellaakereilla varustettu kaksitoiminen sylinteri, joka on verrattain yleinen sylinterimalli rakenteeltaan. Sylinterin rakennemitat eivät perustu standardiin. Yleisesti sylinteriin kohdistuviin lujuustarkasteluihin vaikuttavat mm. seuraavat asiat:

- sylinterin tyyppi
- käyttöpaine
- käyttöolosuhteet
- sylinterin koko ja mitoitus
- muut sylinteriin kohdistuvat vaatimukset, mm. luokituslaitosten vaatimukset.

Yleisesti sylinterin mitoituslaskuissa käytetty varmuusluku standardisoiduille rakenneteräksille on 1.5 myötörajan suhteen (SFS-EN 1493 2011, 79). Laskentaesimerkin mitoituslaskuissa on käytetty DNV:n käyttämiä varmuuslukuja kaikille sylinterin osien materiaaleille. Sen mukaan varmuusluku myötölujuudelle R_e 1.8 ja murtolujuudelle R_e 2.7, joista valitaan pienemmän jännityksen tulos mitoituslaskentaan. Sylinterin mitoituslaskut ovat esimerkinomaisesti Det Norske Veritas Type Approval Programme No. 5-778.93 vaatimusten mukaisesti laadittu.



Kuva 24. Mitoituslaskuissa käytetty sylinteri

Esimerkkisylinteri 80/50x600:

- minimimitta 900 mm
- isku 600 mm
- mäntä Ø80 mm
- varsi Ø50 mm
- suunnittelupaine 25 MPa.

Mitoituslaskuissa on tarkasteltu alla olevat kohdat:

- putken seinämän mitoitus (luku 7.1)
- sylinteriputken ja ohjaimen kierteen mitoitus (luku 7.2)
- männän kierteen mitoitus (luku 7.3)
- nivellaakeripesän mitoitus (luku 7.4)
- männänvarren nurjahduskestävyys (luku 7.5)
- männänvarren ja nivellaakeripesän välinen hitsi (luku 7.6.)

7.1 Sylinteriputken seinämän mitoitus

Sylinteriputken seinämänvahvuus lasketaan kaavalla (1). Sylinteriputken materiaali on valittu standardin EN 10210-1, S355J2H mukaan. Sallittu jännitys putken materiaalille σ_t saadaan vertaamalla myötölujuutta $R_e / 1.8$ ja murtolujuutta $R_e / 2.7$, joista valitaan pienemmän jännityksen tulos mitoituskäyttöön (Standard for Certification No: 5-778.93, hakupäivä 5.1.2015).

Sylinteriputken seinämän paksuuden t laskenta kaavalla:

$$t = \frac{p \times R}{10 \times \sigma_t \times e - 0.5 \times p} + C \quad (1)$$

Missä:

t = seinämän paksuus [mm]

p = suunnittelupaine [bar]

R = sylinterin sisähalkaisijan säde [mm]

σ_t = sallittu jännitys [N/mm^2]

e = 1 hitsaamaton putki

c = korroosiovara 0.3 mm.

$$R_{\text{esall}} = 355 \text{ N}/\text{mm}^2 / 1.8 = 197 \text{ N}/\text{mm}^2$$

$$R_{\text{msall}} = 470 \text{ N}/\text{mm}^2 / 2.7 = 174 \text{ N}/\text{mm}^2. \quad (\text{SFS-EN } 10210-1, \text{ hakupäivä } 1.3.2015.)$$

$$t = \frac{250 \text{ bar} \times 40 \text{ mm}}{10 \times 174 \text{ N}/\text{mm}^2 \times 1 - 0.5 \times 250 \text{ bar}} + 0.3 \text{ mm} = 6.5 \text{ mm}$$

Tuloksena saadaan, että sylinteriputken minimi seinämän vahvuus on 6.5 mm, joten pienin mahdollinen ulkohalkaisija on $\varnothing 93$ mm. Valitaan sylinteriputken halkaisijaksi $\varnothing 95/80$.

7.2 Ohjaimen kierteen mitoitus

Männänvarren ohjain on kiinnitetty sylinteriputkeen M84x2 kierteellä. Kaavalla (2) saadaan tarkasteltua kierteeseen kohdistuva jännitys. Kaavalla (3) saadaan laskettua kierteeseen vaikuttava voima F . Tarkastelussa on ohjaimen materiaali SFS-EN 10025-2 S355J2, koska sen lujuusarvot ovat alemmat kuin putken materiaalin. Sallittu jännitys ohjaimen materiaalille σ_y saadaan vertaamalla myötölujuutta $R_e / 1.8$ ja murtolujuutta $R_e / 2.7$, joista valitaan pienemmän jännityksen tulos mitoituslaskentaan.

$$\sigma_t = \frac{1.03 \times F}{L \times (d - 1.23 \times n)} \leq \frac{\sigma_y}{1.8} \quad (2)$$

Kierteeseen vaikuttava voima F:

$$F = \frac{\pi \times p}{4} D^2 \quad (3)$$

$$F = \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} (80^2) \text{ mm} = 125664 \text{ N}$$

Missä:

σ_t = yhdistetty jännitys kierteessä

F = kierteeseen vaikuttava aksiaalinen voima [N]

L = kierteen tehollinen pituus [mm]

n = kierteen nousu [mm]

d = kierteen nimellinen mitta [mm]

σ_y = materiaalin minimi lujuus R_{sall} [N/mm²]

R_{esall} = sallittu jännitys $315 \text{ N/mm}^2 / 1.8 = 175 \text{ N/mm}^2$

R_{msall} = sallittu jännitys $470 \text{ N/mm}^2 / 2.7 = 174 \text{ N/mm}^2$. (SFS-EN 10025-2, hakupäivä 1.3.2015.)

$$\sigma_t = \frac{1.03 \times 125664 \text{ N}}{35 \text{ mm} \times (84 \text{ mm} - 1.23 \times 2 \text{ mm})} = 45.4 \text{ N/mm}^2 \leq 174 \text{ N/mm}^2$$

Tuloksena saadaan 45.4 N/mm^2 jännitys kierteeseen, joten ehto toteutuu.

7.3 Männän kierteen mitoitus

Männän kierteen kokoluokaksi on valittu M32 x 2. Kaavalla (4) saadaan kierteeseen vaikuttava aksiaalinen vetokuorma F_v ja yhdistetty jännitys σ_t kaavalla (5). Sallittu jännitys männän materiaalille σ_y saadaan vertaamalla myötölujuutta $R_e / 1.8$ ja murtolujuutta $R_e / 2.7$, joista valitaan pienemmän jännityksen tulos mitoitustalokentaan. Materiaali on valittu standardin SFS-EN 10025-2 S355J2 mukaan.

Kierteeseen vaikuttava aksiaalinen voima F_v :

$$F_v = \frac{\pi \times p}{4} D^2 - \frac{\pi \times p}{4} d^2 \quad (4)$$

$$F_v = \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} 80^2 (\text{mm}) - \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} 50^2 (\text{mm}) = 76576.3 \text{ N}$$

Missä:

σ_t = yhdistetty jännitys kierteessä [N/mm^2]

F_v = kierteeseen vaikuttava voima [N]

L = kierteen tehollinen pituus [mm]

n = kierteen nousu [mm]

d = kierteen nimellinen mitta [mm]

σ_y = materiaalin sallittu jännitys R_{esall} [N/mm^2]

p = sylinterin paine [MPa]

R_{esall} = sallittu jännitys $325 \text{ N}/\text{mm}^2 / 1.8 = 180 \text{ N}/\text{mm}^2$

R_{msall} = sallittu jännitys $470 \text{ N}/\text{mm}^2 / 2.7 = 174 \text{ N}/\text{mm}^2$. (SFS-EN 10025-2, hakupäivä 1.3.2015.)

Kierteeseen vaikuttava yhdistetty jännitys σ_t .

$$\sigma_t = \frac{1.03 \times F_v}{L \times (d - 1.23 \times n)} \leq \frac{\sigma_y}{1.8} \quad (5)$$

$$\sigma_t = \frac{1.03 \times 76576.3 \text{ N}}{35 \text{ mm} \times (32 \text{ mm} - 1.23 \times 2 \text{ mm})} = 89 \text{ N}/\text{mm}^2 \leq 174 \text{ N}/\text{mm}^2$$

Tuloksena saadaan $89 \text{ N}/\text{mm}^2$ jännitys kierteeseen, joten ehto toteutuu.

7.4 Nivellaakeripesien mitoitus

Nivellaakeripesän mitoitus saadaan laskettua kaavalla (6), jolla lasketaan valitun laakeripesän jännitys σ_t . Sylinterin tuottama vetovoima saadaan kaavalla (4). Saatua jännitystä σ_t verrataan materiaalin sallittuun jännitykseen σ_y . Sallittu jännitys σ_y saadaan vertaamalla myötölujuutta $R_e / 1.8$ ja murtolujuutta $R_e / 2.7$, joista valitaan pienemmän jännityksen tulos mitoituskäyttöön. Materiaali on valittu standardin SFS-EN 10025-2 S355J2 mukaan.

Laakeripesän jännitys σ_t :

$$\sigma_t = \frac{F_v}{T \times (D \times d)} \sqrt{\frac{D^2}{d^2} - \frac{D}{d} + 1} \leq \sigma_y \quad (6)$$

Missä:

F_v = sylinterin vetovoima [N]

T = laakeripesän leveys [mm]

D = laakeripesän ulkohalkaisija [mm]

d = laakerin ulkohalkaisija [mm]

σ_t = jännitys laakeripesälle [N/mm²]

σ_y = materiaalin sallittu jännitys R_{sall} [N/mm²]

$R_{esall} = 345 \text{ N/mm}^2 / 1.8 = 191 \text{ N/mm}^2$

$R_{msall} = 470 \text{ N/mm}^2 / 2.7 = 174 \text{ N/mm}^2$. (SFS-EN 10025-2, hakupäivä 1.3.2015.)

Sylinterin vetovoima F_v kaavalla 4.

$$F_v = \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} 80^2 (\text{mm}) - \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} 50^2 (\text{mm}) = 76576.3 \text{ N}$$

$$\sigma_t = \frac{76576.3 \text{ N}}{30 \text{ mm} \times (90 \times 55) \text{ mm}} \sqrt{\frac{(90^2) \text{ mm}}{(55^2) \text{ mm}} - \frac{90 \text{ mm}}{55 \text{ mm}} + 1} = 104.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\leq 174 \text{ N/mm}^2$$

Tuloksena saadaan 104.2 N/mm^2 jännitys nivellaakeripesään, joten ehto toteutuu.

7.5 Sylinterin varren halkaisija ja nurjahduskestävyys

Sylinterin nurjahduskestävyys perustuu suurelta osin varren halkaisijaan ja pituuteen, myös sylinterin kiinnityksellä on merkitystä nurjahduskestävyyteen. Esimerkkisylinteri on kiinnitetty nivellaakereista ilman tukia. Nurjahduslaskenta vastaa Eulerin tapaus n:o 2 kiinnityksen mukaista ratkaisua.

Putken neliömomentti I_p lasketaan kaavalla (7) ja varren neliömomentti I_v kaavalla (8). Sylinterin nurjahdusvoima N_E lasketaan kaavalla (9). Nurjahduksen kerrointa kuvaa Z , joka lasketaan kaavalla (10). Nurjahduksen varmuusluku saadaan kaavalla (11), joka saadaan vertaamalla nurjahdusvoimaa N_E ja sylinterin tuottamaa voimaa P_a (F).

Putken neliömomentti I_p :

$$I_p = \frac{\pi(D_u^4 - D_s^4)}{64} \text{ mm}^4 \quad (7)$$

Varren neliömomentti I_v :

$$I_v = \frac{\pi(d_u^4 - d_s^4)}{64} \text{ mm}^4 \quad (8)$$

Missä:

I_p = putken neliömomentti [mm^4]

I_v = varren neliömomentti [mm^4]

D_u = putken ulkohalkaisija [mm]

D_s = putken sisähalkaisija [mm]

d_u = varren ulkohalkaisija [mm]

d_s = varren sisähalkaisija [mm]

$$I_p = \frac{\pi(95_u^4 \text{ mm} - 80_s^4 \text{ mm})}{64} \text{ mm}^4 = 1987578.9 \text{ mm}^4$$

$$I_{v50} = \frac{\pi(50_u^4 \text{ mm} - 0_s^4)}{64} \text{ mm}^4 = 306796 \text{ mm}^4 \text{ (varsi } \emptyset 50)$$

$$I_{v45} = \frac{\pi(45_u^4 \text{ mm} - 0_s^4)}{64} \text{ mm}^4 = 201289 \text{ mm}^4 \text{ (varsi } \emptyset 45)$$

Sylinterin nurjahdusvoima N_E :

$$N_E = \frac{E \pi^2}{1000 \times L \times Z} \quad (9)$$

Missä:

E = kimmokerroin 206000 [N/mm²]

L = sylinterin maksimi pituus [mm]

L_1 = sylinterin putken pituus [mm]

L_2 = sylinterin maksimi varren pituus (isku ulkona) [mm]

N_E = nurjahdusvoima [kN]

P_a = sylinterin tuottama voima [kN]

Z = nurjahduksen kerroin

Nurjahdusvoima N_E varrelle $\emptyset 50$:

$$N_E = \frac{206000 \text{ N/mm}^2 \times \pi^2}{1000 \times 1500 \text{ mm} \times 0.002363642} = 573.44 \text{ kN}$$

Nurjahdusvoima N_E varrelle $\emptyset 45$:

$$N_E = \frac{206000 \text{ N/mm}^2 \times \pi^2}{1000 \times 1500 \text{ mm} \times 0.003360925} = 403.29 \text{ kN}$$

Nurjahduksen kerroin Z:

$$Z = \frac{L_1}{I_p} + \frac{L_2}{I_v} + \left(\frac{1}{I_v} - \frac{1}{I_p} \right) \times \frac{L}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{L_1}{L} \right) \quad (10)$$

Z kerroin varrelle Ø50:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{834 \text{ mm}}{1987578.9 \text{ mm}^4} + \frac{666 \text{ mm}}{306796.7 \text{ mm}^4} \\ &+ \left(\frac{1}{306796.7 \text{ mm}^4} - \frac{1}{1987578.9 \text{ mm}^4} \right) \\ &\times \frac{1500 \text{ mm}}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{834 \text{ mm}}{1500 \text{ mm}} \right) = 0.002363642 \end{aligned}$$

Z kerroin varrelle Ø45:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{834 \text{ mm}}{1987578.9 \text{ mm}^4} + \frac{666 \text{ mm}}{201289 \text{ mm}^4} \\ &+ \left(\frac{1}{201289 \text{ mm}^4} - \frac{1}{1987578.9 \text{ mm}^4} \right) \\ &\times \frac{1500 \text{ mm}}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{834 \text{ mm}}{1500 \text{ mm}} \right) = 0.003360925 \end{aligned}$$

Nurjahduksen varmuusluku saadaan vertaamalla nurjahdusvoimaa N_E ja sylinterin tuottamaa voimaa P_a :

$$\frac{N_E}{P_a} \geq 4 \quad (11)$$

Sylinterin tuottama voima saadaan kaavalla (3) P_a :

$$F = P_a = \text{sylinterin maksimi voima} = \frac{\pi \times p}{4} D^2 \quad (3)$$

$$P_a = \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} (80^2) \text{ mm} = 125.66 \text{ kN}$$

Nurjahduksen varmuusluku varrelle Ø50:

$$\frac{573.44 \text{ kN}}{125.66 \text{ kN}} = \mathbf{4.56}$$

Nurjahduksen varmuusluku varrelle Ø45:

$$\frac{403.29 \text{ kN}}{125.66 \text{ kN}} = \mathbf{3.21}$$

Nurjahdusvarmuuden mitoituksessa vertailtiin varsia Ø45 ja Ø50. Varrella Ø50 saatiin haluttu varmuusluku 4.56, joten kaavan (11) mukainen ehto nurjahdusvarmuudesta toteutui.

7.6 Varren ja nivellaakeripesän hitsiliitoksen mitoitus

Männänvarren ja nivellaakeripesän hitsin mitoitus lasketaan vetovoimalla. Mitoituksessa käytetään sylinterin vetovoimaa F_v , joka saadaan kaavalla (4). Hitsin leikkauspinta-ala A_L saadaan kaavalla (13). Hitsin sallittu jännitys σ_{sall} saadaan kaavalla (14), jota verrataan laakeripesän sallittuun jännitykseen σ_{sall} . Hitsin sallittu jännitys σ_{sall} saadaan vertaamalla laakeripesän myötölujuutta $R_e / 1.8$ ja murtolujuutta $R_e / 2.7$, joista valitaan pienemmän jännityksen tulos mitoitustalaskentaan.

Hitsin leikkauspinta-ala A_L :

$$A_L = \text{hitsin leikkauspinta } (d_2 - d_1) \text{ mm}^2 \quad (13)$$

Missä:

F_v = sylinterin vetovoima [N]

e = hitsin varmuusluku 0.7

d_1 = varren keskiosan halkaisijan pinta-ala [mm^2]

d_2 = nivellaakeripesän hitsin pinta-ala [mm^2] (hitsin korkeus x pesän leveys)

D = männän halkaisija [mm]

d = varren halkaisija [mm]

p = suunnittelupaine [MPa]

σ_{sall} = hitsin sallittu jännitys [N/mm^2]

$R_{\text{esall}} = 345 \text{ N}/\text{mm}^2 / 1.8 = 191 \text{ N}/\text{mm}^2$

$R_{\text{msall}} = 470 \text{ N}/\text{mm}^2 / 2.7 = 174 \text{ N}/\text{mm}^2$. (SFS-EN 10025-2, hakupäivä 1.3.2015.)

Hitsin leikkauspinta-ala A_L kaavalla (13):

$$A_L = 55 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} - (\pi \times (20^2) \text{ mm}^2 / 4) = 1335.8 \text{ mm}^2$$

Sylinterin vetovoima F_v kaavalla (4):

$$F_v = \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} 80^2 (\text{mm}^2) - \frac{\pi \times 25 \text{ MPa}}{4} 50^2 (\text{mm}^2) = 76576.3 \text{ N} \quad (4)$$

Ehto hitsin sallitulle jännitykselle $\sigma_{A_{\text{sall}}}$ saadaan kaavalla (14):

$$\sigma_{A_{\text{sall}}} = F_v e / A_L \leq \sigma_{\text{sall}} \quad (14)$$

$$\sigma_{A_{\text{sall}}} = 76576.3 \text{ N} / 0.7 \times 1335.8 \text{ mm}^2 = 81.9 \text{ N}/\text{mm}^2 \leq 174 \text{ N}/\text{mm}^2$$

Tuloksena saadaan $81.9 \text{ N}/\text{mm}^2$ jännitys hitsiin, joten ehto toteutuu.

7.7 Sylinterin mitoitusimerkin tulokset

Yleisesti voidaan todeta, että ns. normaalin kaksitoimisen sylinterin mitoituksessa sylinterin putken mitoitus on keskeisin mitoituskohde. Mitoitusimerkin mukaan putken seinämän mitoituslaskelma oli lähellä tehdasvalmistettua putki-

kokoa. Sylinteriputkia on yleisesti saatavana tehdasvalmiina eri kokoluokissa ja niissä käytettävien yleisempien paineiden mukaisesti (25 – 35 MPa).

Suoralla putkella olevassa sylinterissä ja esimerkin mukaisessa kokoluokassa varren ohjain kiinnitetään pääsääntöisesti kierteellä. Ohjaimen kierteen mitoitus ei ole keskeisessä asemassa tämän tyyppisessä kiinnityksessä, koska kierteen koko on iso suhteessa sylinterin tuottamaan voimaan.

Sylinterin vetovoima vaikuttaa männänkierteen-, nivellaakeripesien- ja varren hitsisauman mitoitukseen. Vetovoiman suuruuteen vaikuttaa käyttöpaine ja männän- sekä varren halkaisijat. Tässä tapauksessa paine (25 MPa), männän halkaisija (Ø80) ja varren halkaisijan (Ø50) sekä niistä aiheutuva vetovoima ei aiheuta merkittävää jännitystä männänkierteeseen, nivellaakeripesiin ja varren hitsisaumaan.

Sylinterin nurjahduskestävyys perustuu suurelta osin sylinterin tuottamaan työntövoimaan, varren halkaisijaan ja pituuteen. Myös sylinterin kiinnityksellä on merkitystä nurjahduskestävyyteen. Esimerkkimitoituksessa nurjahduskestävyyttä vertailtiin varsihalkaisijoilla Ø45 ja Ø50. Varsihalkaisijalla Ø50 saatiin nurjahduskestävyys 4.56. Yleisesti sylinterien hyvänä nurjahduskestävyytenä pidetään neljää, joten varsihalkaisijalla Ø50 tämä ehto toteutui.

8 POHDINTA

Tänä päivänä yrityksillä on yleisesti käytössä laadunhallintajärjestelmiä. Järjestelmillä pyritään parantamaan yrityksen omaa laadunhallintaa ja siten tuottamaan laadukkaita tuotteita ja palveluja. Laadukkaiden ja tasalaatuisten tuotteiden tekeminen edesauttaa myös laatukustannusten hallintaa. Lisäksi tekemällä laadukkaita tuotteita lisätään yrityksen kilpailukykyä markkinoilla ja luodaan uskottavuutta yrityksen asiakkaisissa. Laadunhallintajärjestelmän käyttäminen luo läpinäkyvyyttä yrityksen laadunhallintaan ja tuo asiakkaan näkökulman laadun kehittämiseen ja hallintaan.

Tuotteen suunnitteluun ja laadunhallinnan kehittämiseen laadunhallintajärjestelmä antaa monia eri mahdollisuuksia. Prosessimainen toimintamalli on yksi keskeisimmistä tavoista varmistaa tuotteen suunnittelun laadunvarmistusta. Suunnitteluprosessin ollessa kunnossa se tuottaa prosessin mukaisia tuotteita. Lisäksi erilaisten hyväksymismenettelyjen, kuten, katselmusten, todentamisten ja kelpuutusten, tarkoituksena on varmistaa tuotteen laadunhallintaa.

Työssä on käyty läpi erilaisia sylinterin suunnitteluun liittyviä osa-alueita, jotta suunnittelijalle jäisi kokonaiskuva sylinterin suunnittelusta. Tarkempi perehtyminen eri osa-alueisiin ja erityyppisten sylinterien rakenteeseen tulee tutuksi suunnittelijalle työssään. Opinnäytetyössä on tuotu esille sylinterin suunnittelutyössä hyödynnettäviä standardeja ja viitteitä. Esimerkiksi käyttämällä sylinterin osissa standardien mukaisia kierteitä, yhtenäistetään käytettävät kokoluokat ja kierteiden mitat löytyvät helposti standardista. Tällöin kierteiden valmistaminen helpottuu ja samalla se mahdollistaa ja helpottaa eri osien valmistamista mm. alihankinnassa.

Lisäselvityksiä tarvittaisiin eri materiaaleista ja niiden ominaisuuksista, jotta voitaisiin ottaa enemmän kantaa eri materiaalien käytettävyyteen mm. hitsauksessa. Sylinterissä on yleensä pohjan ja putken liitos hitsattu, joten sen rakenteellinen kestävyys ja väsymislujuus olisivat myös mielenkiintoisia selvityksen kohteita. Hitsaamalla saadaan edullisempia rakenteita, kuin kierre ja pulttiliitoksilla. Lisäksi sylinterissä käytetään myös ruostumattomia materiaaleja, varsinkin me-

riolosuhteissa olevissa sovelluksissa. Hitsaukseen liittyvät asiat vaativat erityisosaamista suunnittelijalta.

LÄHTEET

- Exner H., Freitag R., Geis H., Lang R., Oppolzer J., Schwab P., Sumpf E., Ostendorf U. & Reik M. 1991. Hydraulitekniiikan perusteet ja komponentit. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth GmbH
- Evans, James R. & Lindsay, William M. 2008. The management and control of quality. 7th edition. Ohio: Mason
- Huhtala, V., Makkonen, T., Ojanen, T., Rusanen, A. 1987. Konstruktitekniikka. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Hydoring 2015. Hydoring. Viitattu 17.1.2015. www.hydoring.com
- Hydoring 2015. Esite hd6022 tekniset tiedot. Viitattu 17.1.2015. http://www.hydoring.com/fin/tuotteet/sylinterit/iso-standardin_mukaiset_sylinterit/hd6022.dpf
- Polarputki 2015. Sylinteriputket ja kromatut tangot –esite. http://www.polarputki.fi/files/Polarputki_Sylinteriputket_Kromitangot_100422_sivuttain.pdf
- SFS-EN 1493, 2011. Autonostimet. Viitattu 8.3.2015. <www.sfs.fi>
- SFS-EN 10305-1, 2010. Ohutseinäputket. Tekniset toimitusehdot. Osa 1: Saumattomat kylmävedetyt putket. Viitattu 17.1.2015. <www.sfs.fi>
- SFS-EN ISO 228-1, 2003. Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads. Part 1: Dimensions, tolerances and designation. Viitattu 27.10.2014. <www.sfs.fi>
- SFS-EN ISO 228-1, 2003. Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads. Part 1: Dimensions, tolerances and designation. Viitattu 27.10.2014. <www.sfs.fi>
- SFS-EN 22768-1, 1993. Yleistoleranssit. Osa 1: Ilman toleranssimerkintää olevien pituus- ja kulmamittojen toleranssit. Viitattu 18.1.2015. <www.sfs.fi>
- SFS EN ISO 10289, 2001. Metallisilla alustoilla olevien metallisten ja muiden epäorgaanisten pinnoitteiden korroosiotestausmenetelmät Korroosiokokeissa olleiden koekappaleiden ja valmiiden tuotteiden arvostelu. Viitattu 5.2.2015. <www.sfs.fi>
- SFS EN ISO 9227, 2012. Korroosiokokeet keinotekoisissa ympäristöissä. Suolasumukokeet. Viitattu 5.2.2015. <www.sfs.fi>
- SFS-EN ISO 9001, 2008. Laadunhallintajärjestelmä. Vaatimukset. Helsinki: SFS. Viitattu 19.10.2014. <www.sfs.fi>

- SFS-EN ISO 9004, 2009. Organisaation johtaminen jatkuvaan menestykseen. Laadunhallintaan perustuva toimintamalli. Viitattu 3.3.2015. <www.sfs.fi>
- SFS-EN ISO 8504-2, 2001. Tekniset Teräspintojen esikäsitteily ennen maalien ja vastaavien tuotteiden levitystä. Esikäsitteilymenetelmät. Osa 2: Raesuihku-puhallus. Viitattu 25.1.2015. <www.sfs.fi>
- SFS 4558, 1980. Hydrauliiikka- ja pneumatiikkasyylinterit. Männänvarren kierteet. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS-ISO 6022, 1987. Hydrauliiikka ja pneumatiikka. Sylinterit yksipuolisella männänvarrella. 250 bar sarja. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS/ISO 6020/1, 1987. Hydrauliiikka ja pneumatiikka. Sylinterit yksipuolisella männänvarrella. 160 bar sarja. Osa 1: keskisarja SFS. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS 5137, 1985. Hydrauliiikkatekniikka. Kaksitoimisen sylinterien männänvarren ja männän tiivisteet. Urien mitat ja toleranssit. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS 5138, 1985. Hydrauliiikkatekniikka. Sylinterit. Männäntiivisteura tiivisteelle joka on varustettu liukurenkaalla. Mitat ja toleranssit. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS 3957, 1977. Hydrauliiikka- ja pneumatiikkasyylinterit. Nimellispaineet. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS 3958, 1977. Hydrauliiikka- ja pneumatiikkasyylinterit. Sylinterin ja männänvarren halkaisija. Metrinen sarja. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS/ISO 6982, 1987. Hydrauliiikka ja pneumatiikka. Männänvarren pallonivelkiinnikkeet. Asennusmitat. Sylinterit yksipuolisella männänvarrella. 250 bar sarja. Viitattu 11.10.2013. <www.sfs.fi>
- SFS 2013, 1966. Kierteen pääte ja pääteura. Metrinen ISO-kierre. Viitattu 15.1.2015. <www.sfs.fi>
- SFS-EN 10210-1, 2006. Kuumamuovatut seostamattomat teräskset ja hienoraeteräksistä valmistetut rakenneputket. Osa 1: Tekniset toimitusehdot. Viitattu 1.3.2015. <www.sfs.fi>
- SFS-EN 10025-2, 2004. Kuumavalssatut rakenneteräkset. Osa 2: Seostamattomat rakenneteräkset. Viitattu 1.3.2015. <www.sfs.fi>
- SFS Käsikirja 1, 2013. Standardit ja standarsointi. Helsinki: SFS. Viitattu 15.10.2014. <www.sfs.fi>
- Standard for certification No. 2.9 Type Approval Programme No. 5-778.93. Hydraulic cylinders 2009. Viitattu 5.1.2015. <www.standard.no>

Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere: Tammertekniikka ky.

LIITTEET

- Liite 1. Hydroring esite hd6022 tekniset tiedot.
http://www.hydroring.com/fin/tuotteet/sylinterit/iso-standardin_mukaiset_sylinterit/hd6022.dpf
- Liite 2. Polarputki esite sylinteriputket ja kromatut tangot.
http://www.polarputki.fi/files/Polarputki_Sylinteriputket_Kromitangot_100422_sivuttain.pdf

Liite 1

HD 6022

Kaksitoiminen hydraulisyylinteri

HD 6022 on standardin ISO 6022 mukainen, raskaaseen teollisuuskäyttöön sopiva kaksitoiminen sylinterisarja. Männän halkaisijat ovat välillä Ø50 – 200, ja kutakin mäntäkokoja kohti on kaksi valinnaista varsvaihtoehtoa. Liitäntäaukoissa on lienömäinen putkikierre. Sylinterin iskun pituus on asiakkaan määrättävissä. Pituuden ja iskun toleranssit ovat ISO 8135 mukaisia.

HD 6022 -sarjan suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota sylinterin tiiviyteen. Niinpä varrella käytetään kaksoistivisterakennetta. Siinä liukurengastiiviste toimii varsinaisena painetiivisteenä. Sen takana, paineettomalla puolella, on huulitiiviste, joka pyyhkii varrelta painetiivisteeseen ohi päässeet öljykalvon. Kokemus on osoittanut, että normaalisti toimiva 6022-sarjan sylinteri vuotaa vain hyvin vähän.

Sylinteri toimitetaan haluttaessa säädettävillä päätyasentovaimennuksilla varustettuna. Vaimennus on luonteeltaan itsekeskittyvä ja sisältää vastaventtiili-toiminnon.

KÄYTTÖOLosuhteet		MATERIAALIT, TIIVISTEET		TOIMITUSTILA
Nimellispaine	25 MPa (250 bar)	Sylinteriputki	Saumaton teräsputki, sisäpinta silovalssattu tai hoonattu Ra 0,4	Sylinterit toimitetaan koeajettuina, pohjamaalattuina ja liitinaukot tulipattuina.
Koepaine	37,5 MPa (375 bar)	Männänvarsi	Kovakromattu tanko, kromikerroksen paksuus min. 20 µm, Ra 0,4	Pohjamaalin vakioväri on musta.
Käyttölämpötila	-30 °C...+90 °C	Mäntä	Valurauta, GGG 50	Sylinterit voidaan toimittaa myös asiakkaan haluamalla tavalla pintakäsiteltynä.
Suurin männän nopeus	1,0 m/s	Männän tiiviste	Liukurengastiiviste	Kaikki sylinterit testataan ISO 10100 mukaisesti.
Paineväliaine	mineraaliöljyt	Männän ohjain	Kudospakeliitti	
		Varren painetiiviste	Liukurengastiiviste	
		Varren lisätiiviste	Huulitiiviste, polyuretaani	
		Varren ohjain	Kudospakeliitti	
		Luovutin	Polyuretaani	

Vakiosylinteriä voidaan tarvittaessa helposti varioida vähäisin rakenne- ja materiaali muutoksiksi. Jos teknilliset vaatimuksenne poikkeavat yllä olevista spesifikaatioistamme, ottakaa yhteyttä suunnitteluosastoomme.

Double acting hydraulic cylinder

HD 6022 is a double acting cylinder series for heavy duty industrial applications. It complies with the standard ISO 6022. Bore size range from Ø50 to 200 mm and two optional rod diameters for each bore. The connection ports are threaded with parallel threads. Stroke lengths according to customer's requirements. Tolerances for cylinder length and stroke as per ISO 8135.

When designing HD 6022 -series, extra attention has been paid to ensure, that the cylinders are made leak-free. Thus we use double sealing for the rod. This means, that on the unpressurized side of the pressure seal there is another seal, which wipes the oil film passed the first seal. From experience we know, that the leakage of an undamaged 6022-series cylinder is minimal.

The cylinders can be supplied with or without adjustable cushioning at either or both end positions. The cushioning is self-centering and includes check valve -action.

FIELD OF APPLICATION		MATERIALS, SEALS		STANDARD DELIVERY
Nominal pressure	25 MPa (250 bar)	Cylinder barrel	Seamless steel tube, internally rolled or honed to Ra 0,4	Cylinders are supplied as tested, priming painted and oil connections plugged.
Test pressure	37.5 MPa (375 bar)	Piston rod	Hard chrome plated, layer thickness more than 20 µm, Ra 0,4	The standard colour of the priming paint is black.
Temperature range	-30 °C...+90 °C	Piston	Cast iron, GGG 50	The cylinders may also be supplied with surface finishing to meet the customer's wishes.
Max. piston speed	1.0 m/s	Piston seal	Slide ring seal	All cylinders are tested according to ISO 10100.
Pressure medium	mineral oils	Piston guiding	Fabric reinforced bakelite	
		Rod seal, pressure seal	Slide ring seal	
		Rod seal, additional seal	Lip seal, polyurethane	
		Rod guiding	Fabric reinforced bakelite	
		Wiper	Polyurethane	

Standard cylinder may easily be varied by minor changes in construction or materials. If your technical requirements are outside the specifications above, please contact our design department.

SYLINDERIPUTKET JA KROMATUT TANGOT

Polarputki on toimittanut teräksiä suomalaiseen sylinterinvalmistukseen vuodesta 1973. Vuosikymmenien kokemuksella olemme valinneet kumppaneiksemme alan parhaat valmistajat.

Edustamme Thalachrome-tuotteita, jotka valmistaa maailman suurin kromattujen tankojen valmistaja Uranie International.

Varastoimme Thalachrome S - 20MnV6 -varsia mitta-alueella 16–160 mm. Muiden valmistajien peruslaatuihin verrattuna Thalachrome S:n korroosion kesto on ylivertainen, sillä se säilyttää NSS luokka 9 -tason yli kaksi kertaa pidempään kilpaileviin tuotteisiin nähden. Jo Thalachrome S:n ominaisuudet riittävät useimpiin käyttötarkoituksiin.

Erityisen vaativiin olosuhteisiin löytyy valikoimastamme varmasti sopivat raaka-aineet, oli valmistamanne sylinterin käyttökohde ja olosuhteet mitkä tahansa. Ohessa esitetyn oman varastovalikoimamme lisäksi voimme tarjota kattavan mitta- ja laatuvalikoiman nopealla toimitusajalla päämiehiemme varastoista ympäri Eurooppaa.

Tarjoamme sahaus-, varastointi- ja logistiikkapalveluita räätälöitynä kunkin asiakkaamme omaan tuotantoprosessiin sopivaksi.

Kysy lisää myynnistämme:

Yhteystiedot tämän esitteen takakannessa ja kotisivuillamme www.polarputki.fi.



THALACHROME kromattu tanko Rakenna vartesi käyttökohteen mukaan

1. Valitse teräs	Induktiokarkaisu mahdollinen	2. Valitse korroosion kesto, NSS 10
20MnV6	x	Thalachrome S (72h)
CF53	x	Thalachrome SE 120 (120h)
CK 45	x	Thalachrome SE 250 (250h)
C35 E	x	Thalachrome SE 250C (750h)
38MnV6	x	
42CrMo4V		
AISI 304		
AISI 431		
AISI 329		
AISI 420		
Putkivarret		
S355+SR		
S355+N		

+

Induktiokarkaistun tuotteen mallinimeen lisätään "I": SI ja SIE

Tilauksesta voimme toimittaa kromattuja tankoja myös:
 - iskutiheydellä min. 27 J -20 °C
 - 3.2. todistuksin: mm. LRS, DNV, GL, BV ja LRS -luokkiin

Liite 2 2(7)



Thalachrome S

216 h NSS luokka 9

Ø 16-160 mm

Varastoitamme Thalachrome S -laatu kattaa useimmat käyttökohteet.

Kromipinnan paksuus:
 Ø 16-18 mm, $\geq 14 \mu\text{m}$ min
 Ø 19,05-160 mm, $\geq 20 \mu\text{m}$ min

Toleranssi:
 Ø 16 mm, ISO f8
 Ø 18-160 mm, ISO f7

Pinnan karheus: maks. 0,07-0,2 m μ

Kromipinnan kovuus: 900 HV 0,1 min

Korroosionkestävyys: 216 h NSS luokka 9,
 72h NSS luokka 10

Varastoitava teräslaatu: 20MnV6

Suoruus: 0,2 mm / 1000 mm

Valmistuspituudet:
 Ø 16 mm, 3 - 5,6 m
 Ø 18-30 mm, 4,8 - 6,85 m
 Ø 30-160 mm, 4,8 - 7,8 m

Suojaus: pahviholkki

Ainestodistukset:
 EN 10204 / 3.1 vastaanottotodistus

Kontrolloitu rikin määrä (0,02-0,035) parantaa tankojen koneistettavuutta.



Thalachrome SE

240-1500 h NSS luokka 9

Ø 20-120 mm

Thalachrome SE, kun vaaditaan erityisen hyvää korroosion kestoja: meri-ilmasto, altistus tiesuolalle, kaivokset, kausittainen käyttö.

Kromipinnan paksuus: 25 m μ min

Pinnanlaatu	NSS luokka 10	NSS luokka 9
SE 120	120 h	240 h
SE 250	250 h	408 h
SE 250C	750 h	1500 h

Liite 2 3(7)

Thalachrome SI ja SIE 72-1500 h NSS luokka 9 Ø 16-125 mm

Induktiokarkaistu varsi on suunniteltu käyttökohteisiin, joissa varsi altistuu ulkoisille iskuille. Induktiokarkaisussa teräksen pintaan syntyy kova kerros, jonka ansiosta kromin alla oleva teräs ei anna kovissakaan iskuissa periksi ja kromipinta pysyy ehjänä.

Teräslaatu	Pinnankovuus
CF 53	62 – 64 HRC
CK 45	55 – 60 HRC
C35 E	52 – 57 HRC
38MnV6	55 – 60 HRC
20MnV6*	42 – 52 HRC

* Hitsattava laatu.

Mitta-alue	Karkaisusyvyys
16 mm	0,5 – 1,0 mm
18 – 40 mm	1,0 – 2,0 mm
42 – 80 mm	1,25 – 2,5 mm
82,55 – 125 mm	2,0 – 3,0 mm



Räätälöidyt varret Ø 80-550 mm

Toimitamme käyttökohteen vaatimusten mukaan räätälöityjä paksuja ja pitkiä varsia kaikkiin käyttökohteisiin.

Kromipinnan paksuus: 25-30 µm, tupla-kromiointi

Toleranssi: ISO f7

Pinnan karheus: maks. 0,4 µm

Teräslaatu: kaikki yleiset teräslaadut; sekä pyöröt, että putket

Suoruus: 0,2 mm / 1000 mm

Valmistuspituudet: maks. 15 m

Pakkaus: puulaatikko

Ainestodistukset:

EN 10204 / 3.1 vastaanottotodistus

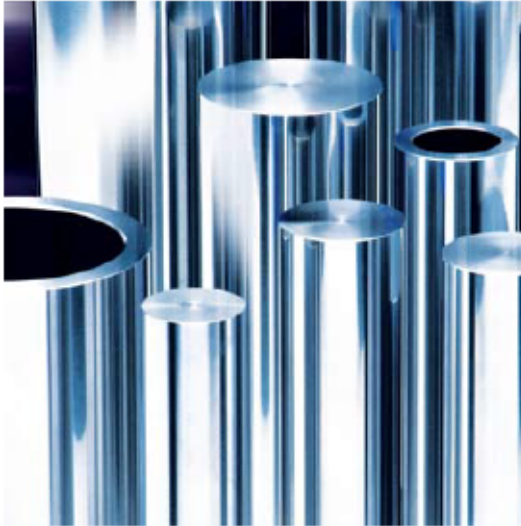
Pyydettäessä:

- tarkempi halkaisijan toleranssi
- alhaisempi pinnankarheus



Liite 2 4(7)

KROMATUT TANGOT


Thalachrome STU -putkivarsi
216 h NSS luokka 9
Ø 20-120 mm

Ulkohalkaisijan toleranssi:
ISO f7, muita toleransseja pyydettyäessä

Sisähalkaisijan toleranssi:
EN10305-1 mukaan

Pinnan karheus: maks. 0,07-0,2 µm

Kromipinnan kovuus: 900 HV 0,1 min

Teräslaadut: E355+SR, E355+N

Suoruus: 0,2 mm / 1000 mm

Valmistuspituudet: 6,2 - 6,8 m

Thalachrome S - 20MnV6, varastoitavat mitat							
Mitta mm	Paino kg/m	Korroosion kesto NSS luokka 10	Korroosion kesto NSS luokka 9	Kromin paksuus min. µm	Toleranssi	Toleranssi ylempi raja µm	Toleranssi alempi raja µm
16	1,58	24	72	14	f8	-16	-43
18	2	72	216	14	f7	-16	-34
20	2,47	72	216	20	f7	-20	-41
25	3,85	72	216	20	f7	-20	-41
28	4,83	72	216	20	f7	-20	-41
30	5,55	72	216	20	f7	-20	-41
32	6,31	72	216	20	f7	-25	-50
35	7,55	72	216	20	f7	-25	-50
36	7,99	72	216	20	f7	-25	-50
40	9,86	72	216	20	f7	-25	-50
45	12,48	72	216	20	f7	-25	-50
50	15,41	72	216	20	f7	-25	-50
55	18,65	72	216	20	f7	-30	-60
56	19,33	72	216	20	f7	-30	-60
60	22,19	72	216	20	f7	-30	-60
63	24,47	72	216	20	f7	-30	-60
65	26,05	72	216	20	f7	-30	-60
70	30,21	72	216	20	f7	-30	-60
75	34,68	72	216	20	f7	-30	-60
80	39,46	72	216	20	f7	-30	-60
90	49,94	72	216	20	f7	-36	-71
100	61,65	72	216	20	f7	-36	-71
110	74,6	72	216	20	f7	-36	-71
120	88,78	72	216	20	f7	-36	-71
125	96,33	72	216	20	f7	-43	-83
140	120,83	72	216	20	f7	-43	-83
160	158,75	72	216	20	f7	-43	-83

Liite 2 5(7)

Teräksen kemiallinen analyysi										
Teräslaatu	C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	P (%)	V (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	N (%)
20MnV6	0.16-0.22	0.10-0.50	1.3-1.7	0,020-0,035	≤ 0.035	0.10-0.2	-	-	-	-
CF 53	0.42-0.57	0.15-0.35	0.4-0.7	≤ 0.035	≤ 0.025	-	-	-	-	-
CK 45	0.42-0.50	≤ 0.40	0.5-0.8	≤ 0.035	≤ 0.035	-	≤ 0.40	≤ 0.10	≤ 0.40	-
C35 E	0.32-0.39	≤ 0.40	0.5-0.8	≤ 0.035	≤ 0.035	-	≤ 0.40	≤ 0.10	≤ 0.40	-
38MnV6	0.34-0.41	0.15-0.80	1.2-1.6	≤ 0.025	≤ 0.035	0.08-0.2	≤ 0.30	≤ 0.08	-	0.01-0.02
AISI 304	≤ 0.07	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.030	≤ 0.045	-	17.0-19.5	-	8.0-10.5	-
AISI 431	0.12-0.22	≤ 1.00	≤ 1.50	≤ 0.030	≤ 0.040	-	15.0-17.0	-	1.5-2.5	-
AISI 329	≤ 0.05	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.030	≤ 0.035	-	25.0-28.0	1.3-2.0	4.5-6.5	0.05-0.2
AISI 420	0.16-0.25	≤ 1.00	≤ 1.50	≤ 0.030	≤ 0.040	-	12.0-14.0	-	-	-
Putki- varret										
S355+SR	≤ 0.22	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.035	-	-	-	-	-
S355+N	≤ 0.22	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.035	-	-	-	-	-

Teräksen mekaaniset ominaisuudet				
Teräslaatu	Mitta-alue Ø	R _e (N/mm ²)	R _m (N/mm ²)	A %
20MnV6	Ø ≤ 20 mm	≥ 450	550 - 780	≥ 17
20MnV6	20 < Ø ≤ 70 mm	≥ 450	550 - 780	≥ 18
20MnV6	70 < Ø ≤ 160 mm	≥ 390	530 - 780	≥ 18
CF 53	18 < Ø ≤ 40 mm	≥ 400	690 - 830	≥ 12
CF 53	40 < Ø ≤ 140 mm	≥ 370	640 - 780	≥ 12
CK 45	Ø = 16 mm	≥ 340	≥ 620	≥ 10
CK 45	18 ≤ Ø ≤ 100 mm	≥ 305	580 - 850	≥ 16
CK 45	100 < Ø ≤ 160 mm	≥ 275	560 - 800	≥ 16
C35 E	16 ≤ Ø ≤ 40 mm	≥ 315	560 - 750	≥ 18
C35 E	40 < Ø ≤ 110 mm	≥ 275	560 - 760	≥ 19
AISI 304	20 < Ø ≤ 125 mm	≥ 190	500 à 700	≥ 45
AISI 431	20 < Ø ≤ 125 mm	≥ 550	750 à 950	≥ 14
AISI 329	20 < Ø ≤ 125 mm	≥ 450	620 à 880	≥ 20
AISI 420	20 < Ø ≤ 125 mm	≥ 600	750 à 950	≥ 12
Putkivarret				
S355+SR	20 < Ø ≤ 120 mm	≥ 420	580-850	≥ 10
S355+N	20 < Ø ≤ 120 mm	≥ 355	490-730	≥ 16

Liite 2 6(7)

SYLINTERIPUTKET



**Rullakiillotettu hitsattu
sylinteriputki
EN10305-2, E355+SR
ID Ø 40-200 mm**

Seinämäpaksuus: 5-15 mm

Mekaaniset ominaisuudet:

- R_e min. 520 N/mm²
- R_m min. 580 N/mm²
- A% min. 15%

Kemiallinen analyysi (maks. %):

C=0,22, Si=0,55, Mn=1,60, P=0,025 ja S= 0,025.

Valmistaja voi halutessaan lisätä niobia, titania tai vanadiinia. Näiden seosaineiden pitoisuudet on ilmoitettava.

Ulkohalkaisijan toleranssi: $\pm 0,2$ mm - $\pm 0,7$ mm halkaisijasta riippuen.

Seinämäpaksuustoleranssi: $\pm 7,5\%$, mutta kuitenkin enintään $\pm 0,35$ mm.

Sisähalkaisijan toleranssi: ISO H8

Pinnankarheus: maks. 0,4 μ m

Suoruus: 1 mm / 1000 mm

Pyydettäessä: iskutkeys min. 27 J -20 °C

**RULLAKIILLOTETUT
SYLINTERIPUTKET**

Valinta vaativiin kohteisiin ja korkeisiin paineisiin: esim. metsäkoneet, maansiirtokoneet ja nosturit.

Valinnan mukaan, joko hitsatusta tai saumattomasta putkesta kylmävedetty ja sisäpinnaltaan rullakiillotettu sylinteriputki.

Toimitustila SR (stress relieved = jännityksenpoistoehkutettu kylmävetämisen jälkeen).



**Rullakiillotettu saumaton
sylinteriputki
EN10305-1, E355+SR
ID Ø 40-220 mm**

Seinämäpaksuus: 5-22,5 mm

Mekaaniset ominaisuudet:

- R_e 520 N/mm²
- R_m 580 N/mm²
- A% min. 15%

Kemiallinen analyysi (maks. %):

C=0,22, Si=0,55, Mn=1,60 ja P=0,025.

Valmistaja voi halutessaan lisätä niobia, titania tai vanadiinia. Näiden seosaineiden pitoisuudet on ilmoitettava.

Ulkohalkaisijan toleranssi: $\pm 0,15$ mm - $\pm 1,2$ mm halkaisijasta riippuen.

Seinämäpaksuustoleranssi: $\pm 10\%$

Sisähalkaisijan toleranssi: ISO H8

Pinnankarheus: maks. 0,3 μ m

Suoruus: 0,5 mm / 1000 mm

Pyydettäessä:

- korkeampien lujuuksien teräslaaduilla
- iskutkeys min. 27 J -20 °C
- 3.2 todistuksin

Liite 2 7(7)

Saumaton kuumavalssattu, hoonattu sylinteriputki ID Ø 20-660 mm

Marine, Offshore sekä muihin raskaisiin ja vaativiin kohteisiin toimitamme kuumavalssattuja sylinteriputkia, asiakkaan vaatimuksiin räätälöityinä.

Seinämäpaksuus: 5–100 mm

Sisähalkaisijan toleranssi: ISO H8

Ulkohalkaisija- ja seinämäpaksuustoleranssi: EN10297 mukaan

Suoruus: 1 mm / 1000 mm, pyydettäessä jopa 0,2 mm / 1000 mm

Valmistuspituudet: maks. 11 m

Pyydettäessä:

- erittäin kylmiin olosuhteisiin, jopa iskutkeydellä min. 40 J -60 °C
- 3.2 todistuksin: mm. LRS, DNV, GL, BV, ABS ja MRS -luokkiin

Varastoitamme teräslaatuja E355 ja S355J2H. Tehdastilauksina ja asiakasvarastointina toimitamme myös seostetumpia ja lujempia materi-



aaleja. Lujemmat materiaalit mahdollistavat pienemmän halkaisijan ja ohuemman seinämän käytön, mikä laskee putken painoa ja sen myötä kustannuksia.

Mekaaniset ominaisuudet														
Teräslaatu	Myötöraja, R_e (N/mm ²)						R_m (N/mm ²)			Murto-venymä A %				Iskusitkeys J (-20 °C)
	Seinämäpaksuus (mm)						Seinämäp. (mm)			Seinämäpaksuus (mm)				
	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 120	≤ 3	> 3 ≤ 100	> 100 ≤ 120	≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 120	
S355J2H	355	345	335	325	315	295	510-680	470-630	450-600	22	21	20	18	27

Mekaaniset ominaisuudet											
Teräslaatu	Myötöraja, R_e (N/mm ²)					Murtolujuus, R_m (N/mm ²)				Murto-venymä A %	Iskusitkeys J (-20 °C)
	Seinämäpaksuus, T (mm)					Seinämäpaksuus, T (mm)					
	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 65	> 65 ≤ 80	> 80 ≤ 100	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 65	> 65 ≤ 100		
E355K2	355	345	335	315	295	490	490	470	470	20	40
E420J2	420	400	390	370	360	600	560	530	500	19	27
E460K2	460	440	430	410	390	550	550	550	520	19	40
E590K2	590	540	480	455	420	700	650	570	520	16	40
E730K2	730	670	620	580	540	790	750	700	680	15	40

Kemiallinen analyysi														
Teräslaatu	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	N	Nb	Ti	V
	%	%	%	maks.%	maks.%	maks.%	%	%	min.%	maks.%	maks.%	maks.%	maks.%	%
S355J2H	0,220	0-0,55	0-1,6	0,030	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E355K2	0 - 0,20	0 - 0,50	0,90-1,65	0,030	0,030	0,30	0 - 0,10	0 - 0,50	0,020	0,35	0,015	0,05	0,05	0 - 0,12
E420J2	0,16-0,22	0,10-0,50	1,30-1,70	0,030	0,035	0,30	0 - 0,08	0 - 0,40	0,010	0,30	0,020	0,07	0,05	0,08-0,15
E460K2	0 - 0,20	0 - 0,60	1,00-1,70	0,030	0,030	0,30	0 - 0,10	0 - 0,80	0,020	0,70	0,025	0,05	0,05	0 - 0,20
E590K2	0,16-0,22	0,10-0,50	1,30-1,70	0,030	0,035	0,30	0 - 0,08	0 - 0,40	0,010	0,30	0,020	0,07	0,05	0,08-0,15
E730K2	0 - 0,20	0 - 0,50	1,40-1,70	0,025	0,025	0,30	0,30-0,45	0,30-0,70	0,020	0,20	0,020	0,05	0,05	0 - 0,12