

Antti Yliverronen

Katodikoneen kehitystyö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2014

KATODIKONEEN KEHITYSTYÖ

Yliverronen Antti
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2014
Ohjaaja: Nurmi, Lassi
Sivumäärä: 36
Liitteitä: 4

Asiasanat: hydraulikka, iskunvaimennus, katodikone, pukkain

Opinnäytetyössä perehdyttiin Boliden Harjavalta Oy:n katodikoneeseen. Työn tavoitteena oli kehittää katodikoneen pukkaimen ja hissien toimintaa.

Insinööriyön lähtökohtana oli perehtyä hydraulisynterien toimintaan ja iskunvaimennukseen. Tämän jälkeen työssä esiteltiin katodikone ja sen nykyiset ongelmat.

Lopulta päädyttiin ehdottamaan erillisiä iskunvaimentimia, hydraulisynterien uudelleen sijoittamista ja hissien ohjuripalan muuttamista.

DEVELOPING THE CATHODE STRIPPING MACHINE

Yliverronen, Antti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2014

Supervisor: Nurmi, Lassi

Number of pages: 36

Appendices: 4

Keywords: hydraulics, shock absorber, cathode stripping machine, pusher

The purpose of this thesis was to develop Boliden Harjavalta Oys cathode stripping machine. Especially the pusher and elevators.

This thesis began with familiarizing with the function of hydraulic cylinders and shock absorbers. Then the machine was introduced and its problems were explained.

Finally it was proposed that external shock absorbers should be added, hydraulic cylinders should be moved and the elevator guide piece should be changed.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	YRITYS	6
2.1	Boliden konserni	6
2.2	Boliden Harjavalta Oy	7
2.3	Kuparielektrolyysi.....	7
3	HYDRAULISYLINTERIT JA NIIDEN TOIMINTA	8
3.1	Hydraulisyntierien perusominaisuudet	8
3.1.1	Yksitoimiset sylinterit	8
3.1.2	Kaksitoimiset sylinterit.....	8
3.2	Hydraulisyntierien nurjahdus.....	10
3.3	Päätyasentovaimennus	11
3.3.1	Kiinteä päätyasentovaimennus	12
3.3.2	Säädettävä päätyasentovaimennus.....	13
3.4	Iskunvaimennus	13
4	NYKYINEN JÄRJESTELMÄ.....	15
4.1	Pukkain.....	15
4.2	Hissit	16
4.3	Niputuslaitteisto	19
5	NYKYISEN JÄRJESTELMÄN ONGELMAT	21
5.1	Hissit	21
5.2	Pukkain ja kelkka	22
5.3	Trukkipiikkien hydraulisyntieri	23
6	KEHITYSEHDOTUKSET.....	25
6.1	Hissi	25
6.2	Pukkain.....	26
7	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET.....	38

1 JOHDANTO

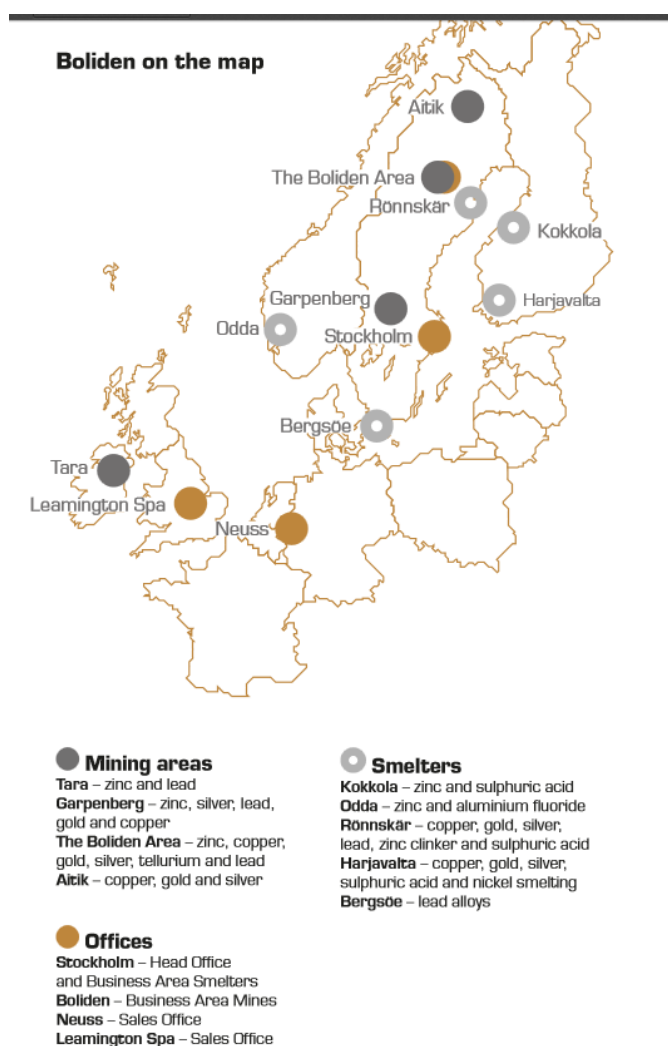
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia kehitysehdotuksia katodimirrotuskoneelle Boliden Harjavalta Oyn kuparielektrolyysiin. Bolidenille olisi tärkeää saada katodikoneen toiminta luotettavammaksi ja turvallisemmaksi. Ongelmana katodikoneessa on hissien ja katodinsiirtopukkaimen yhteistoiminta.

Opinnäytetyössä keskitytään pohtimaan erilaisia ratkaisumahdollisuuksia ja rakennemuutoksia, joilla koneen tuotanto varmuutta parannettaisiin.

2 YRITYS

2.1 Boliden konserni

Boliden on ruotsalainen konserni, jonka erikoisalaa on malminetsintä, kaivostoiminta, sulattotoiminta ja metallien uusiokäyttö. Vuonna 2013 yhtiössä työskenteli noin 4 800 henkilöä ja liikevaihto oli 30409 miljoonaa kruunua. Bolidenillä on toimipisteitä Euroopassa Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Englannissa, Irlannissa, Tanskassa ja Saksassa.



Kuva 1 Bolidenin toimipisteet (Bolidenin www-sivut)

2.2 Boliden Harjavalta Oy

Boliden Harjavallalla on pitkä historia suomalaisessa teollisuudessa. Kuparisulatto aloitti toimintansa Imatralla jo vuonna 1936 Outokummun nimellä, mutta sodan johdosta tuotanto siirrettiin kokonaan Harjavaltaan vuonna 1944. Harjavallassa kehitettiin ja otettiin käyttöön kuparirikasteiden liekkisulatus vuonna 1949. Menetelmä on maailman yleisin kuparirikasteiden sulatustapa. (Bolidenin www-sivut. 2014)

Harjavallassa työntekijöitä on noin kolmesataa ja koko suurteollisuuspuistossa noin tuhat. Harjavallan päätuote on kuparianodi ja sivutuotteena valmistetaan rikkihappoa. Lisäksi Harjavallassa sulatetaan nikkeliä palvelusulatuksena muille asiakkaille. (Bolidenin www-sivut. 2014)

2.3 Kuparielektrolyysi

Kuparielektrolyysi aloitti toimintansa Porissa vuonna 1941. Kuparielektrolyysissä tuotetaan kuparikatodeita, kultaa ja hopeaa. Vuonna 2013 kuparikatodia tuotettiin Porissa 119 000 tonnia. (Bolidenin www-sivut. 2014)

3 HYDRAULISYLINTERIT JA NIIDEN TOIMINTA

3.1 Hydraulisynterien perusominaisuudet

Hydraulisynterit muuntavat hydraulisen tehon mekaaniseksi edestakaiseksi liikkeeksi. Teho tuotetaan sylinterin männällä. (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2013, 195.)

Sylinterit voidaan jakaa kahteen pääryhmään toimintaperiaatteensa mukaan: yksitoimisiin ja kaksitoimisiin. Yksitoimiset sylinterit toimivat vain yhteen suuntaa hydraulikan avulla eli työliike on vain yhteen suuntaan. Paluuliike tapahtuu ulkoisella voimalla esim. jousella tai sylinterin omalla painolla. Kaksitoimisia sylinterejä voidaan käyttää hydraulikalla molempiin suuntiin. (Kauranne ym. 2013, 195.)

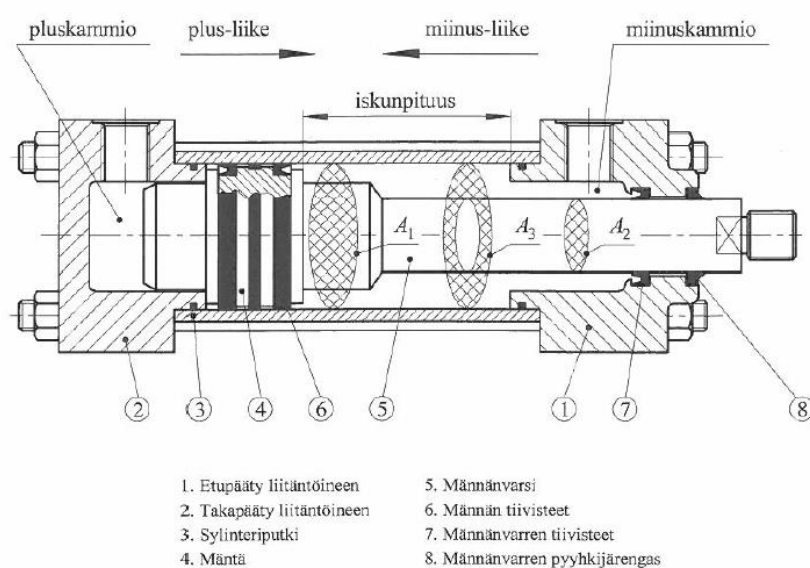
3.1.1 Yksitoimiset sylinterit

Yksitoimiset sylinterit ovat harvinaisia, koska niiden sijasta käytetään usein kaksitoimista sylinteriä, joilla voidaan toteuttaa sama toiminto. (Kauranne ym. 2013, 196.)

3.1.2 Kaksitoimiset sylinterit

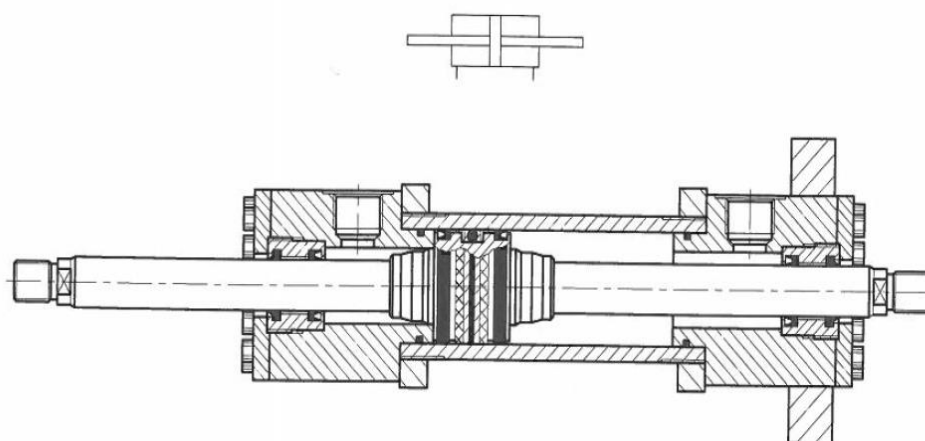
Kaksitoimiset hydraulisynterit toimivat hydraulikalla molempiin suuntiin eli työkierto voi olla molempiin suuntiin. Yleisin kaksitoimisista sylintereistä on yksipuoli-

sella männänvarrella varustettu sylinteri. Sylinteristä saatavat voimat ovat erisuuruisia eri liikesuuntiin jos käytetään samaa syöttöpainetta. Tämä johtuu erikokoisista männän pinta-aloista (kuvassa A_1 ja A_3). (Kauranne ym. 2013, 198.)



Kuva 2 Hydraulisyylinteri (Kauranne ym. 2013, 195.)

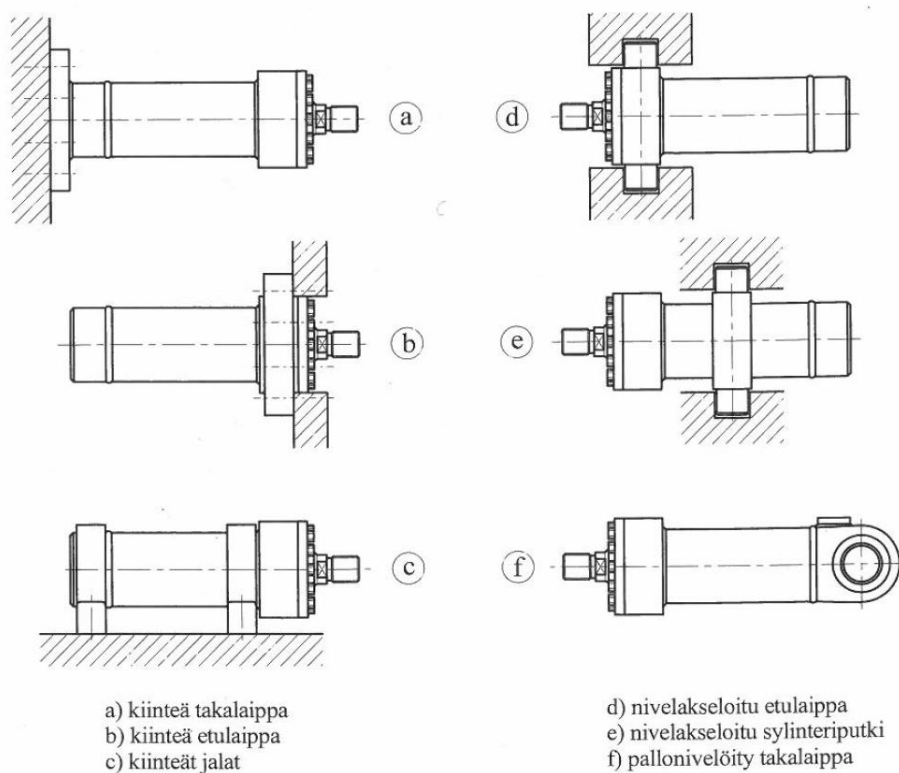
Kaksipuolisella männänvarrella varustetuissa sylintereissä ei tätä ominaisuutta ole, koska männän pinta-alat ovat yhtä suuret molemmilla puolilla. Rakenteensa vuoksi tällaiset sylinterit vaativat enemmän tilaa, kuin yhdellä männänvarrella varustetut sylinterit.



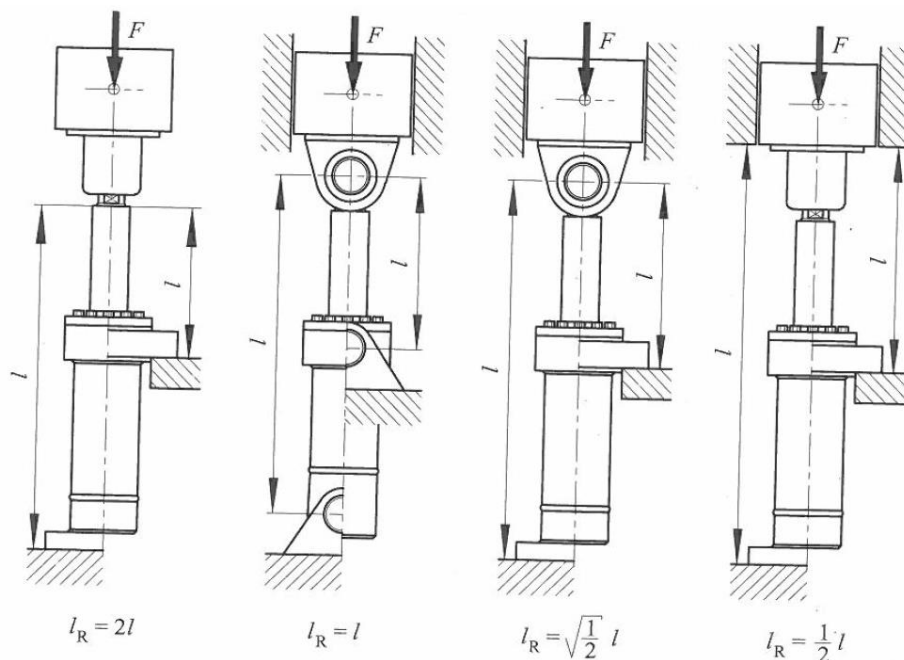
Kuva 3 Kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri. (Kauranne ym. 2013, 199.)

3.2 Hydraulisylinterien nurjahdus

Hydraulisylinterit on suunniteltu kantamaan vain aksiaalisia kuormia, joten kiinnitystavassa on oltava tarkka, ettei sylinteriin tule sivuttaiskuormia. Sylinterin asennon tulisi muuttua vastaavasti jos kuormituksen suunta vaihtuu. Sylinterien aksiaalisten kuormien kantokyky on myös rajallinen, kun kuorma on liian suuri, taipuu männänvarsi sivulle eli nurjahtaa. Sylinterin kiinnitystavalla ja iskunpituudella on iso merkitys nurjahduksen laskemisessa, sillä niiden avulla lasketaan sylinterille redusoitu pituus. Redusoitu pituus vaikuttaa suurimpaan mahdolliseen iskunpituuteen. (Kauranne ym. 2013, 204.)



Kuva 4 Sylinterien kiinnitystapoja (Kauranne ym. 2013, 204.)



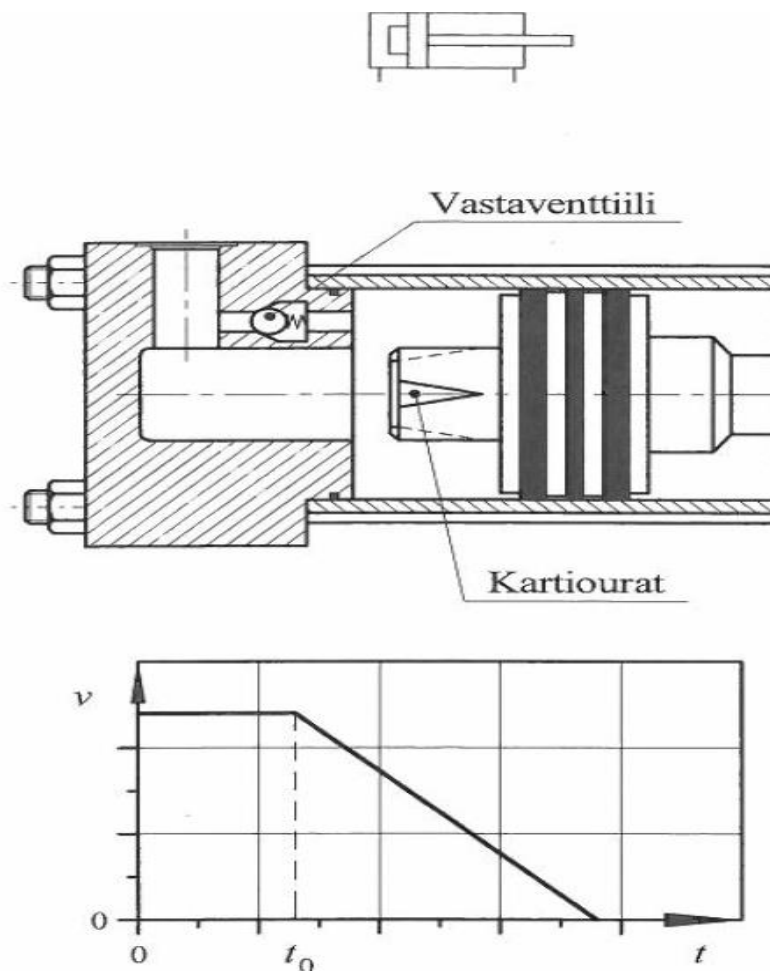
Kuva 5 Sylinterien redusoitu pituus (Kauranne ym. 2013, 205.)

Käytännössä sylinterien suurimmat sallitut iskupituudet ja kuormitukset voidaan tarkistaa valmistajien laatimista taulukoista. Tarkistuksessa tulisi olla erittäin tarkka, jos sylinteri tekee työntävää työtä. (Kauranne ym. 2013, 204.)

3.3 Päätyasentovaimennus

Männän liikuttaessa tiettyä massaa sillä on kineettistä energiaa, joka riippuu massan suuruudesta ja nopeudesta. Päätyasennossa tämä energia kohdistuu männän ja sylinterin rakenteisiin mikä voi vaurioittaa niitä. Jottei näin kävisi on männän nopeus pidettävä tarpeeksi alhaisena koko liikkeen ajan tai sitä on hidastettava ennen, kuin mäntä saavuttaa päätyasennon. Vaimennukseen on olemassa kaksi tapaa, joko sylinterin ulkopuolisilla venttiilikytkennoillä tai sylinterin sisäisellä rakenteella eli päätyvaimennuksella. Yleisesti päätyasentovaimennusta pidetään tarpeellisena, kun männän liikenopeus ylittää arvon 0,1m/s. Siirrettäessä suuria massoja tulisi vaimennusta käyttää jo pienemmällä nopeudella. (Kauranne ym. 2013, 206.)

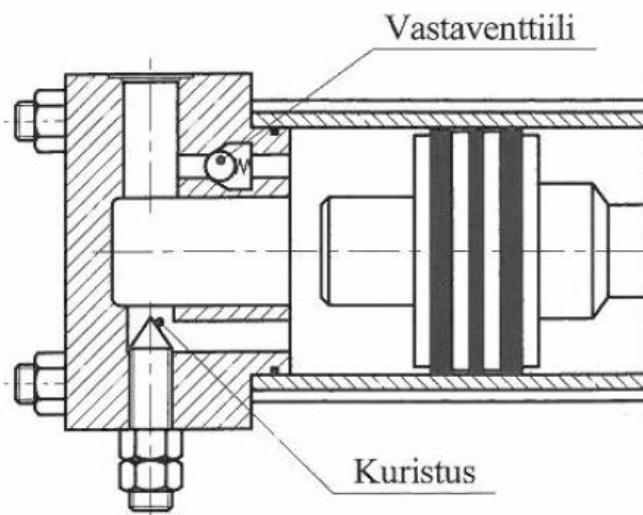
3.3.1 Kiinteä päätyasentovaimennus



Kuva 6 Kiinteä päätyasentovaimennus (Kauranne ym. 2013, 207.)

Kuvan 6 mukaisessa päätyvaimennuksessa iskun loppuvaiheessa hydraulikkaöljyn virtausta rajoitetaan päätyholkin kartiourilla, joita pitkin öljy virtaa. Urien muodon johdosta virtaus hidastuu tasaisesti ja samalla männän nopeus hidastuu tasaisesti. Vastaventtiilillä estetään päätyasentovaimennuksen toiminta toiseen suuntaan eli se ei hidasta männän liikkeellelähtöä. (Kauranne ym. 2013, 207.)

3.3.2 Säädetty päätyasentovaimennus

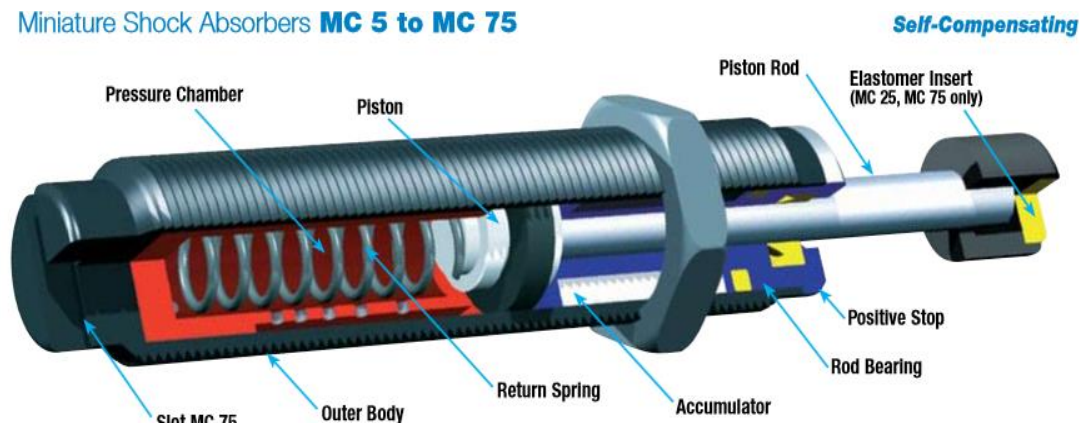


Kuva 7 Säädetty päätyasentovaimennus (Kauranne ym. 2013, 207.)

Tällaisessa vaimennuksessa päätyholkki sulkee virtauksen osittain ja neste pääsee pois päätykappaleeseen tehdyn kanavan kautta. Virtausta rajoitetaan kanavassa olevalla säädettyväällä kuristuksella. (Kauranne ym. 2013, 207.)

3.4 Iskuvaimennus

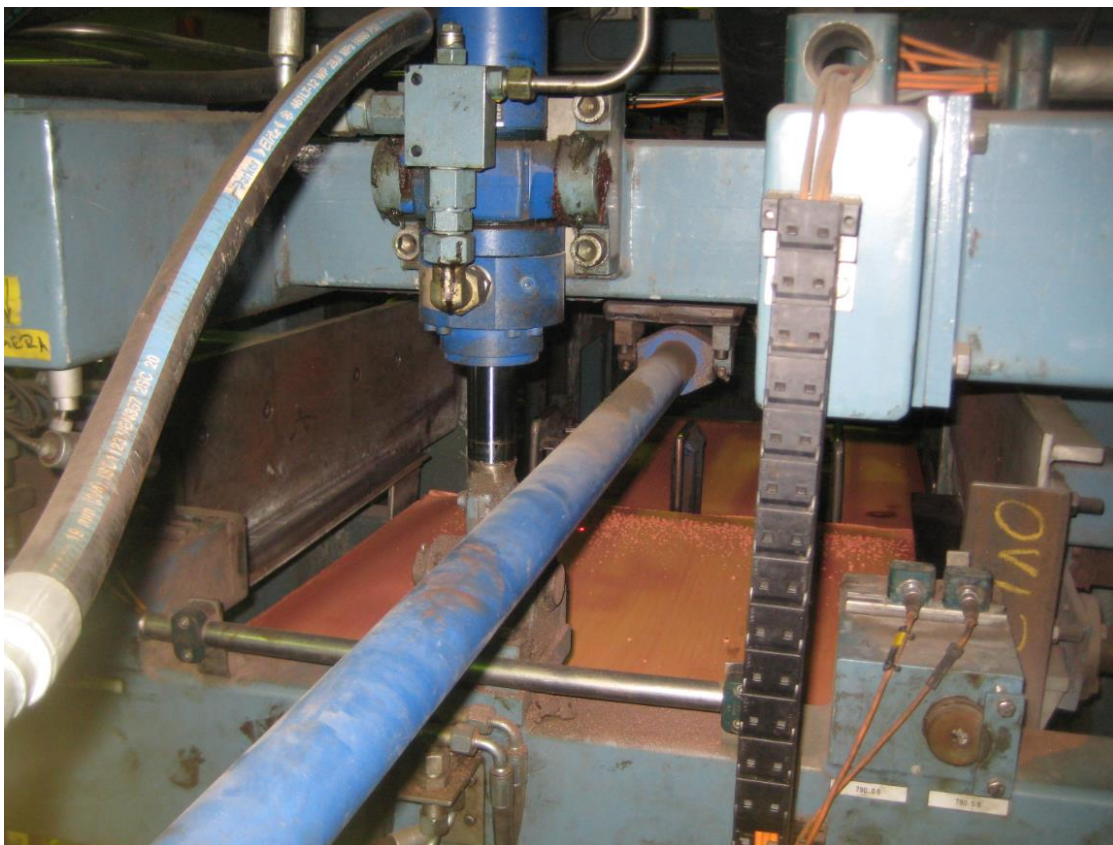
Iskunvaimentimia käytetään silloin kun liikutettava massa tai liikenopeus on suuri, kun tuotantonopeutta halutaan kasvattaa, mutta hydraulisylintereitä ei haluta vaihtaa. (Pneumax [www-sivut](http://www.pneumax.com))

Miniature Shock Absorbers **MC 5 to MC 75**Kuva 8 Iskunvaimennin (Acecontrols [www-sivut.](http://www.sivut.))

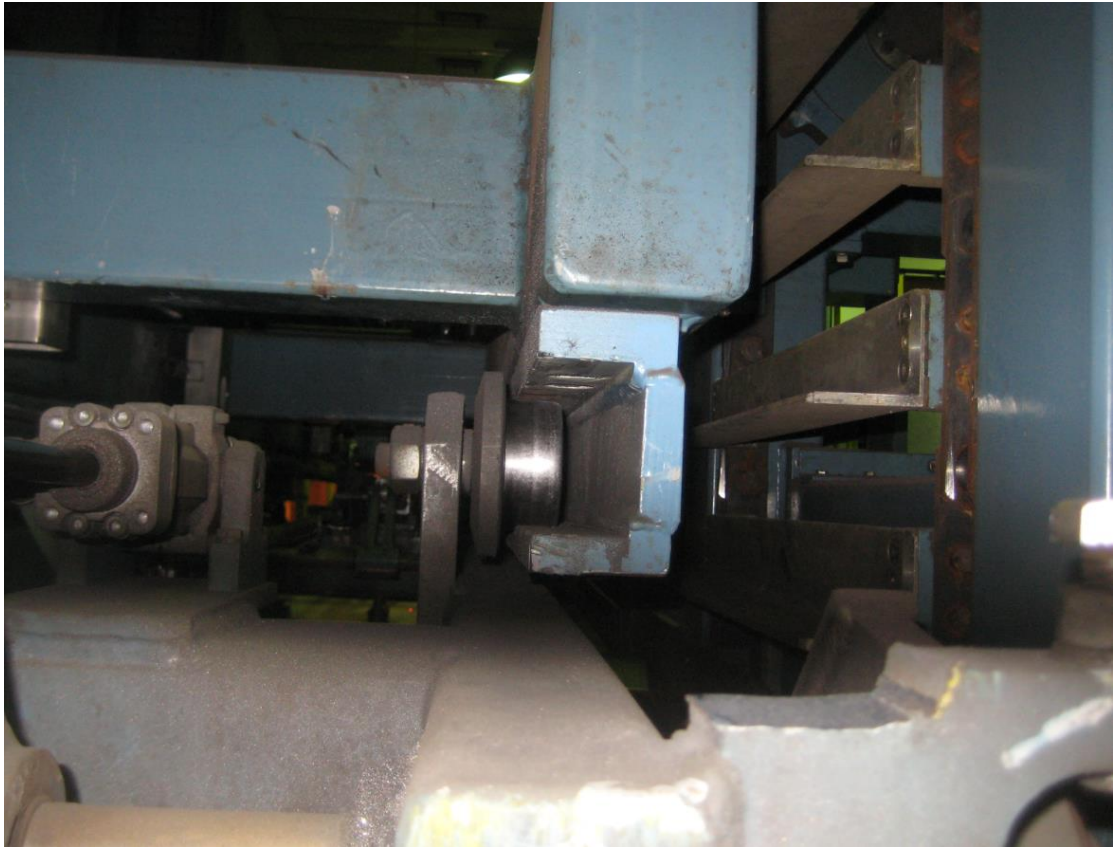
4 NYKYINEN JÄRJESTELMÄ

4.1 Pukkain

Pukkain koostuu yhdestä hydraulisylinteristä (Bosch Rexroth CDM1) ja siihen kiinnitetystä kelkasta. Sylinteri liikuttaa kelkkaa, joka liikuttaa katodeita hisseiltä niputuslaitteistoon. Kelkka kulkee hissien välissä omilla liukupinnoillaan.



Kuva 9 Pukkaimen työsylinteri (Yliverronen. 2014)



Kuva 10 Kelkan johdepinta (Yliverronen. 2014)

4.2 Hissit

Katodeita liikuttavat kaksi hissit 1 ja 2. Hissil:een ajetaan huonolaatuiset katodit ja hissillä 2 tehdään tuotantoa nopeammin.



Kuva 11 Hissit (Yliverronen. 2014)

Katodit liikkuvat hississä liukupintoja pitkin ylös ja hissistä toiseen. Jokaista ketjua, joihin liukupinnat on kiinnitetty, liikuttaa oma sähkömoottori eli hisseissä on yhteensä neljä moottoria. Hissien välissä on pieni liukupinta, jonka tehtävänä on estää katodien putoaminen väärään väliin. Pukkain työntää katodit hissistä 2 niputuslaitteistoon.



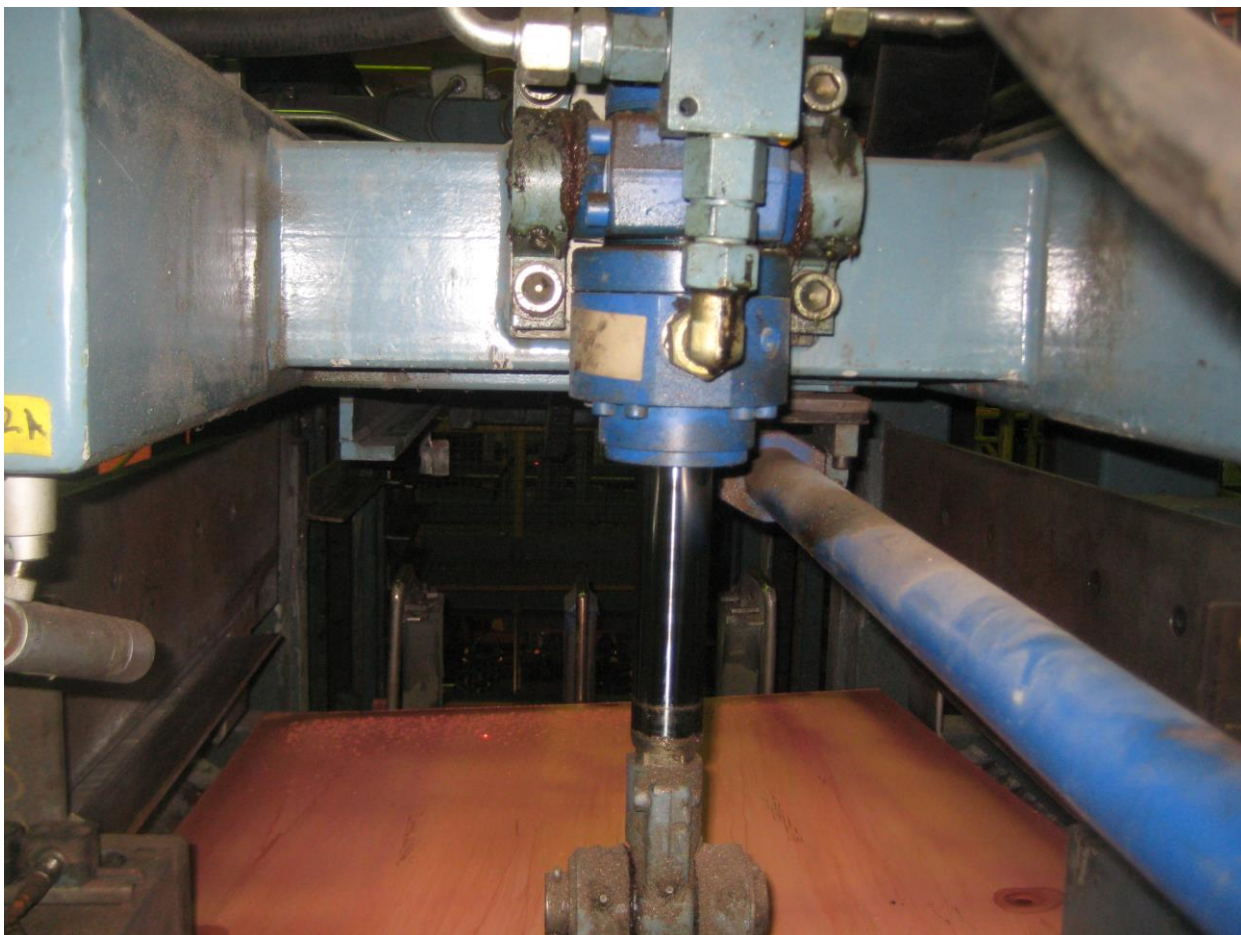
Kuva 12 Hissin liukupinta (Yliverronen. 2014)



Kuva 13 Hissien välissä oleva ohjain (Yliverronen. 2014)

4.3 Niputuslaitteisto

Niputuslaitteisto koostuu pudottajista, trukkipiikeistä, trukkipiikkejä laskevasta hydraulisylinteristä ja hydraulisesta nostimesta. Kun pukkain vetää katodin niputuslaitteistoon, se tulee pudottajien päälle, josta se pudotetaan trukkipiikkien päälle ja näin rakennetaan katodinippua. Kun nipussa on tarpeeksi katodeita, nostaa sylinteri katodinipun trukkipiikkien päältä ja niputusta jatketaan sylinterin päälle.



Kuva 14 Trukkipiikkien hydraulisylinteri (Yliverronen. 2014)



Kuva 15 Katodinippu trukkipiikkien päällä. (Yliverronen 2014)

5 NYKYISEN JÄRJESTELMÄN ONGELMAT

5.1 Hissit

Ongelmaksi on muodostunut katodien putoaminen väärin väleihin hississä tai pahimmassa tapauksessa katodien juuttuminen. Tilan ahtauden takia levyjä on hankala irrottaa.

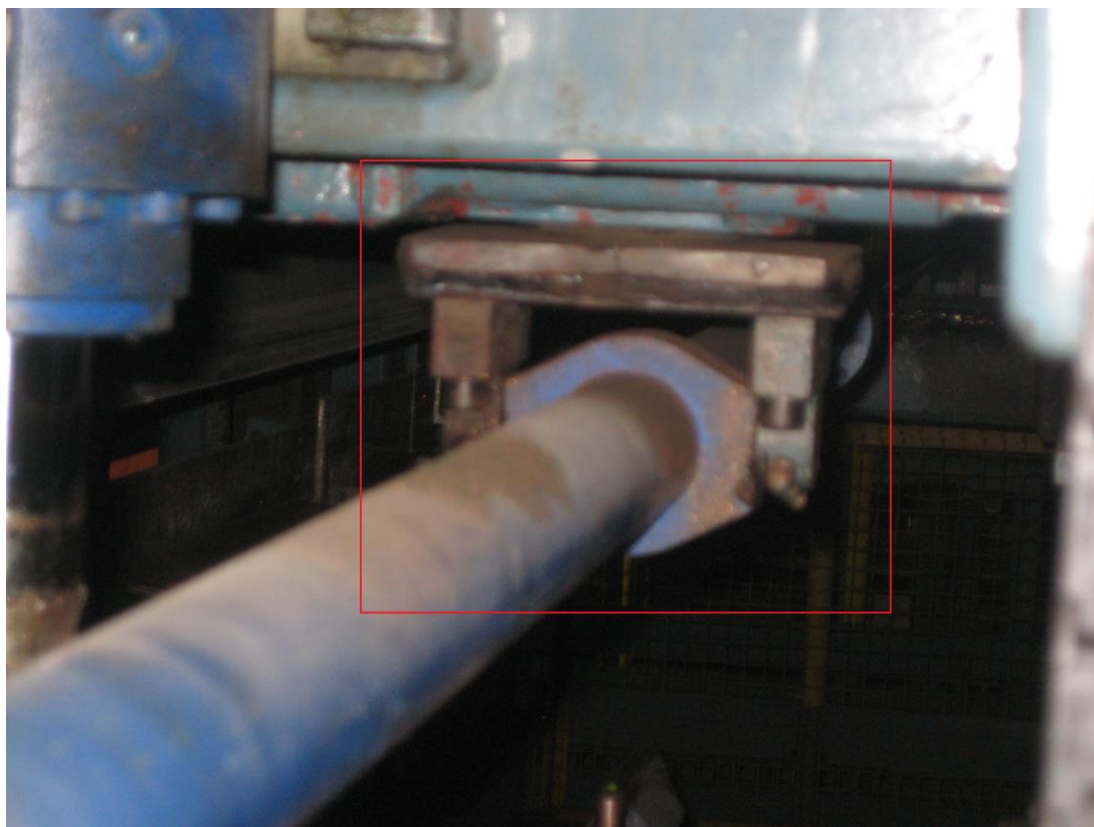


Kuva 16 Hissien ohjuripala (Yliverronen. 2014)

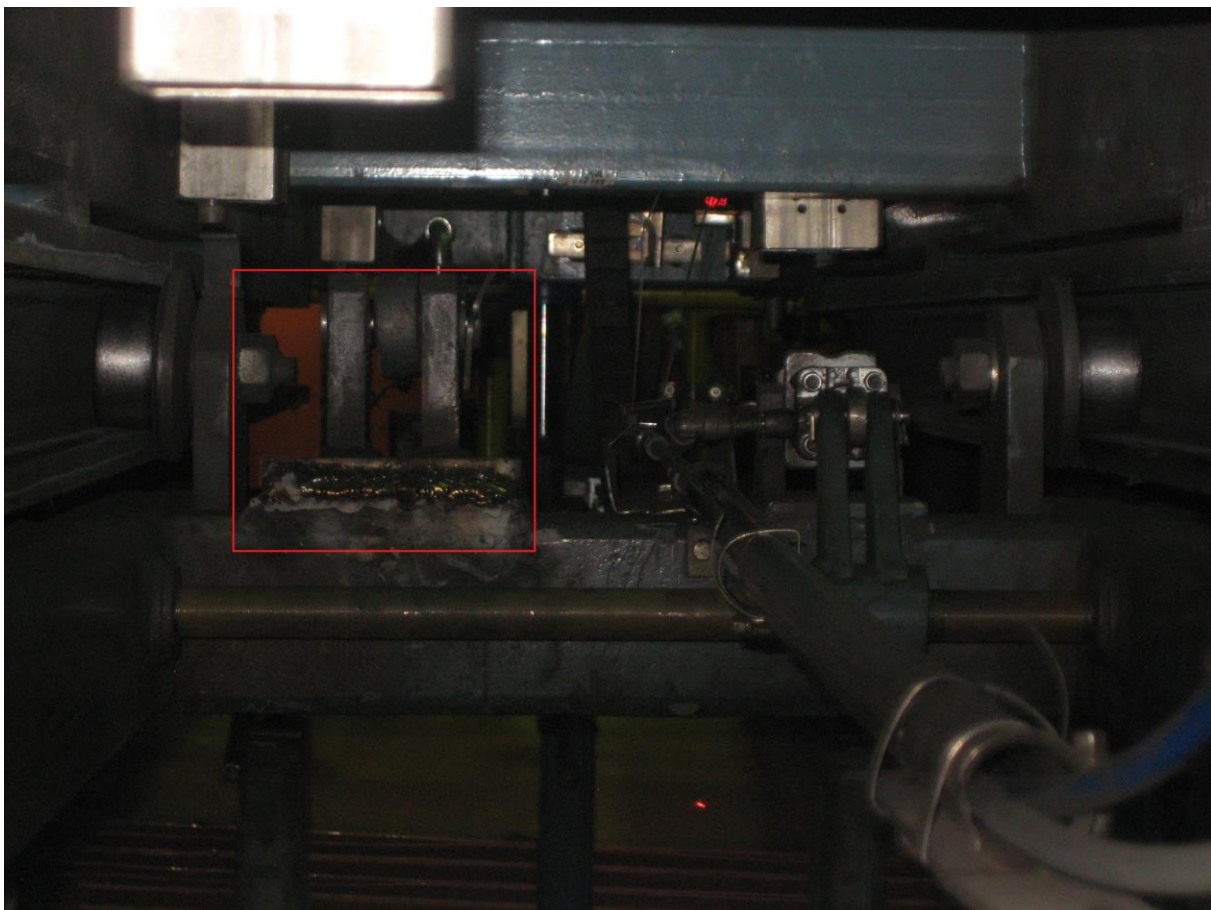
Ohjuripala ei ole vasemmasta reunastaan tarpeeksi pitkä, jonka johdosta levyt voivat mennä ohjurin ali ja pudota hissien väliin (kuvassa punainen nuoli).

5.2 Pukkain ja kelkka

Tällä hetkellä katodikoneen pikkain ja siihen kiinnitetty sylinteri liikkuvat suurella nopeudella. Sylinterin valmistaja suosittelee maksiminopeudeksi 0,5 m/s ja tämän hetkinen nopeus on 0,9 m/s. Tämä johtaa riittämättömään päätyvaimennukseen molemmilla suunnilla. Toistaiseksi itse sylinteri ei ole rikkoutunut, mutta sen kiinnikkeet (ruuvit ja kiinnityslaatta) ovat rikkoutuneet ja myös kelkan kiinnitysalusta on rikkoutunut. Lisäksi kelkka kulkee vinossa johdepintojaan pitkin, koska kelkan kiinnitys ei ole keskellä. Tämä on erityisen hyvin huomattavissa kun kelkka lähtee liikkeelle.



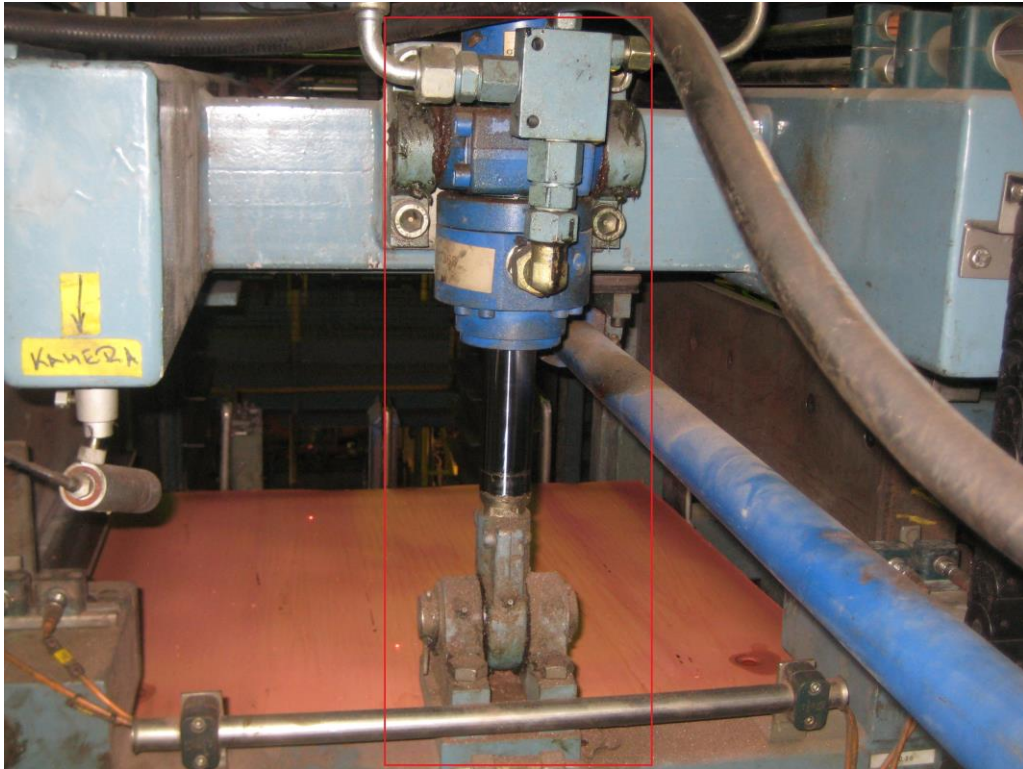
Kuva 17 Pukkaimen kiinnitys (Yliverronen 2014)



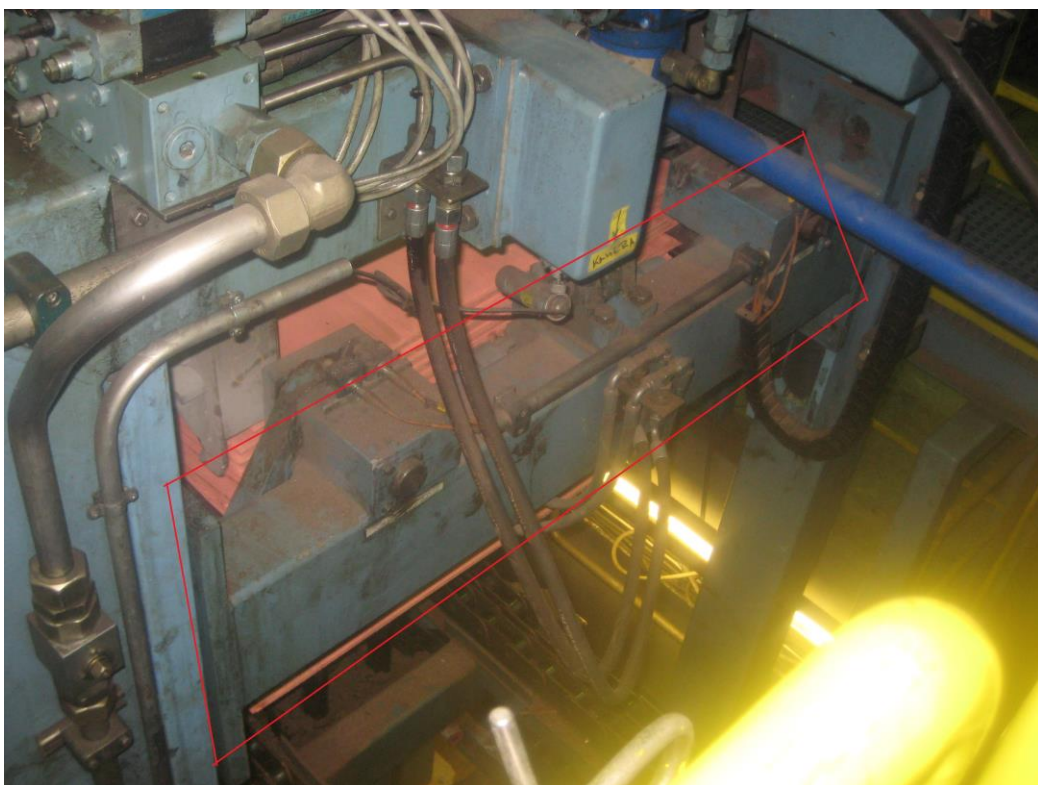
Kuva 18 Kelkan kiinnitysalue (Yliverronen 2014)

5.3 Trukkipiikkien hydraulisylinteri

Trukkipiikkejä laskevan hydraulisylinteri kiinnitys on sijoitettu keskelle palkkia, jossa trukkipiikit ovat kiinni. Palkki voi kulkea vinossa ja jopa juuttua, koska sen joh-teissa on väljyyttä.



Kuva 19 Trukkipiikkejä laskeva hydraulisylinteri ja sen kiinnitys (Yliverronen. 2014)

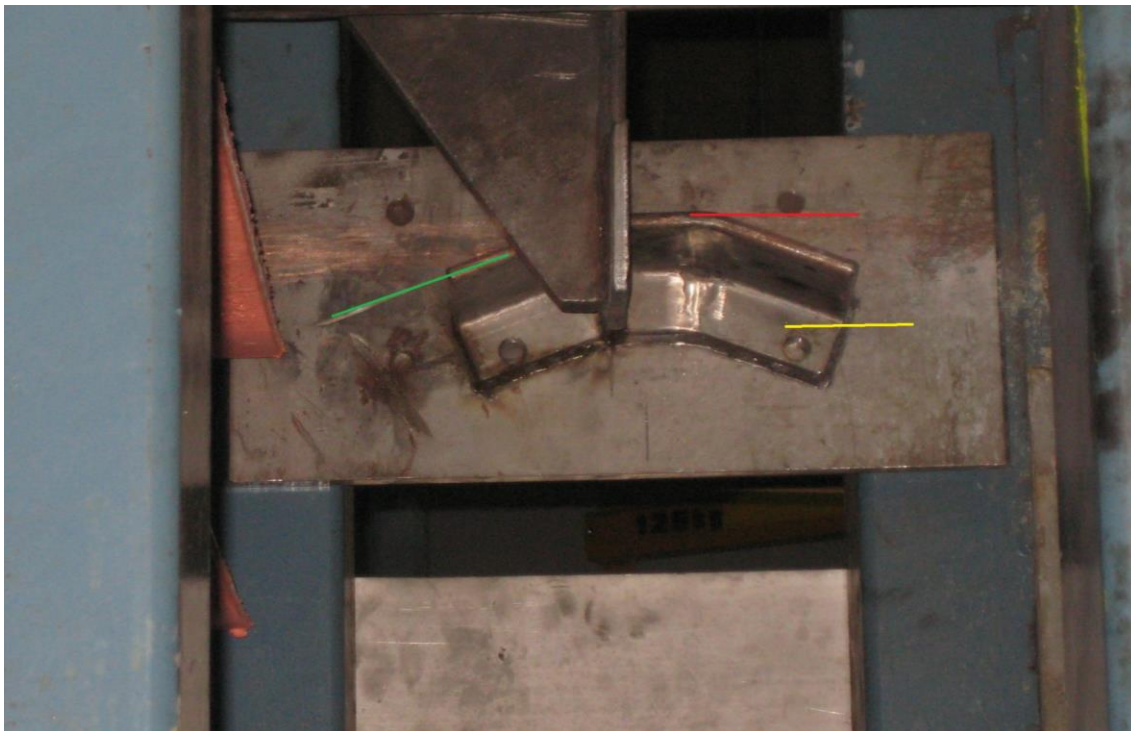


Kuva 20 Trukkipiikkien kiinnityspalkki (Yliverronen. 2014)

6 KEHITYSEHDOTUKSET

6.1 Hissi

Hissien välissä olevaa ohjuripalaa voitaisiin muuttaa kahdella tavalla. Ohjuripalan pituutta voitaisiin kasvattaa hissiin 1 päin (kuvassa 21 vihreä viiva), koska näin estetäisiin katodien mahdollinen putoaminen hissiin. Hissin 2 puolella ohjuripalaa voitaisiin kääntää suurempaan (kuvassa 21 punainen viiva), jotta katodit kulkisivat pidemmän matkan ohjurin päällä ja menisivät paremmin hissiin 1. Lisäksi muutoksella estetäisiin hississä 2 nousevien katodien mahdollinen osuminen ohjurin alapintaan (kuvassa 21 keltainen viiva), koska katodit tulevat hisseihin vaihtelevasti.



Kuva 21 Hissien välinen liukupala (Yliverronen. 2014)

6.2 Pukkain

Pukkaimessa on monta kehitettävää kohtaa. Suurin ongelma on puutteellinen päätyvaimennus, jonka johdosta pukkaimen kiinnitykset rikkoutuvat. Sylinterin valmistajan materiaalien perusteella laskin nykyisen vaimennuksen. Kaavoissa esiintyvä muuttuja D_m lasketaan massan ja nopeuden avulla ja D_p paineen ja asennuskulman avulla.

Formulas:

$$D_m = \frac{m}{10^K}; K = kv(0.5-v)$$

m = moved mass in kg

v = stroke velocity in m/s

kv = see table on page 58

Extending:

$$D_p = p_S - \frac{m \cdot 9.81 \cdot \sin \alpha}{A_1 \cdot 10}$$

Retracting:

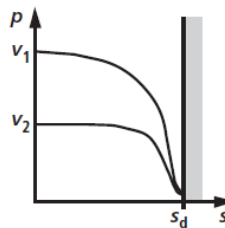
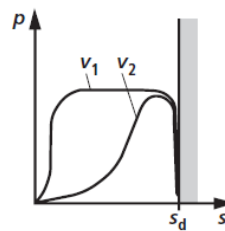
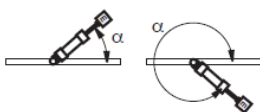
$$D_p = p_S + \frac{m \cdot 9.81 \cdot \sin \alpha}{A_3 \cdot 10}$$

p_S = system pressure in bar

A_1 = piston area in cm^2 (see page 3)

A_3 = annulus area in cm^2 (see page 3)

α = angle in degree in relation to the horizontal plane



Cushioning length

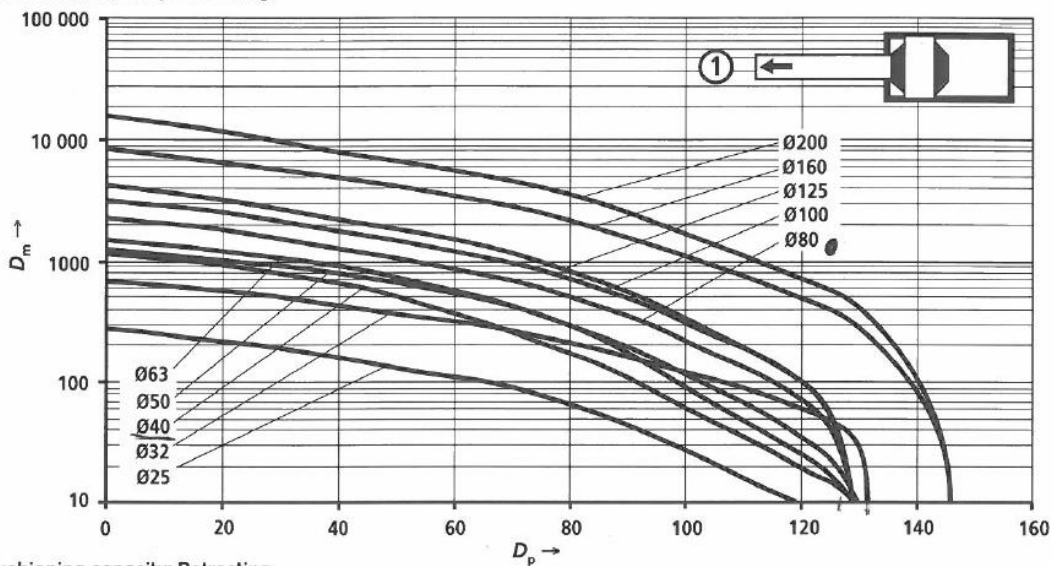
AL Ø mm	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
Head side	15	19	23	22	27	27	32	33	40	46
Cap side	15	19	23	22	27	27	32	33	40	46

Kuva 22 vaimennuksen laskukaavat (Bosch Rexroth www-sivut)

End position cushioning /cushioning capacity

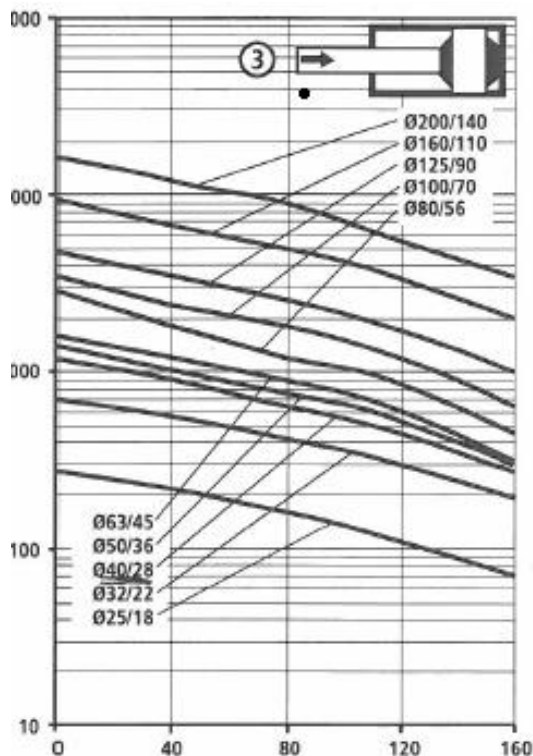
AL Ø mm	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
kv ①	2.97	2.56	2.82	3.51	3.02	2.53	2.65	2.91	2.76	2.95
kv ②	3.15	2.93	2.95	3.45	2.95	2.53	2.93	2.95	2.95	3.1
kv ③	3.1	2.73	3.1	3.51	2.95	2.51	2.91	2.95	2.91	2.93

Cushioning capacity: Extending



Kuva 23 Päätyvaimennus työnnössä (Bosch Rexroth www-sivut)

Kuvassa 23 on merkitty pisteellä nykyinen vaimennuksen taso, joka on reilusti yli sylinterin vaimennuskyvyn. Piste on valitun käyrän (40) alapuolella, jotta vaimennus olisi riittävä.



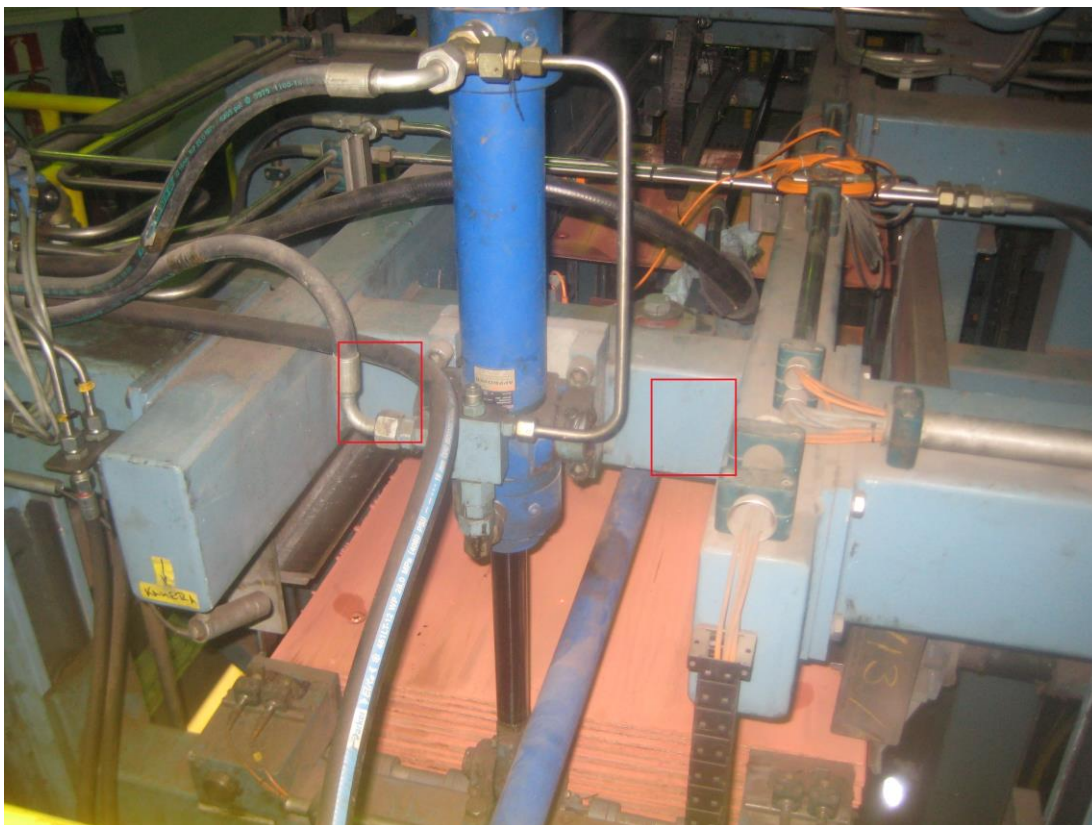
Kuva 24 päätyasentovaimennus vedossa (Bosch Rexroth www-sivut)

Myös vedossa vaimennus on riittämätön. Kuvia tutkimalla selvisi, ettei mikään CDM1-sarjan sylintereistä riittäisi tarpeellisen vaimennuksen toteutumiseen. Vaimennuksen riittämättömyyden suurin syy on sylinterin suuri liikenopeus. Nopeutta ei tosin voida hidastaa, koska tällöin tuotanto hidastuisi.

Ehdottaisinkin, että kelkan liikeratojen loppupäihin hankitaan erilliset iskunvaimentimet. Vaimentimien avulla kelkka pysähtyy hallitusti ja näin välttyttäisiin kiinnikkeitä rikkovilta iskuilta, joita kelkka nyt pysähtyessään tuottaa. Lisäksi vaimentimien avulla tuotantonopeutta voitaisiin mahdollisesti kasvattaa, jos pukkaimen hydraulikkapumpusta saadaan lisää tilavuusvirtaa.

Pukkaimen työsylinterin kiinnityspaikkaa voitaisiin muuttaa, keskelle kelkkaa. Tämä vaatisi trukkipiikkejä laskevan sylinterin siirtämistä. Jos trukkipiikkejä laskevaa sylinteriä siirretään, niin riski palkin kulkemiseen vinossa kasvaa. Ehdottaisinkin että palkkia laskevia sylintereitä olisi kaksi. (uudet paikat kuvassa 25 punaisella), näin

varmistettaisiin palkin laskeutuminen suorassa. Sylinterien ohjaus voidaan toteuttaa jakoventtiilillä



Kuva 25 Palkkia laskevan sylinterin uudet paikat (Yliverronen. 2014)

Samalla sylinterin kolkassa olevaa kiinnityspistettä tarvitsee siirtää alaspäin. Tällä hetkellä kiinnitys on kolkassa olevan palkin päällä, joka aiheuttaa vääntävää kuormitusta kiinnitykseen.



Kuva 26 Sylinterin nykyinen kiinnitys kelkkaan (Yliverronen. 2014)

Kiinnityksen siirtäminen palkin sivupintaan olisi hyödyllistä, koska näin päästäisiin eroon vääntävästä kuormituksesta ja kiinnitys kestäisi paremmin. Kun kiinnitystä siirretään, tarvitsee sylinteriä laskea alaspäin, jotta veto olisi suorassa.



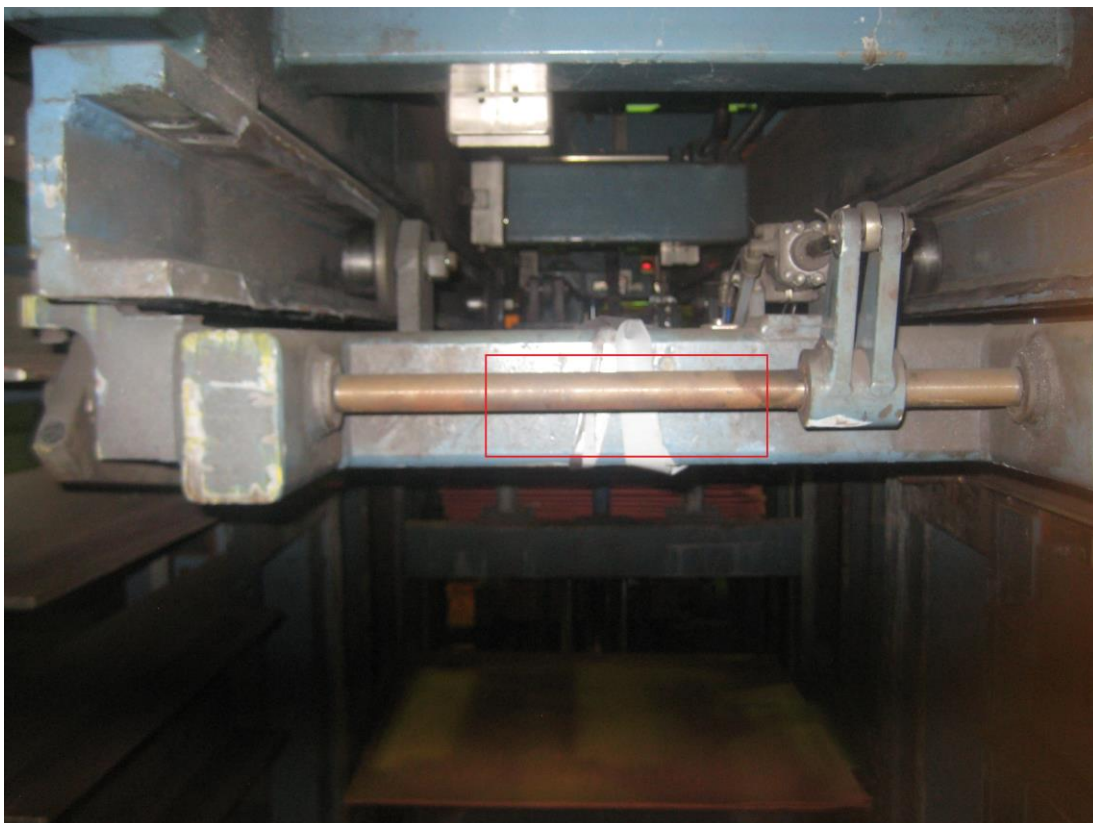
Kuva 27 Sylinterin uusi kiinnityspiste palkin sivussa. (Yliverronen. 2014)

Kelkan tassuja, jotka liikuttavat katodeja, voitaisiin myös muuttaa. Nyt tassuja on neljä, yksi joka kulmassa.



Kuva 28 Kelkan tassut (Yliverronen. 2014)

Tassut toimivat muuten hyvin paitsi silloin, kun vedettävät katodit ovat kulmistaan vajaita tai ohuita. Tällöin tassut saattavat mennä levyn yli tai työntää sitä vain lyhyen matkaa. Riskinä on, että katodit jäävät väärään väliin ja kun hissi nostaa muita katodeita ylöspäin, katodi vääntyy tai putoaa. Koska katodit kasvavat vahvoiksi keskeltä, olisi hyödyllistä laittaa leveä tassu keskelle kelkkaa, koska tällöin olisi varmempaa, että tassu työntäisi katodia kunnolla.

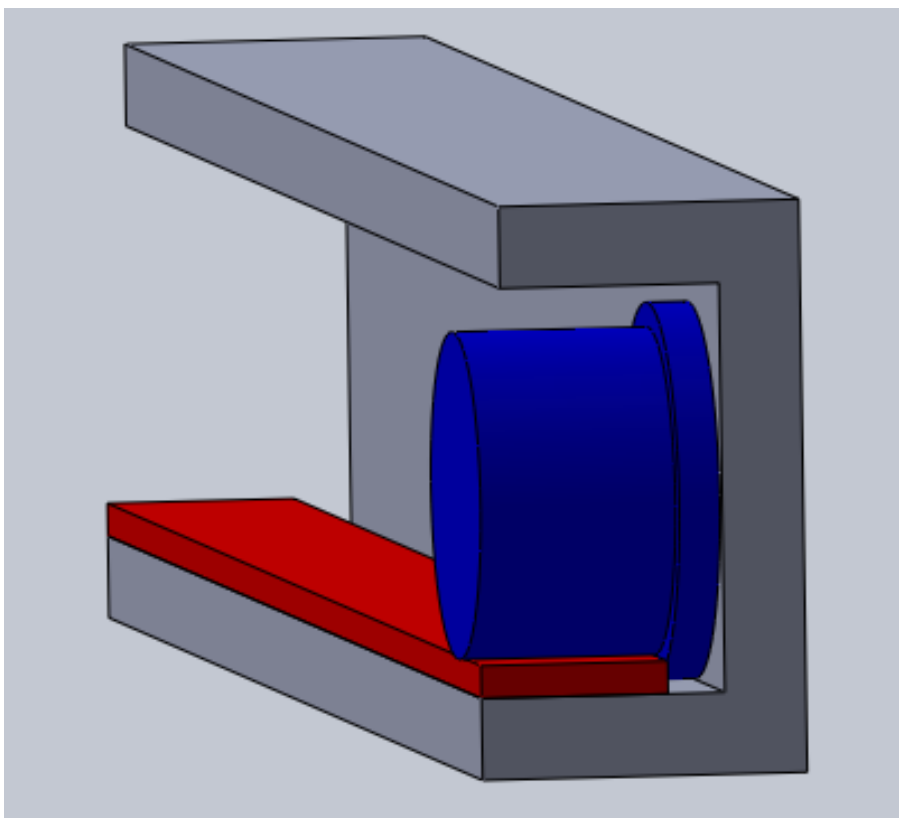


Kuva 29 Uuden tassun paikka kelkassa.



Kuva 30 Ohut katodi (Yliverronen. 2014)

Kelkan johdepintojen muotoa voitaisiin muuttaa siten, että liukupinnoista muokattaisiin kiskot, joita pitkin kelkka kulki aina suorassa. Tällä hetkellä johdepinnoissa ei ole kulutuspaoloja ja kun kiskot kuluvat loppuun, tarvitsee koko runko vaihtaa. Kiskoisiin olisi helppo rakentaa vaihdettavat kulutuspinnat (kuvassa 31 punainen osa). Samalla kelkan rullia tarvitsisi muokata kiskoon sopiviksi, jotta varmistuttaisiin siitä, että kelkka kulkee aina suorassa. Vaihtopala voidaan kiinnittää pohjastaan ruuviliitoksella, näin kulutuspalat olisivat helposti vaihdettavissa.



Kuva 31 SolidWorks-mallikuva uudesta kiskosta ja rullasta (Yliverronen. 2014)

7 YHTEENVETO

Työn tekeminen aloitettiin helmikuussa 2014, kun pidimme ensimmäisen palaverin mahdollisesta opinnäytetyöstäni. Kesätyökokemuksieni pohjalta pystyin ehdottamaan monia kehitettäviä kohtia katodikoneessa.

Työtä tehdessäni keskustelin mekaanisen kunnossapidon työntekijöiden kanssa. Heiltä sain monia hyviä ideoita ongelmien ratkaisemiseksi, joten heille kiitoksia hyvistä neuvoista. Myös työni valvoja Elna Niemi auttoi minua työssäni järjestelemällä kokouksia, joissa keskustelimme työstäni ja kuvausluvan, joka oli erittäin tärkeä työtä tehdessäni. Elinalle siis iso kiitos kaikesta avusta.

Työni tuloksena on monia ehdotuksia, joilla katodikoneen toimintaa voidaan parantaa, kuten iskunvaimentimien hankinta ja hydraulisyliinterien uudelleen sijoittelu. Mielestäni ehdotukset ovat toteuttamiskelpoisia ja toivon, että tulevaisuudessa muutokset tullaan tekemään.

LÄHTEET

http://www.boliden.com/Documents/Press/Publications/BOL_ar13_eng_webb.pdf

Viitattu 21.05.2014

<http://www.boliden.com/fi/Toimipaikat/Sulatot/Boliden-Harjavalta/> viitattu 21.05.2014

<http://www.boliden.com/Documents/Press/Publications/Place%20brochures/boliden-harjavalta-fi.pdf> Viitattu 8.03.2014

Kauranne, Kajaste & Vilenius. 2013 Hydrauliteknikka 2. uud. p. Helsinki: Sanoma pro Oy

<http://www.acecontrols.com/PDF/IndustrialShocks.pdf> viitattu 26.05.2014

<http://www.pneumax.co.th/Catalogue/PNE/Enidine-Shock-Absorber.pdf> viitattu 26.05.2014

https://brmv2.kittelberger.net/modules/BRMV2PDFDownload-internet.dll/re17329_2007-10.pdf?db=brmv2&lvid=1096469&mvid=10588&clid=20&sid=BE42733326CAE95795CFE38F01481310.borex-tc&sch=M&id=10588,20,1096469 viitattu 26.05.2014

LIITE 1

massa kg kelkka	g	kulma	a1	paine bar
100	9,81	0	12,56	130
877,010727	125,6			
Dp työntö				
123,0174305				

Vaimennuksen lasku työnnössä (kuvan 22 kaava)

LIITE 2

laskut Dm	m	k	kv	v
	100	-1,2126	2,82	0,93
Dm työntö				
1631,5485				

Vaimennuksen lasku työnnössä (kuvan 22 kaava)

LIITE 3

m	kv	v	k
400	2,95	1,82	-3,894
dm vetoliike			
3133719			

Vaimennuksen lasku vedossa (kuvan 22 kaava)

LIITE 4

ps	m	9,81	-0,80115
130	400		
-3143,72			
Dp vetoliike			
80,95596			

Vaimennuksen lasku vedossa (kuvan 22 kaava)