

Tommi haapaniemi

PUTKIKELAN NAVAN VALMISTUSTOLERANSSIN
MÄÄRITTÄMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2013

PUTKIKELAN NAVAN VALMISTUSTOLERANSSIN MÄÄRITTÄMINEN

Haapaniemi, Tommi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2013
Ohjaaja: Reunamo, Petteri
Sivumäärä: 17
Liitteitä: 4

Asiasanat: toleranssi, putkikela, napa, määrittäminen

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää Technip Offshore Finland Oy:n valmistamien putkikelojen pyöritysnapojen sisähalkaisijoiden toleranssivaatimukset. Technip on valmistanut erikokoisia putkikeloja yhteensä 68 kappaletta vuodesta 2008 lähtien. Aiheena oli myös selvittää miten jo valmistetut putkikelat vastasivat vaadittuja toleransseja.

Tavoitteena oli selvittää miten Technipin tulee muuttaa valmistusta, jotta kelan napojen valmistus saavuttaa asetetut toleranssit. Tavoitteena oli myös selvittää miksi putkikeloissa on niin tiukat toleranssi vaatimukset.

Technip valmistaa putkikelat alusta loppuun asti itse. Putkikelojen perussuunnittelun ja tuotepiirustukset on toimittanut Technip Ranska.

DETERMINATION OF REELS HUB MANUFACTURING TOLERANCE

Haapaniemi, Tommi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production engineering

June 2013

Supervisor: Reunamo, Petteri

Number of pages: 17

Appendices: 4

Keywords: tolerance, reel, hub, determination

The purpose of this thesis was to find out flexible pipe reels inner diameters tolerance requirements for axial hub manufactured by Technip Offshore Finland Oy. Technip have manufactured 68 reels in different sizes since 2008. Purpose was also to find out how the reels that were fabricated met the required tolerances.

Goal was to find out how Technip should change its fabrication process to meet the required tolerances and find out why reels tolerances designed by Tehchnip France were so Tight.

Flexible pipe reels are manufactured from beginning to end by Technip. Reels basic layout and product design were provided by Technip France

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PUTKIKELAN ESITTELY	5
	2.1 Putkikelan esittely.....	5
	2.2 Putkikela tyypit	6
3	TECHNIPIN VALMISTAMAT PUTKIKELAT	7
	3.1 Putkikelan mittaus.....	7
	3.2 Putkikelaprojektit.....	8
	3.2.1 Kelatyypit ja määrät	9
	3.2.2 Mittaustiedot kelojen navoista	9
	3.3 Yhteenveto mittatiedoista	11
4	PUTKIKELAN NAPA.....	11
	4.1 Navan toleranssit.....	11
	4.2 Navan valmistus.....	12
	4.3 Navan mittaus	14
5	LÄMPÖLAAJENEMISEN VAIKUTUS HALKAISIJAAN	15
	5.1 Lämpölaajenemisen vaikutus halkaisijaan.....	15
6	YHTEENVETO	16
	LÄHTEET.....	17
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Techip Offshore Finland Oy:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää miten valmistus voi saavuttaa asetetut tiukat toleranssit ja välttää rakenteiden korjausta.

Technipillä ei ole aiempaa tutkimustietoa kyseisestä aiheesta. Toleranssien selvitys on hankalaa, koska Techip Offshore Finland ei ole suunnitellut putkikeloja. Alkuperäisen suunnittelun ja työpiirustukset on toimittanut Technip Ranska. Viimeksi toimittujen putkikelojen tilaajana on ollut Technip USA.

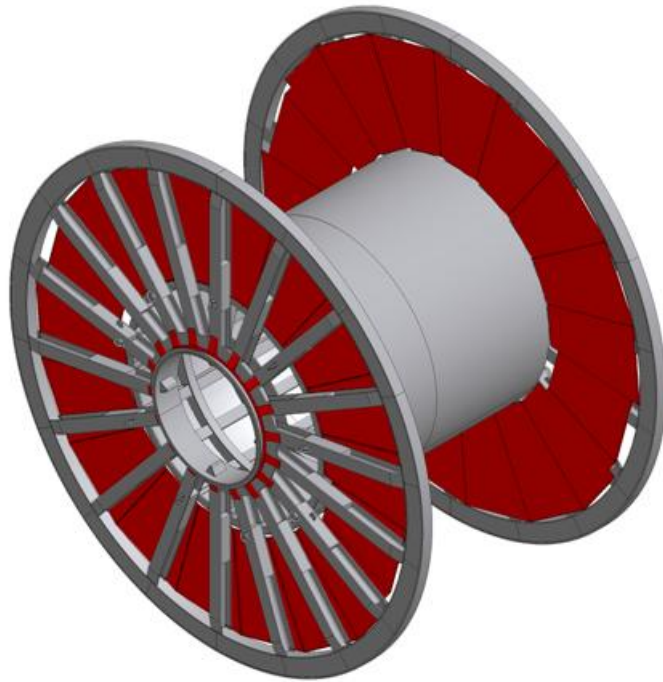
Technip Offshore Finland on valmistanut yhteensä 68 eri kokoista putkikelaa. Valmistus alkoi kesäkuussa 2008.

Tavoitteena oli selvittää mihin valmistustoleransseihin Technip pystyy tällä hetkellä ja kuinka valmistusta pitää kehittää, jotta toleranssit saavutettaisiin kerralla. Tavoitteena oli myös selvittää miten hyvin valmistustoleranssit on saavutettu 68 putkikelan aikana ja onko tapahtunut parannusta?

2 PUTKIKELAN ESITTELY

2.1 Putkikelan esittely

Putkikelaa käytetään joustavan putken varastointiin ja kuljetukseen, josta se myös lasketaan mereen. Kelat pakataan suoraan putkitekhaan tuotantolinjasta ja sitten koko paketti asennetaan laivaan. Technip Offshore Finland valmistaa ainoastaan putkikelat. Kelaa pyörittävä laitteisto tulee muualta. Technip valmistaa kelat alusta loppuun asti itse. Osat taivutetaan, leikataan, hitsataan ja maalataan Technipillä.



Kuva 2.1. Putkikela





Kuva 2.2. Putkikelan valmistus

2.2 Putkikelatyypit

Putkikeloja on 12 eri tyyppiä, joiden halkaisijat vaihtelevat 7,8 metristä 9,6 metriin ja painot 30 tonnista 46 tonniin. Kelojen kapasiteetti on 140 tonnista 280 tonniin. Kaikkien kelojen navan nimellinen sisähalkaisija on sama 2250mm, mikä mahdollistaa yhden kelauslaitteen käyttämisen kaikille kelaustyypeille. Kuvan 2.3 kuusinumeroinen

luku kertoo putkikelan päämitat. Esimerkiksi 92 54 50 tarkoittaa, että kelan ulkohalkaisija on 9,2 metriä, rummun ulkohalkaisija on 5,4 metriä ja rummun leveys 5,0 metriä. Kuvassa on ilmoitettu myös putkikelan omapaino, kapasiteetti ja kokonaispaino.

Reel type	78 44 50	78 44 50 CSP	85 44 50 type « WS »	86 44 50	86 44 50	86 44 49
Plan of the reel						
Unloaded weight	30 Tons	30 Tons	36 Tons	35 Tons	35 Tons	40 Tons
Reel capacity	140 T/170 T/190 T	140 Tons	218 Tons	190 Tons	235 Tons	280 Tons
Total weight	170 T/200 T/220 T	170 Tons	254 Tons	225 Tons	270 Tons	320 Tons
Reel type	92 44 50	92 44 50	92 54 50	96 50 50	96 54 50	96 44 50
Plan of the reel						
Unloaded weight	40 Tons	45 Tons	45 Tons	46 Tons	46 Tons	45 Tons
Reel capacity	190 Tons	235 Tons	280 Tons	270 Tons	280 Tons	270 Tons
Total weight	230 Tons	280 Tons	325 Tons	316 Tons	326 Tons	315 Tons

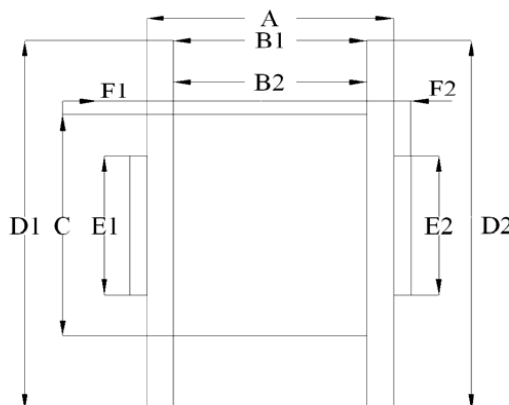
Kuva 2.3. Putkikelatyypit

3 TECHNIPIN VALMISTAMAT PUTKIKELAT

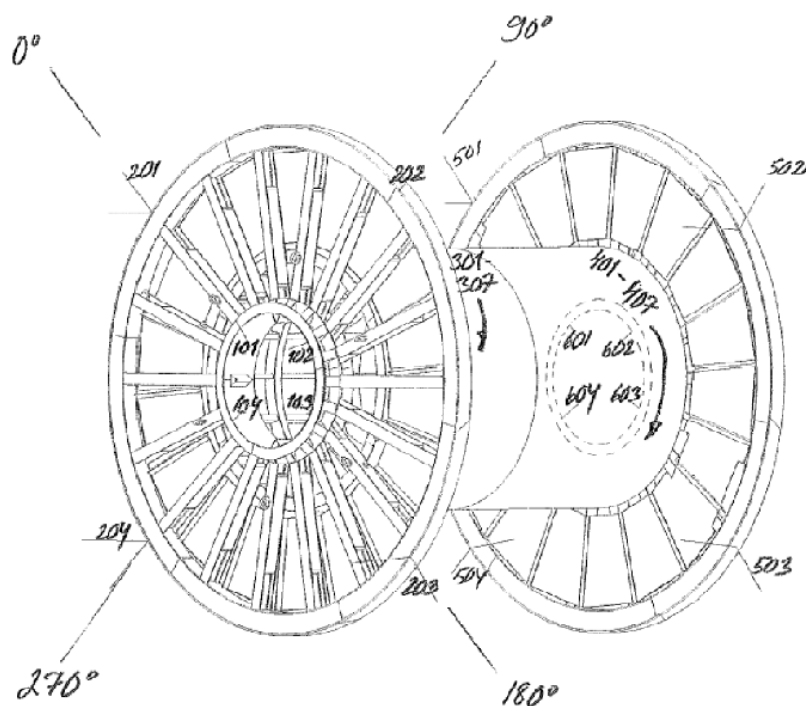
3.1 Putkikelan mittaus

Mittauksissa käytettiin Leica TDM 5000 ja Leica TDA 5005 Total Stationeita sekä, Leica TC 1800:aa. Mittalaitteiden tarkkuus: TDM 5000 ja TDA 5005 +/-0,5mm ja TC 1800 +/-2mm. Kyseessä on 3D-koordinaattinen mittaussysteemi. Mittaustiedot tallennetaan PCMCIA-kortille, josta ne siirretään tietokoneelle analysoimista varten. Laskentaohjelmisto antaa kohteen x, y ja z poikkeaman kolmea mitattua referenssipistettä apuna käyttäen.

DIMENS.	SYMB	0°	90°	180°	270°
5416	A				
5000 (+8mm)	B1				
5000 (+8mm)	B2				
4400	C				
9200	D1				
9200	D2				
2250 (+10mm)	E1				
2250 (+10mm)	E2				
90 (+2mm)	F1				
90 (+2mm)	F2				



Kuva 3.1. Mitattavat kohdat



Kuva 3.2. Mittauspisteet ja mittauskulmat

3.2 Putkikelaprojektit

Technip on valmistanut 68 putkikelaa kesäkuusta 2008 alkaen. Sillä on ollut kolme eri putkikelaprojektia. Ensimmäinen oli B4 Flexi France, toinen D6 ja kolmas E1 MWCS. Ensimmäiset 50 putkikelaa tehtiin ja toimitettiin aikavälillä kesäkuu 2008 - kesäkuu 2009. Tilaaja oli Technip Flexi France. Seuraavat 10 putkikelaa valmistettiin ja toimitettiin aikavälillä heinäkuu 2010 - tammikuu 2011. Tilaaja oli Technip Flexi France. Viimeisessä projektissa valmistettiin ja toimitettiin 8 putkikelaa aikavälillä toukokuu - joulukuu 2012. Tilaaja oli Technip USA.

3.2.1 Kelatyypit ja määrät

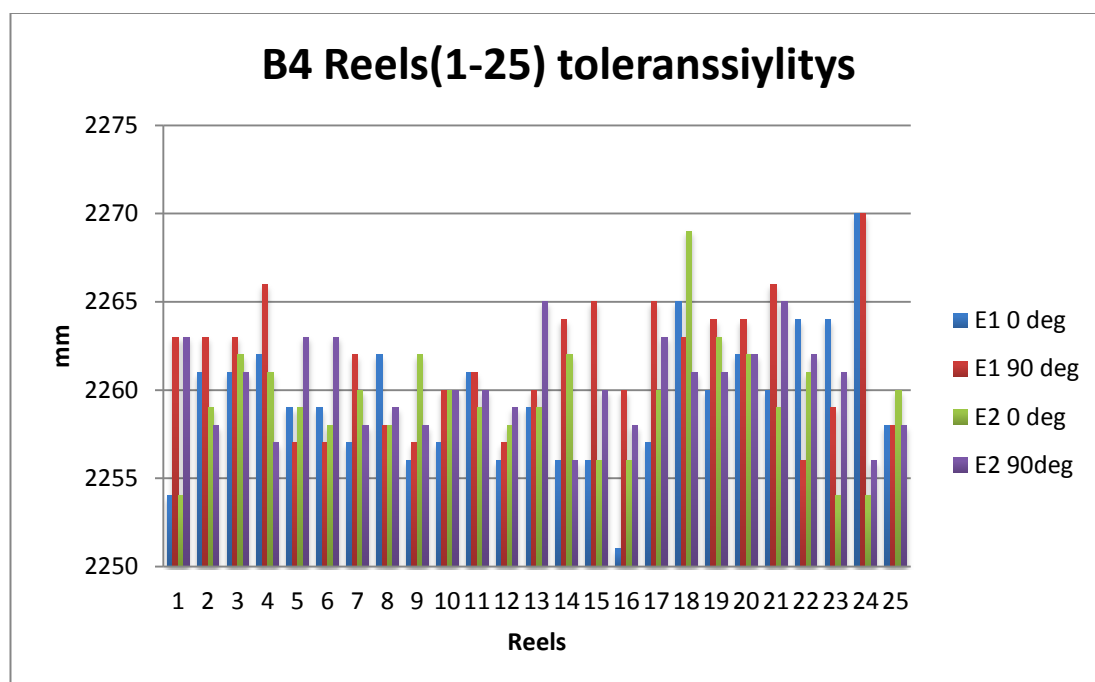
B4 projektissa valmistettiin 18 kappaletta kelatyyppeä 92 44 50, 31 kappaletta kela-tyyppiä 96 44 50 ja tyyppiä 114 54 50 yksi kappale.

D6 projektissa valmistettiin 10 putkikelaa, tyyppiä 86 44 50.

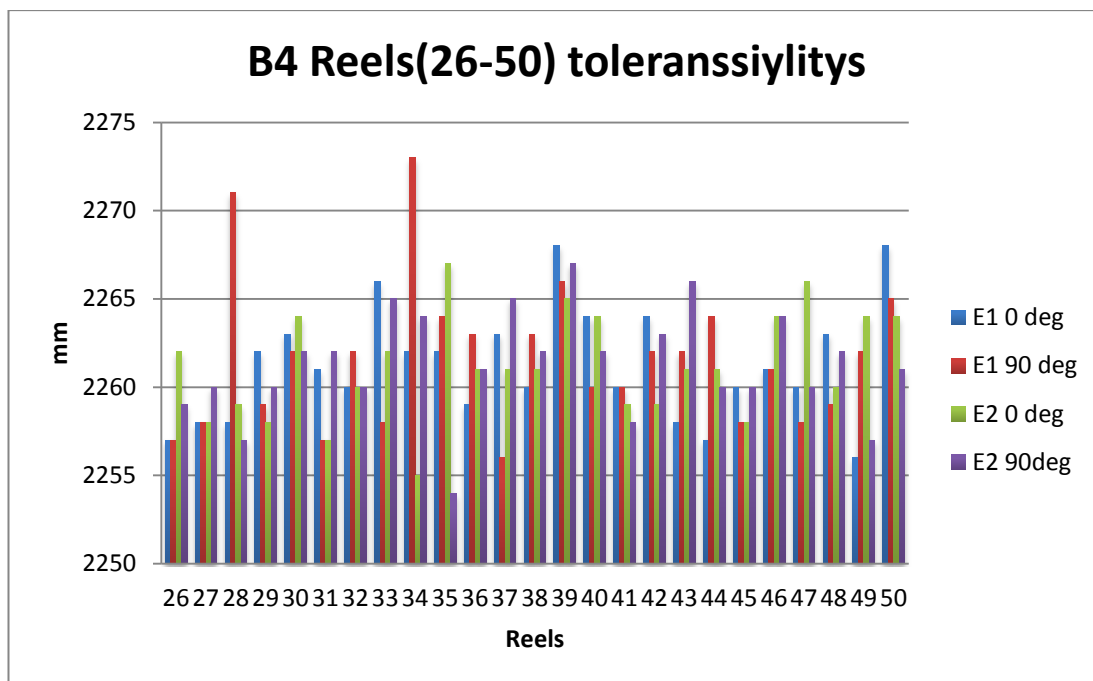
E1 projektissa valmistettiin 6 putkikelaa, tyyppiä 92 54 50 ja tyyppiä 96 54 50 kaksi kappaletta.

3.2.2 Mittaustiedot kelojen navoista

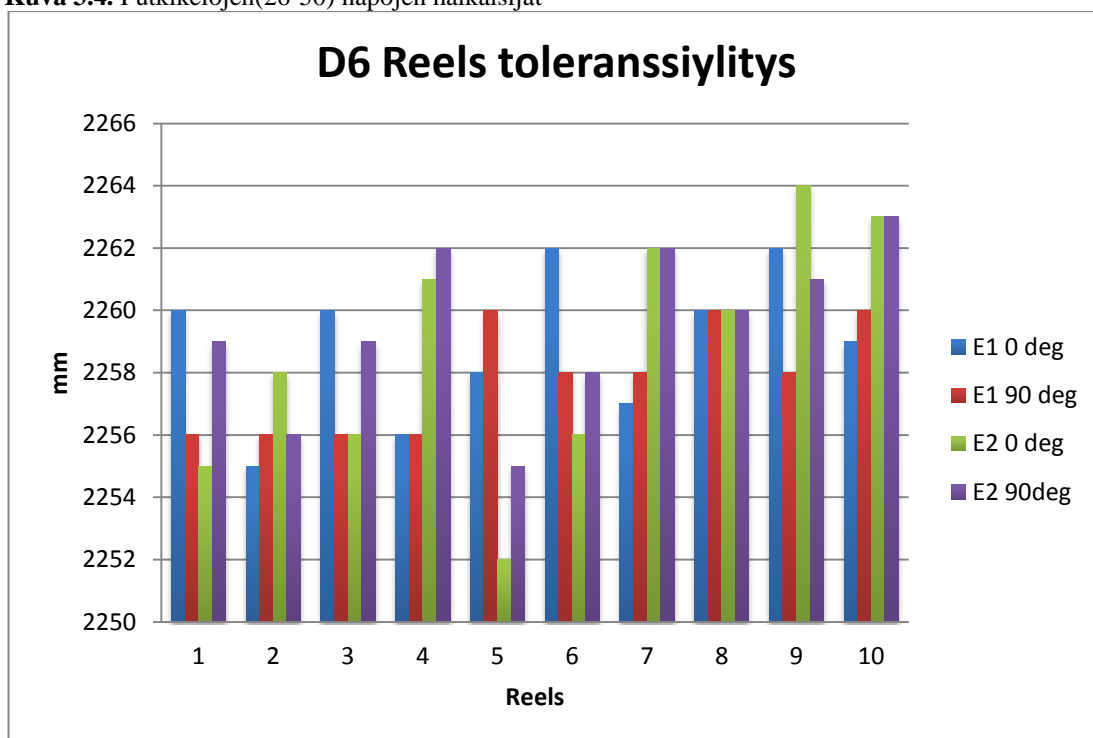
Kuvista 4.3, 4.4, 4.5 ja 4.6 selviää kaikkien 68:n putkikelan navan halkaisija.



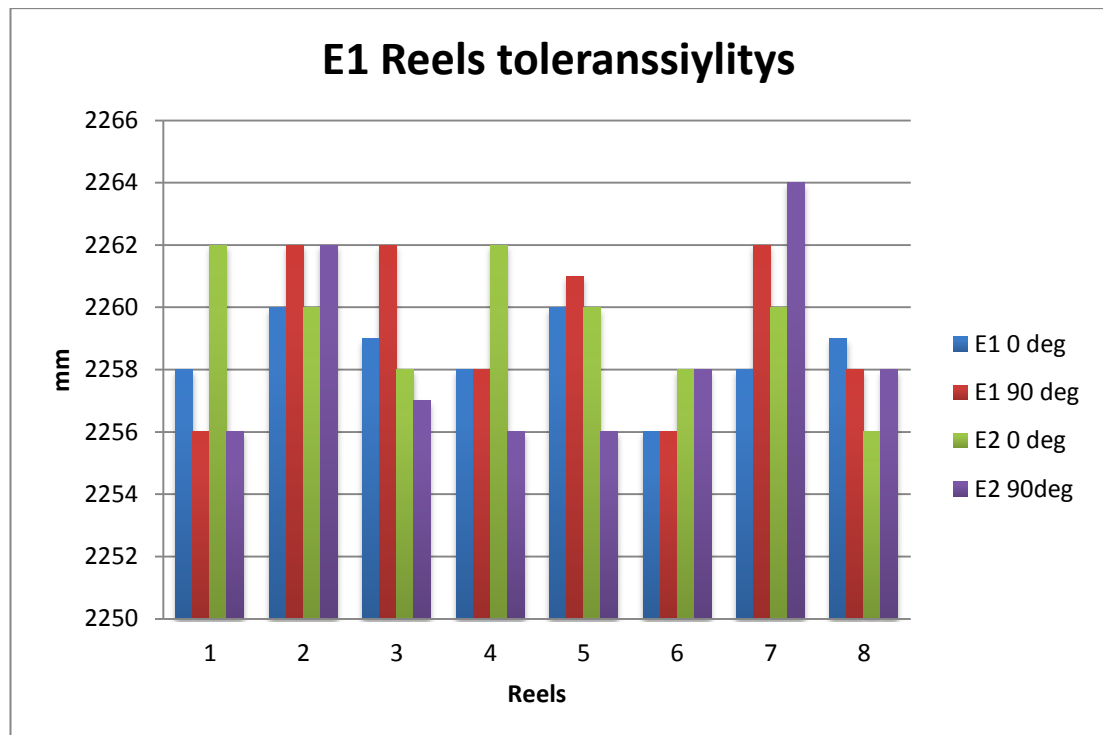
Kuva 3.3. Putkikelojen(1-25) navojen halkaisijat



Kuva 3.4. Putkikelojen(26-50) napojen halkaisijat



Kuva 3.5. Putkikelojen(51-60) napojen halkaisijat



Kuva 3.6. Putkikelojen(61-68) napojen halkaisijat

3.3 Yhteenveto mittatiedoista

Kaikista 68:sta valmistetusta putkikelasta 14 täytti vaaditun toleranssin $2250^{(+10)}_0$ mm navan halkaisijan osalta. B4 projektin putkikeloista 7 täytti vaaditun toleranssin ja suurin ylitys oli 13mm. D6 projektin putkikeloista vaaditun toleranssin täytti 5 putkikelaa ja suurin ylitys oli vain 4mm. E1 projektin putkikeloista vaaditun toleranssin täytti vain 2 putkikelaa, mutta yhtä kela lukuunottamatta kelat olivat maksimissaan vain 2mm yli vaaditun toleranssin.

4 PUTKIKELAN NAPA

4.1 Navan toleranssit

Toleranssi navan halkaisijalle on $2250^{(+10)}_0$ mm. Alkuperäinen vaatimus toleranssille oli $2250^{(+5)}_0$ mm. Toleranssivaatimusta on sittemmin väljennetty. Putkikelan raken-

hitsattavia jäykisteitä varten. Napaan hitsataan neljä rengasjäykistettä. Kaksi ylemmää jäykistettä kooltaan 15x60mm(paksuus x leveys) hitsataan kahdeksasta polttoleikatusta kappaleesta(LIITE2). Alemmat jäykisteet kooltaan 20x250mm(paksuus x leveys) hitsataan kuudesta polttoleikatusta kappaleesta(LIITE3). Ylempään isompaan jäykisteeseen hitsataan kahdeksantoista lisäjäykistettä. Lisäjäykiste kootaan kolmesta kappaleesta(LIITE4), kansipalasta ja kahdesta sivupalasta.

Levyaihion pituus on 7594mm, mikä sisältää työvaran 200mm molemmissa reunoissa. Työvaran poiston jälkeen aihion pituus on 7194mm. Kun aihio pyöristetään, sisähalkaisijaksi tulee: $7194\text{mm}/\pi = 2290\text{mm}$. Kutistumisvaraa on siis 40mm. kutistumisvara on hitsauskutistumaa ja pyöristystä varten.



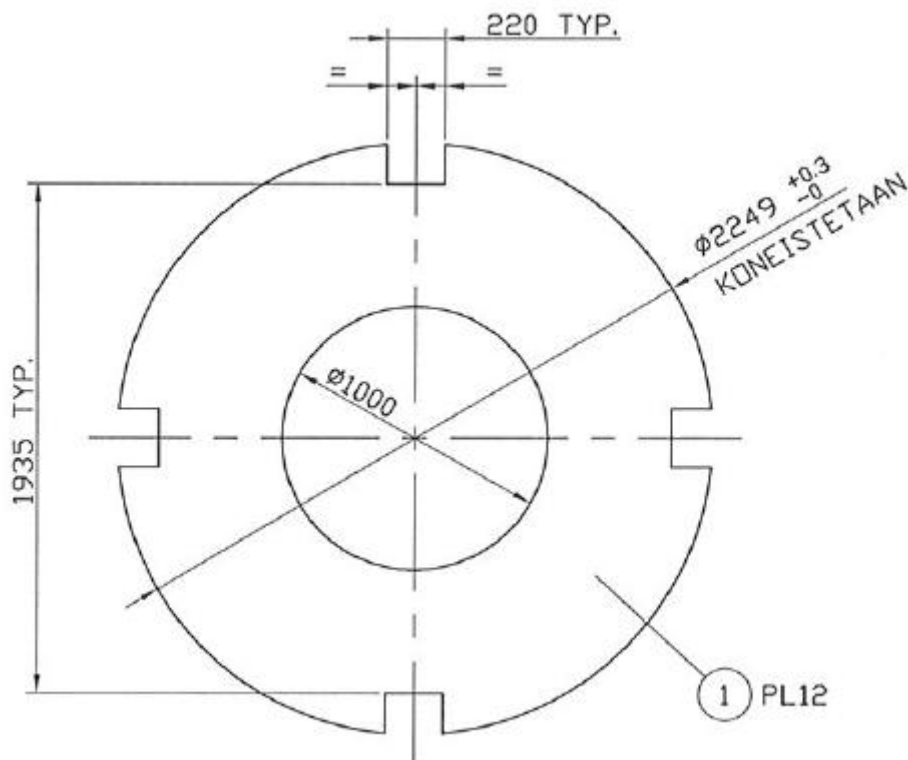
Kuva 4.1. Osakokoonpano putkikelan navasta(navasta puuttuu alin rengasjäykiste)



Kuva 4.2. Napa hitsattuna päädyn ulkokehää

4.3 Navan mittaus

Napa mitataan ensimmäisen kerran kun se on hitsattu yhteen pyöristyksen jälkeen. Se mitataan ja tarkistetaan tavallisella rullamitalla sekä pahvista leikatulla ympyräaihiolla. Jos näissä mittauksissa havaitaan poikkeamaa, sitä pyritään korjaamaan. Korjaaminen tapahtuu tunkkien avulla, joilla puristetaan rumpua. Seuraavan kerran nappaa mitataan samalla kun koko putkikela mitataan. Viimeisen kerran napa mitataan kun se on valmis. Viimeisellä kerralla napa mitataan testausjigiä(kuva 4.3) apuna käyttäen. Testausjigin ulkohalkaisija on sitä varten koneistettu oikeaan mittaan, $2249^{+0,3}_0$ mm. Mittaaminen tapahtuu sovittamalla testausjigiä putkikelan rummun sisään.



Kuva 4.2. Navan halkaisijan testausjigi

5 LÄMPÖLAAJENEMISEN VAIKUTUS HALKAISIAAN

5.1 Lämpölaajenemisen vaikutus halkaisiaan

Putkikelojen hitaus ja käsittely tapahtuu hallissa, jossa on ympärivuoden noin 20 astetta lämmintä. Jos oletetaan, että talvella on enimmillään -25 astetta pakkasta, niin lämpötila vaihtelu on 45 astetta. Ennen leikkausta levyaihion(LIITE1) koko on 31x2100x7800mm.

Pituuden lämpölaajeneminen:

$$l = l_0 \times (1 + \alpha \times \Delta t)$$

$$l_0 = 7800\text{mm}$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 45^\circ\text{C}$$

$$l = 7800\text{mm} \times (1 + 12 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C} \times 45^\circ\text{C} = 7804,212\text{mm}$$

Suoraan halkaisijaan tuo 4,212mm laajeneminen vaikuttaa $4,212/\pi = 1,34\text{mm}$

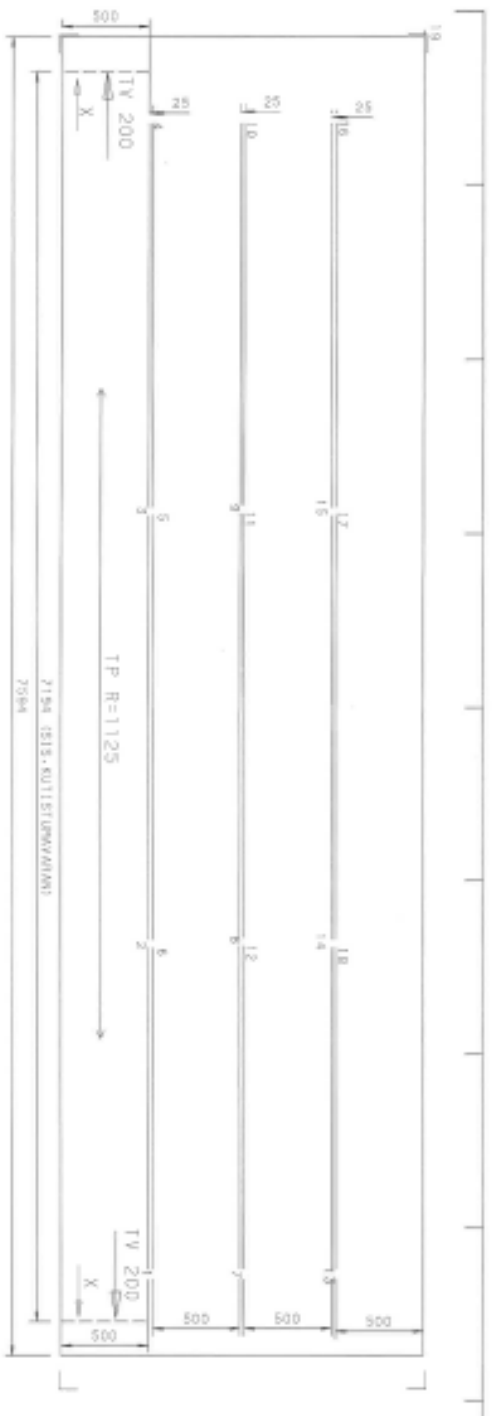
6 YHTEENVETO

Työ oli haastava, koska tutkittavaa materiaali oli todella paljon. Kaikista kolmesta putkikelaprojektista oli useampi sata sivua materiaalia. Haasteita syntyi myös, koska Technipillä ei ollut enää keväällä keskeneräistä putkikelaprojektia ja viimeisimmätkin kelat oli jo lähetetty tilaajalle. Olisi ollut paljon havainnollistavampaa, jos olisin päässyt seuraamaan koko valmistusprosessia osien leikkaamisesta maalaukseen.

Päätavoite oli selvittää miksi kelan navan sisähalkaisija menee yli toleranssien ja miten valmistusta kehittämällä sitä voidaan parantaa. Mitään yksiselitteistä syytä ei ylitykselle löytynyt. Alussa epäiltiin, että hitsauskutistuminen on pääsyyllinen tähän. Se ei todennäköisesti pidä paikkaansa, koska rumpujen halkaisijat vaihtelivat melko paljon. Suurin mitattu halkaisija oli 2273mm ja pienin halkaisija oli 2252mm. Osat ovat kuitenkin pysyneet suunnilleen samoina ja hitsausjärjestys on ollut lähestulkoon sama kaikissa projekteissa. Jos hitsauskutistumalla olisi merkittävä vaikutus halkaisijan vaihteluun, vaihteluväli olisi paljon pienempi ja tasaisempi. Lämpölaajenemisellaan ei ole kovin suurta vaikutusta halkaisijaan. Suurempi syy saattanee johtua alkuvaiheen puutteellisista mittauksista ja inhimillisistä erheistä. Pyöristämisen jälkeen, ennen yhteenhitsausta, rumpu kannattaisi mitata tarkemmin ja korjata jos on tarvetta. Yhteenhitsauksen jälkeen kannattaa myös mitata ja tarkistaa rummun ympyrämuotoisuus. Jos näihin alkuvaiheen mittauksiin laaditaan tarkat ohjeet, vaihteluväli luultavammin pienenee merkittävästi. Tämän jälkeen olisi helpompi puuttua hitsauskutistuman vaikutukseen, jos siihen on vielä tarvetta.

LÄHTEET

1. Technip Offshore Finland Oy Intranet [www-sivu]. [Viitattu 11.5.2012]
2. Technip Offshore Oy:n omat tietokannat.
3. Väkiparta, T. Työnjohtaja, Technip Offshore Finland Oy. Haastattelu 18.5.2012
4. Maol taulukot, ISBN 951-1-16053-2



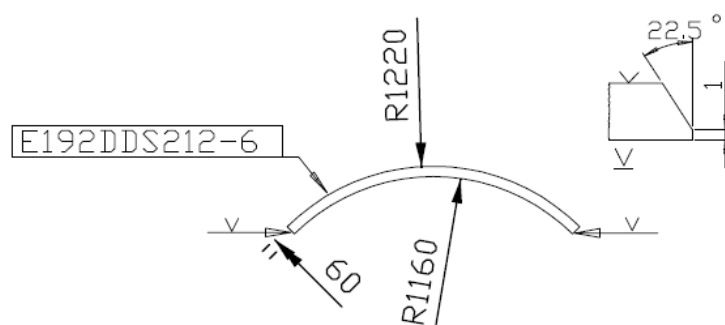
HUOM: OSAT JAETAIAN KANNAKSILLA KIINNI TAIVUTUKSEN AJAKSI!!!
 HUOM: SEEVAUS TYÖVARAN POISTON JALKEEN!!!
 E1-92-00-S212-00001 ④12 KPL
 E1-98-00-S212-00001 ④4 KPL



Levytyö tuotanto	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:
30 * 2100 * 7800	S355J2+N	S355J2+N	58.3 M	KJAR	2011-05-17	2011-05-17	3581	92-54-50 REEL FLANGE	E1
Levytyö mitat	7.86E-06	7.86E-06	0.0 M	2011-05-17	2011-05-17	3581	92-54-50 REEL FLANGE	E1-92-00-S212-00001	HE1192545429
Levytyö koodi	18175	18175	19	3581	3581	3581	3581	E1-98-00-S212-00001	HE1192545429
Levytyö tuotanto	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:	Levytyö:
7.3 X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.6 X	4	4	4	4	4	4	4	4	4

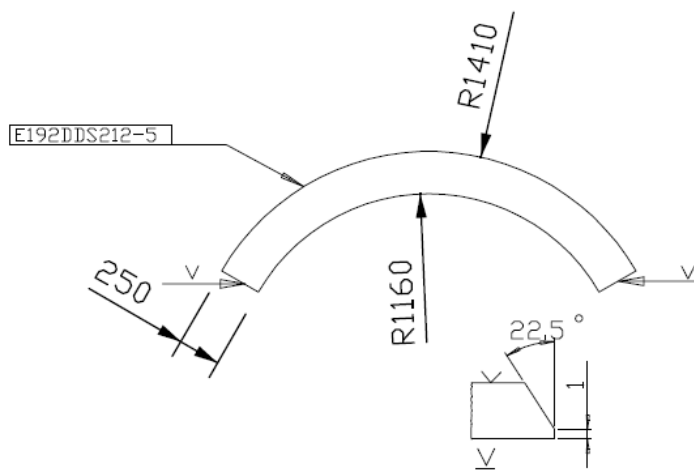


LIITE 2



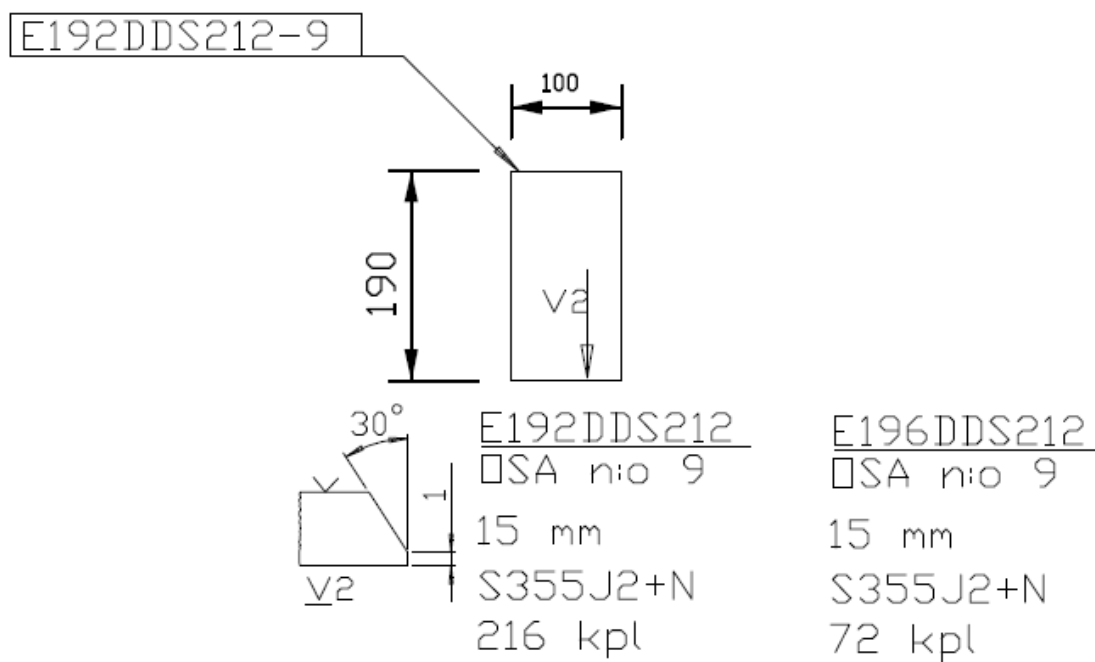
<u>E192DDS212</u>	<u>E196DDS212</u>
□SA n:o 6	□SA n:o 6
15 mm	15 mm
S355J2+N	S355J2+N
96 kpl	32kpl

LIITE 3

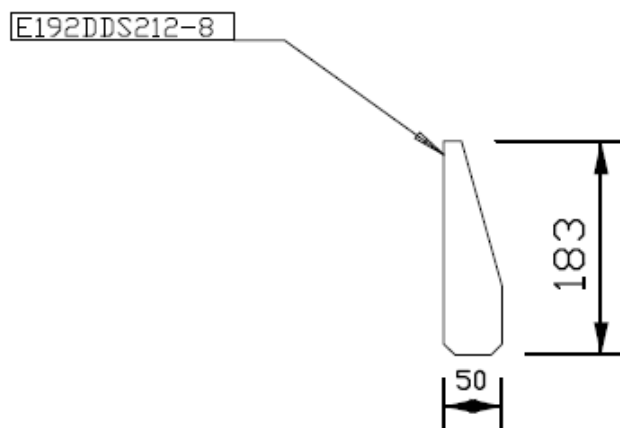


E192DDS212
□SA n:o 5
20 mm
S355J2+N
72 kpl

E196DDS212
□SA n:o 5
20 mm
S355J2+N
24 kpl



Lisäjäykiste, kansipala



<u>E192DDS212</u>	<u>E196DDS212</u>
□SA n:o 8	□SA n:o 8
20 mm	20 mm
S355J2+N	S355J2+N
432 kpl	144 kpl

Lisäjäykiste, sivupala