



Hammaskytkimien käytön optimointi

Tuomas Pietilä

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2025

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

PIETILÄ TUOMAS

Hammaskytkimien käytön optimointi

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 1 sivu

Marraskuu 2025

Opinnäytetyössä perehdyttiin hammaskytkimien käytön optimointimahdollisuuksiin SSAB:n Hämeenlinnan terästehtaalla. Hämeenlinnan tehtaalla on käytössä laaja kirjo erilaisia hammaskytkimiä eri valmistajilta, osana prosessilinjojen voimansiirtoja. Tulevaisuuden tavoitteena tehtaalla on yhtenäistää käytössä olevaa hammaskytkinvalikoimaa. Yhtenäistämisen tavoitteena on pienentää omassa varaosavarastossa olevien hammaskytkimien valikoiman kirjavuutta ja määrää. Varsinkin korona-ajan ja muuttuneen maailmapoliittisen tilanteen vuoksi hammaskytkimien toimitusajat ovat pidentyneet merkittävästi, mikä on vaikuttanut negatiivisesti varaosasaatavuuteen myös suunniteltujen huoltoseisakkien osalta.

Työn tarkoituksena oli tuottaa kunnossapito-organisaatiolle tukimateriaalia avuksi tuleviin hammaskytkinhankintoihin. Tämä tarkoitti käytännössä hammaskytkimen hankintaa koskevan muistilistan laatimista, jotta jatkossa hammaskytkimien hankinnassa osattaisiin ottaa paremmin huomioon kaikki elinkaaren aikana esiintyvät seikat. Tavoitteena oli löytää toimittaja, joka pystyisi parhaiten palvelemaan tehtaan tarpeita varastoon ostettavien sekä tilaustyönä valmistettavien kytkinten osalta. Lisäksi tutkittiin hammaskytkinten korvausmahdollisuuksia metallilamellikytkimillä kunnonvalvonnan helpottamiseksi.

Lopputuloksena syntyi muistilista hammaskytkimien hankinnan tueksi tulevaisuuden hammaskytkinhankinnoille. Se toimii perustana hammaskytkinten hankinnalle jatkossa ja työtä aiheen parissa jatketaan tämän työn ulkopuolella.

Tulevaisuudessa hammaskytkinten hankinnassa on syytä kuitenkin välttää liiaksi yhden toimittajan tuotteiden varaan laskemista. Aihetta onkin syytä aika ajoin tarkastella uudelleen, sillä tehtaan valmistama tuotekavalkadi muuttuu koko ajan yhä vaativammaksi prosessilinjojen voimansiirroille.

Asiasanat: hammaskytkin, kunnossapito, toimitusaika, metallilamellikytkin

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical engineering
Product development

Pietilä Tuomas
Optimization of the use of Gear Couplings

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 1 pages
November 2025

This work focused on optimizing the use of gear couplings at the SSAB Hämeenlinna steel plant. The plant employs gear couplings from various manufacturers in power transmission, but the goal is to standardize the selection to improve spare parts management. The COVID-19 pandemic and due to the changed political situation, we have extended delivery times, making spare part availability more challenging, even during maintenance shutdowns.

The study aimed to provide the maintenance organization with support materials, including a factory standard and a checklist for future purchases, ensuring better consideration of all life-cycle factors. Additionally, the feasibility of replacing gear couplings with metal disc couplings was explored to facilitate condition monitoring. The result was a recommendation for gear coupling procurement, forming the foundation for future acquisitions. Moving forward, it is crucial to avoid excessive dependence on a single supplier and to periodically reassess procurement, as the plant's products continue to require increasingly advanced power transmission solutions.

Key words: gear coupling, maintenance, delivery time, disc type coupling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	SSAB	10
2.1	SSAB Europe Hämeenlinnan tehdas	10
3	AKSELINLIITOKSET	12
3.1	Liikkuvat, vääntöjäykät akselinliitokset	13
3.2	Hammaskytkimet.....	13
3.3	Metallilamellikytkimet	16
4	KUNNOSSAPITO	18
5	ONGELMAN KUVAUS.....	20
6	HAMMASKYTKINVALMISTAJIEN EDUSTAJILLE ESITETTÄVÄT KYSYMYKSET	22
7	SÄHKÖPOSTINVAIHTO HAMMASKYTKINVALMISTAJIEN EDUSTAJIEN KANSSA	24
7.1	TOIMITTAJA 1	24
7.2	TOIMITTAJA 2	25
7.3	TOIMITTAJA 3	26
7.4	TOIMITTAJA 4	27
7.5	TOIMITTAJA 5	28
7.6	TOIMITTAJA 6	29
7.7	TOIMITTAJA 7	30
8	HAMMASKYTKINTEN MOMENTTIVERTAILUA	31
9	HAMMASKYTKINTEN KORVAAMINEN LAMELLIKYTKIMELLÄ.....	35
10	MUISTILISTA HAMMASKYTKINTEN HANKINTAAN	37
10.1	KYTKIMEN TYYPPI JA KUORMITUSTIEDOT	38
10.2	NAPALIITOS SEKÄ VALITTAVAT MATERIAALIT	38
10.3	KUTISTUSLIITOKSISSA KÄYTETTÄVÄT INJEKTIOPORAUKSET	39
10.4	KYTKIMISSÄ KÄYTETTÄVÄT ULOSRETOREIÄT	40
10.5	KYTKIMEN HUOLTO JA RASVAUS	41
10.6	KYTKIMEN KUORIEN TIIVISTYS JA IRROITETTAVA TIIVISTELAIPPA	42
10.7	PINTAKÄSITTELY JA PIIRUSTUKSET	42
11	LOPPUTULOKSET JA POHDINTA	44
	LÄHTEET	46
	LIITTEET	48
	Liite 1. Hammaskytkinten momenttivertailua.....	48

ERITYISSANASTO

DIN 15055 – DIN-standardi, joka käsittelee akseleiden kutistusliitoksien mitoitusta ja suunnittelua, joiden irrottamiseen käytetään korkeapaineöljyä.

Erikoislujat teräkset – teräksiä, jotka kestävät suuria staattisia tai dynaamisia kuormituksia murtumatta.

Hehkutus – lämpökäsittelysykli, joka sisältää kuumennuksen, pidon sopivassa lämpötilassa ja tämän jälkeen jäähtymisen sopivalla nopeudella. Tarkoituksena on vähentää teräksen kovuutta, parantaa sitkeyttä, helpottaa kylmätyöstöä, muodostaa haluttu kiderakenne tai muutoin saavuttaa halutut mekaaniset tai muut ominaisuudet.

Kehittyneet erikoislujat teräkset – teräksiä, joiden monifaasinen kiderakenne sisältää martensiittia, bainiittia ja/tai jäännösausteniittia, jolloin saadaan tavanomaisia erikoislujia teräksiä parempi lujuuden ja muovattavuuden yhdistelmä.

Kuumasinkitys – ruosteelta suojaava pinnoitusmenetelmä. Esimerkiksi teräksen pinnoittaminen sinkki- ja alumiinisulassa. Myös sähkösinkityksen tarkoituksena on suojata teräs korroosiolta sinkkipinnoitteella, mutta se on sähkökemiallinen menetelmä.

Kuumavalssaus – metallintyöstöprosessi, jossa aihio kuumennetaan korkeaan lämpötilaan ja muovataan valssien välissä ohuemmaksi.

Kylmävalssaus – metallin muokkausprosessi, jossa levyn, ohutlevyn tai nauhan paksuutta pienennetään puristamalla valssausaihiota valssien välissä huoneenlämmössä.

Maalipinnoitus – prosessi, jossa yleensä kylmävalssattu ja metallipinnoitettu nauha pinnoitetaan lisäksi orgaanisella maalilla korroosiosuojan ja ulkonäön parantamiseksi.

Nauha – kuumavalssatun ohutlevyn kaltainen, mutta yleensä kapeampi levytuote, jonka paksuustarkkuus on levyvalssaimella valssattua levyä parempi.

Oksidihilse – kuumavalssattavan teräksen pinnalle hilseilevän kerroksen muodostava rautaoksidi.

Peittauslinja – prosessilinja, jossa teräksen pinnalta poistetaan kemiallisesti oksidihilse, jotta seuraaviin prosessivaiheisiin saadaan puhdas pinta.

Rainaleikkaus – leikkaava työstöprosessi, jossa leveä nauhakela leikataan kapeammiksi keloiksi.

Standarditeräokset – teräokset, joiden lujuus on maltillinen, yleisimmin käytetyissä 235–355 N/mm². Käytetään tavanomaisiin konepaja- ja rakennussovellyksiin.

SFS 2636 – Standardi, joka käsittelee lieriömäisten akselinpäiden tasakiiloja ja kiilauria.

Tempervalssain – jälkivalssain, viimeistelyvalssain; kylmävalssaintyyppi, yleensä yksituolinen nelivalssain, jolla tehdään voimakkuudeltaan suhteellisen vähäinen kuuma- tai kylmävalssatun tai pinnoitetun levytuotteen kylmämuovaus. Tarkoituksena on parantaa tuotteen tasomaisuutta, minimoida pintavirheet, kuten kelojen aukikelaustaitteet, ja vaikuttaa mekaanisiin ominaisuuksiin.

Valssain – metallia valssaamalla muovaava laite. Karkealevy-, ohutlevy- ja nauhatuotteiden valmistuksessa käytetään mm. esivalssaimia, kuumavalssaimia, kylmävalssaimia ja tempervalssaimia. Voi tarkoittaa mitä tahansa prosessilaitetta, joka ohentaa joko kuumennetun tai huoneenlämpöisen aihion mitata lieriömäisillä valsseilla. Jos aihio kuumennetaan ennen valssausta, kysymyksessä on kuumavalssain, jossa levyaihion paksuus voi ohentua 92–99 %.

Valssipari – kahden lieriömäisen valssin muodostama laite, jolla terästä valssataan korkealla paineella ohuemmaksi.

Valssituoli – valssaimen runkorakenne, johon varsinaiset tuki- ja työvalssit on laakeroitu.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä SSAB Hämeenlinnan tehtaan sisäinen suositus tehtaalla käytettävien hammaskytkimien hankintaan ja korvaamiseen. Työn tavoitteena on tuottaa malli hankinnan teknisestä speksistä, sekä valita toimittaja, jonka kytkinvalikoimasta valinta jatkossa lähtökohtaisesti tehdään, tehtaalla varastossa olevien kytkimien valikoiman optimoimiseksi.

Osalla hammaskytkintoimittajista toimitusajat ovat kohtuuttoman pitkiä, mikä on aiheuttanut ongelmia tilattaessa kytkimiä huoltoseisakkeihin, äkillisistä rikkoutumisista puhumattakaan. Äkillisesti rikkoutunut kytkin saattaa aiheuttaa koko tehtaalla pysähtymisen, mikäli tehtaalla ei ole varastossa korvaavaa kytkintä, tai sitä ei saada kiiretoimituksena riittävän nopeasti. Tehtaalla alkupäässä sijaitsevalla peittauslinjalla on tapahtunut muutamia äkillisiä rikkoutumisia, sekä siellä tiedetään olevan tarvetta uusien elinkaarensa lopussa olevia kytkimiä. Linjalla on käytössä viiden eri toimittajan, useita eri kokoisia kytkimiä, joten tarve yhtenäistää käytettävien hammaskytkimien valikoimaa on suuri äkillisten rikkoutumisten vaikutusten minimoimiseksi, sekä varastokytkimien valikoiman optimoimiseksi. Tämän vuoksi tässä työssä keskitytään käsittelemään pelkästään peittauslinjan loppupään s-telasto nro. 3 hammaskytkimiä, jotka ovat uusintalistalla seuraavana.

Työssä perehdytään peittauslinjalla käytössä oleviin hammaskytkimiin ja selvitetään markkinoilla olevat niiden korvaajiksi soveltuvat hammaskytkimet eri valmistajilta. Kytkimien vertailussa otetaan huomioon teknisen soveltuvuuden lisäksi varsinkin toimitusaika, mutta myös hinta ja kytkimien räätälöintimahdollisuudet. Samalla selvitetään, olisiko osa hammaskytkimistä mahdollista korvata esimerkiksi metallilamellikytkimillä kunnossapitotöiden helpottamiseksi.

2 SSAB

SSAB:n syntytarina katsotaan alkaneeksi vuodesta 1878, jolloin Domnarvets Järnverk aloitti toimintansa Öxelsundissa, Ruotsissa. Vuonna 1978 perustettiin SSAB Svensk Stål AB, jonka pääomistajana toimi Ruotsin valtio. Vuonna 1988 SSAB listautui Tukholman pörssiin. 2007 SSAB osti amerikkalaisen IPSCO:n ja vuonna 2014 Rautaruukki Oyj:n. (SSAB historia n.d.)

Nykyisin SSAB on jaettu viiteen eri divisioonaan: SSAB Americas, SSAB Special Steels, SSAB Europe, Tibnor, sekä Ruukki Construction. Työntekijöitä on yhteensä noin 14 500 ja toimintaa on yli 50 maassa. Pohjoismaiden ja Yhdysvaltojen tuotantolaitosten yhteenlaskettu terästuotantokapasiteetti noin 8,8 miljoonaa tonnia. (SSAB lyhyesti n.d.)

2.1 SSAB Europe Hämeenlinnan tehdas

SSAB Europen Oy:n pääkonttori sijaitsee Hämeenlinnassa. SSAB Europen johtajana toimii Tony Harris ja Suomen liiketoimintayksikön johtajana Janne Pirttijoki. Hämeenlinnan tehtaan johtana toimii Anders Ek. SSAB Europe vastaa SSAB:n nauha- kvartto- ja putkituotteista, sekä kaikesta konsernin liiketoiminnasta autoteollisuudessa. (SSAB Europe n.d.)

SSAB:n Hämeenlinnan tehdas aloitti tuotannon vuonna 1972. Putkituotanto alkoi 1973 ja maalipinnoitettuja tuotteita tehtaalla on valmistettu vuodesta 1977. Nykyisellään toimipisteen tuotekavalkadiin kuuluu kylmävalssatut metalli- ja maalipinnoitetut teräskelat, -nauhat ja -rainat, ohutseinäputket sekä rakenneputket. Merkittävä osa tehtaan tuotannosta suuntautuu autoteollisuuteen käyttöön, kuten esimerkiksi korin turvaosien valmistukseen.

Kuumavalssatut, paksuudeltaan 1,5–6 mm teräskelat saapuvat Raahen tehtaalta Hämeenlinnan kylmävalssaamoon rautateitse. Kelat ohjataan ensimmäiseksi

peittauslinjalle, jossa niiden pinnasta puhdistetaan oksidihilse ja muut epäpuhtaudet mekaanisella hilsemurskaintelastolla, sekä suolahapolla. Tämän jälkeen ne huuhdellaan vedellä, kuivataan, öljytään ja kelataan

Peittauslinjalta kelat jatkavat matkaansa tandemvalssille, jossa nauhaa ohennetaan neljän valssituolin tuottamalla voimalla valssiparien välissä 0–80 % lähtöpaksuudestaan. Kylmävalssauksen jälkeen osa keloista jatkaa matkaansa hehkutukseen.

Hehkutuksessa kelat pinotaan torneiksi, jonka päälle laitetaan sylinterimäinen hehkutusuuni. Hehkutuksella saavutetaan teräksen halutut ominaisuudet. Hehkutuksen jälkeen kelat matkaavat, tarvittaessa tempervalssaimen kautta, leikkauslinjoille arkitettaviksi, kelattavaksi ja katkottavaksi asiakaskokoon, tai pituusleikkauslinjoille rainoitettaviksi. Merkittävä osa pituusleikkauslinjojen rainakela-tuotannosta päättyy Hämeenlinnan putkitehtaan tuotannon raaka-aineeksi.

Valtaosa, eli noin 80 %, tehtaan tuotannosta kuitenkin suuntautuu valssauksen jälkeen jollekin tehtaan kolmesta sinkityslinjoista kuumasinkittäväksi. Sinkityslinjoilla haetaan haluttu pinnoitepaksuus ja pinnankarheus, jonka jälkeen kelat toimitetaan asiakkaille suoraan, tai leikkauslinjoilla sopiviksi leikattuna. Osa sinkityistä keloista jatkaa kuitenkin vielä maalipinnoituslinjalle, sekä mahdollisten leikkauslinjojen jälkeen vasta asiakkaille.

3 AKSELINLIITOKSET

Erilaisten akselinliitosten käytön tärkeimpiä syitä ovat esimerkiksi akseleiden kuuluminen eri koneisiin, akselin jakaminen osiin asentamisen, tai kuljettamisen helpottamiseksi, tai liitoksen avulla voidaan muuttaa järjestelmän vääntöominaisuuksia ja vaimentaa vääntöväärähtelyjä. Liikkuvia tai joustavia akselinliitoksia voidaan tarvita, mikäli akseleita ei voida asentaa riittävän tarkasti toisiinsa nähden, tai ne liikkuvat käytön aikana. Akselinliitokset jaotellaankin niiden käyttötarkoituksen mukaan kiinteisiin akselinliitoksiin, liikkuviin, mutta vääntöjäykkiin akselinliitoksiin, sekä joustaviin akselinliitoksiin. (Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius & Välimaa, 2003, 343.) Lisäksi vääntömomentin kytkemiseen voidaan käyttää erilaisia irroituskytkimiä ja itsetoimivia kytkimiä, mutta tässä työssä keskitymme pelkästään akselinliitoksiin. Erityyppiset akselinliitokset on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Akselinliitosten jaottelu. (Airila ym. 2003, 344.)

Kiinteät akselinliitokset muodostavat nimensä mukaisesti täysin jäykän ja joustamattoman liitoksen kahden eri akselin välille. Liikkuvat, vääntöjäykät akselinliitokset sallivat tiettyjä akselien välisiä siirtymiä, kuten aksiaali- ja radiaaniliikettä sekä pientä kulmaliikettä. Joustaviin akselinliitoksiin luetaan sellaiset kytkimet, joissa on erillinen jousto-osa pääasiassa vääntöjouston lisäämiseksi ja tehonsiirron

mahdollistamiseksi keskenään pienen kulman muodostavien akseleiden välillä. (Airila ym. 2003, 343.)

3.1 Liikkuvat, vääntöjäykät akselinliitokset

Liikkuvia akselinliitoksia käytetään, kun akseleita ei voida riittävän tarkasti asentaa toistensa jatkeelle, tai ne liikkuvat käytön aikana toisiinsa nähden. Liikkuminen voi aiheutua lämpötilan vaihteluista, akselien taipumista tai laakerien ja rungon joustosta. Liikkeen suunta ja suuruus määrää kytkintyyppin valinnan.

Tavallisesti liikkuvien kytkimien liike perustuu osien väliseen liukumiseen, tai vierintään. Tämä edellyttää tiettyä välystä ja voitelua. Poikkeuksena ovat metallilamellikytkimet, joiden sallima liike perustuu metalliosien joustoon. Nämä kytkimet ovat välyksettömiä, eivätkä ne kaipaa voitelua. Kytkimien sallimat liikkeet ovat kuitenkin suhteellisen pieniä, tai ne sallivat suuren poikkeaman vain yhteen suuntaan. (Airila ym. 2003, 352.)

3.2 Hammaskytkimet

Hammaskytkin sallii kaiken suuntaisia akseleiden välisiä pieniä asennusvirheitä. Hammaskytkimeen kuuluu kumpaankin akseliin asennettava hammaskehällä varustettu napa. Liikkuvuuden lisäämiseksi napojen hampaat ovat yleensä kuperia. Hammaskehiä yhdistää putkimainen holkki, jonka kummassakin päässä on sisäpuolinen suora hammastus. Asennuksen helpottamiseksi holkki on usein kaksiosainen. Jos asennettavien koneiden etäisyys on suuri, käytetään väliputkella varustettua kytkintä. (Airila ym. 2003, 352.)

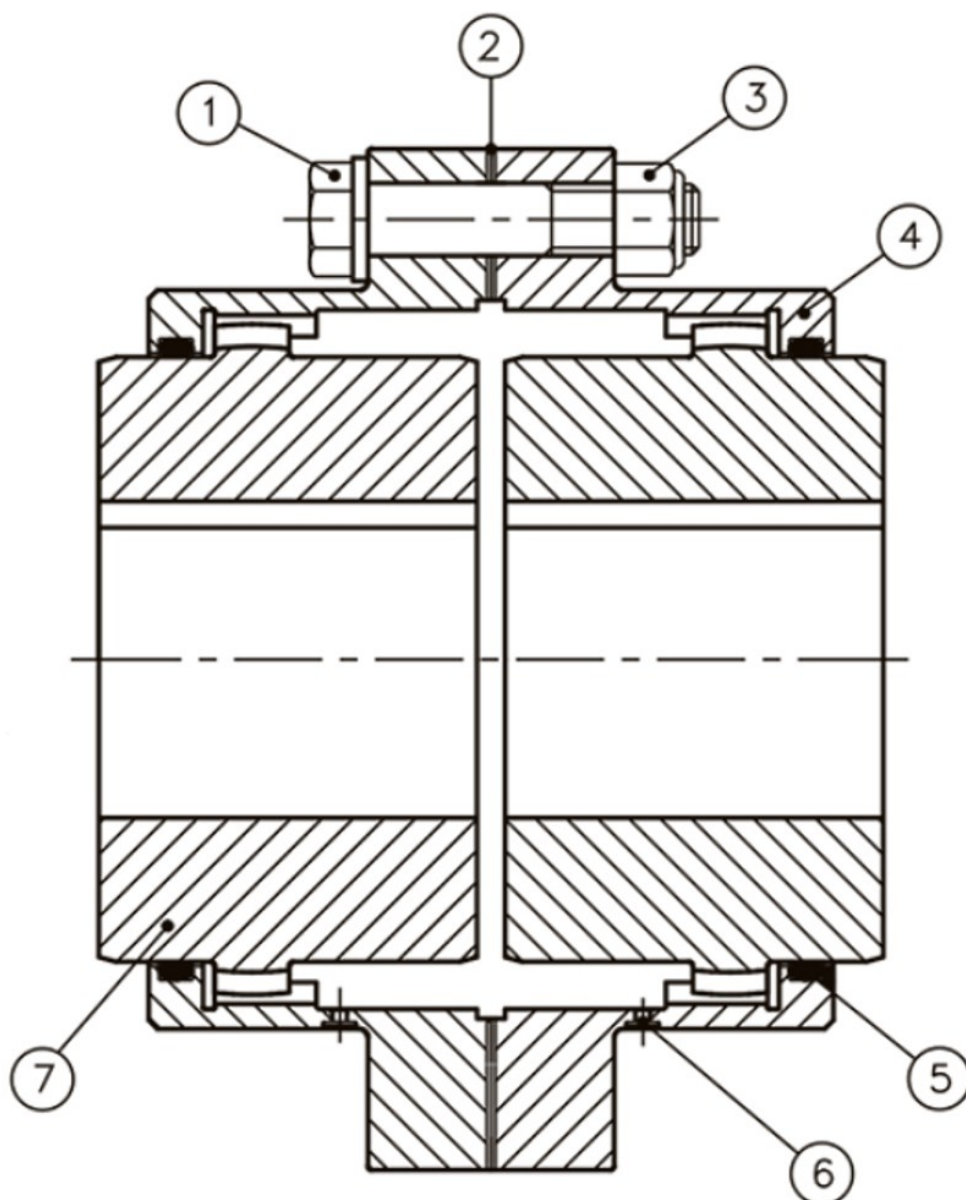
Hammastuksen välysten takia ulkoolkki on irrallinen osa. Vääntömomentti pyrkii keskittämään ulkoolkin, mutta pienillä kuormilla tämä vaikutus vähenee. Holkin

tuenta voidaan toteuttaa holkin päädyn ja navan muotoilulla. Toinen mahdollisuus, jota käytetään varsinkin nopeasti pyörivissä kytkimissä, on hampaanpääkeskityksen käyttö. Tällöin navan hammastuksen päähalkaisija on sama kuin holkin hammastuksen tyvihalkaisija. Kaareva hampaanpää sallii kulmaliikkeen ja keskittää myös silloin. (Airila ym. 2003, 352.)

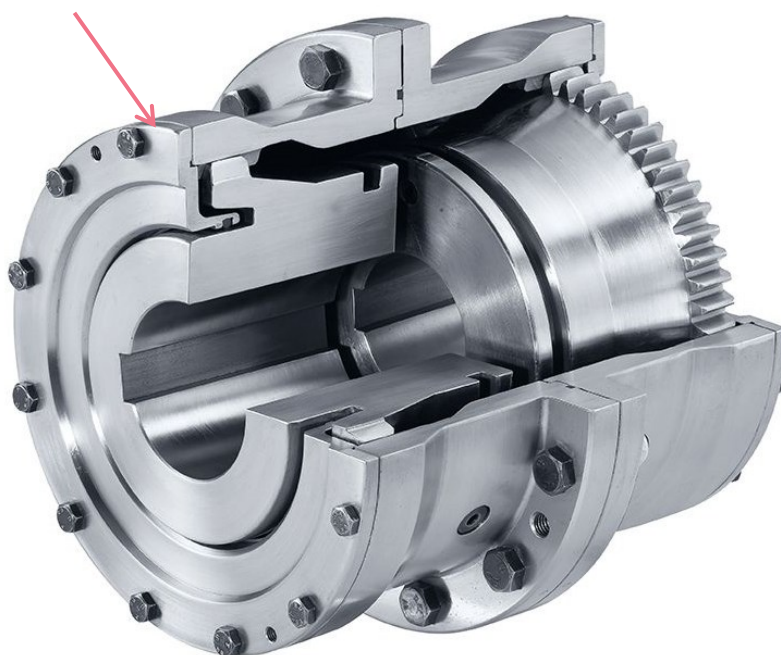
Hammaskytkimet voidaan jakaa kahteen pääryhmään: nopeasti pyöriviin, sekä hitaasti pyöriviin tavanomaisiin kytkimiin, jotka siirtävät suuria momentteja. Ensin mainituista käytetään toisinaan myös nimitystä turbokytkin. Nopeasti pyörivissä hammaskytkimissä käytetään hampaanpääkeskitystä ja kulmapoikkeamat ovat pieniä, yleensä alle $0,1^\circ$ (Airila ym. 2003). Lisäksi holkin keveyteen on syytä kiinnittää huomiota, jonka vuoksi nopeasti pyörivien kytkimien ulkoholkki on usein yksiosainen, sillä se on kaksiosaista kevyempi. Tavanomaisissa hammaskytkimissä voidaan käyttää holkissa kylkikeskitystä ja holkki voi olla useampiosainen. Useampiosainen holkki on yksiosaista helpompi valmistaa ja asentaa.

Hammaskytkimissä käytetään evolventtihammastusta. Ryntökulma on usein 20° . Materiaalina käytetään terästä tai korkealuokkaista pallografiittivalurautaa, pienehköissä kytkimissä myös muovia, jolloin kytkin ei vaadi voitelua. Muut hammaskytkimet voidellaan rasvalla tai öljyllä. Tavallisesti kytkin tiivistetään koteloksi ja täytetään voiteluaineella. Nopeasti pyörivissä kytkimissä suositellaan läpivirtausvoitelua, jolloin öljy johdetaan kanavia pitkin hampaan juureen. Hammaskytkimen sisältä öljy pääsee pois holkkiin tehtyjen reikien kautta, ja se kerääntään kytkimen ympärille tehdyllä suojuksella. (Airila ym. 2003, 353.)

Kuvassa 1 on esitetty hitaasti pyörivän, rasvavoidellun hammaskytkimen rakenne. Rakenne on yksinkertainen, kaksi napaa sekä kahteen osaan jaettu ulkoholkki eli kytkimen kuori. Kuoret liitetään toisiinsa pulttaamalla ja kuorten puolikkaiden välissä on tiiviste, usein o-rengas tai jokin tasotiivistemassa. Kuorenpuolikkaiden ja napojen välinen tiivistys on toteutettu o-renkain ja kytkimen voitelua varten kuorissa on rasvaporaukset. Kuvassa 2 on esitetty Renk SB-sarjan hammaskytkimen halkileikkauskuva. Kyseisen kytkimen ulkoholkki on jaettu neljään osaan. Kuorenpuolikkaista on siis erotettu vielä erikseen kuorien keskitystä ja kuoren, sekä navan välistä tiivistystä hoitava tiivistelaippa.



KUVA 1. Hitaasti pyörivän, kaksiosaisella kuorella varustetun hammaskytkimen rakenne 1. Pultti 2. Tiiviste 3. Mutteri 4. Kytkimen kuori 5. O-rengas 6. Rasvapo-
raus 7. Napa (BV-transmission 2025.)

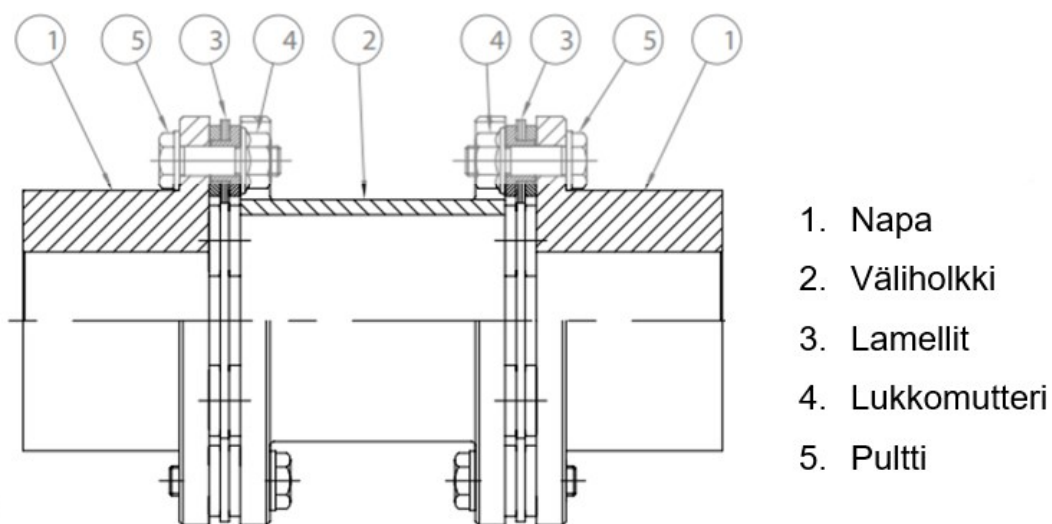


KUVA 2. Renk SB-sarjan hammaskytken halkileikkaus. Kuvan kytkin on varustettu irrotettavalla kuoren tiivisteläipällä (punainen nuoli) asennuksen helpottamiseksi. (Renk 2025.)

3.3 Metallilamellikytkimet

Metallilamellikytkimissä vääntömomentti siirtyy metalliosien välityksellä. Nämä metalliosat ovat kehän suunnassa jäykkiä, mutta taipuvat kulma- ja aksiaaliliikkeen vaikutuksesta.

Yhdellä joustoelimellä varustettu kytkin sallii vain kulma- ja aksiaalivirheitä. Radiaalipoikkeama edellyttää kaksoiskytkintä, jossa kytkimen napoja yhdistää väliholkki ja kaksi joustavaa osaa, jotka on kiinnitetty laippaan ja väliholkkiin (kuva 3). Metallilamellikytkimille sallittu kulmapoikkeama on samaa luokkaa kuin hammaskytkimillä, elin noin 0,5 astetta joustoelementtiä kohden. (Airila ym. 2003, 355.) Kytkimen sallima radiaalipoikkeama riippuu sallitusta kulmavirheestä ja joustavien osien välisestä etäisyydestä.



1. Napa
2. Väliholkki
3. Lamellit
4. Lukkomutteri
5. Pultti



KUVA 3. Jaure Lamidisc SX-lamellikytken osat. (Jaure 2025.)

Lamellikytken joustavat osat valmistetaan yleensä ruostumattomasta jousiteräksestä. Kytkinlaipat ja väliholkit valmistetaan tavallisesti teräksestä tai teräsvalusta, suurissa kytkimissä käytetään pallografiittivalurautaa.

Metallilamellikytken kestävät suhteellisen korkeita lämpötiloja (jopa 270 C °), eivätkä ne tarvitse voitelua tai huoltotoimenpiteitä. Kytkimet ovat välyksettömiä. Laakereille aiheutuvat lisäkuormitukset ovat suhteellisen pieniä. Hammaskytkeisiin verrattuna kytkinten koko on suurempi, ja niiden sallima aksiaaliliike on suhteellisen pieni.

4 KUNNOSSAPITO

Termi ”kunnossapito” sisältää kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon (SFS-EN 13306:2017, 5). Standardin SFS-EN 13306:2017 mukaan kunnossapito voidaan jakaa karkeasti ottaen kolmeen osaan: parantaminen, ehkäisevä kunnossapito ja korjaava kunnossapito.

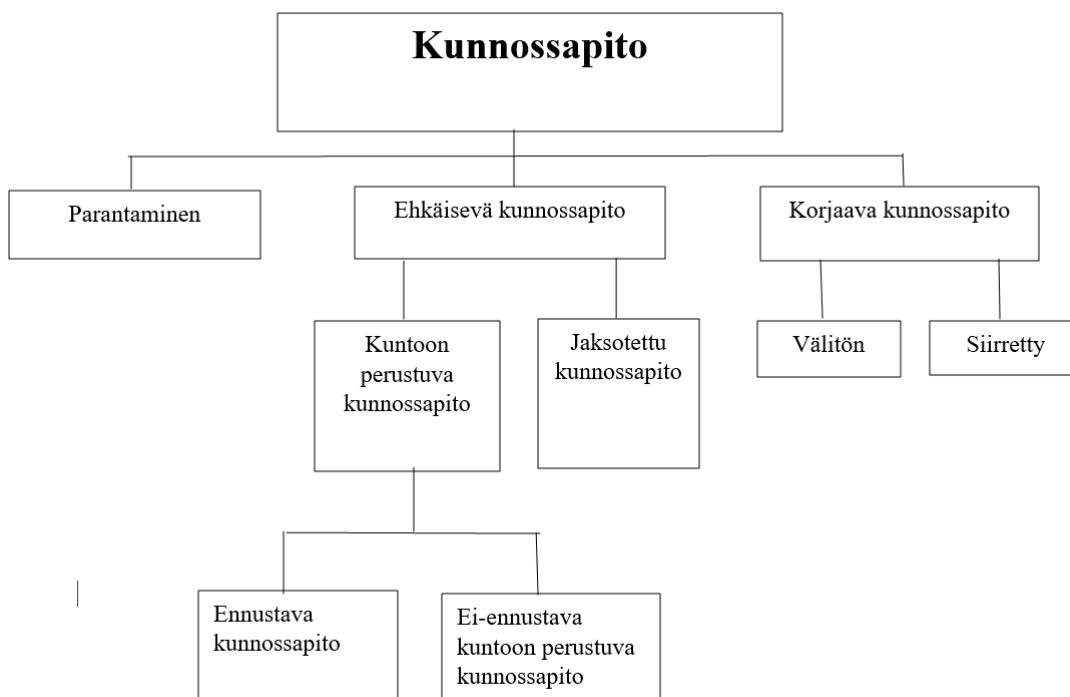
Parantaminen on ”yhdistelmä kaikista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joilla on tarkoitus parantaa kohteen toimintavarmuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä ja/tai turvallisuutta ilman, että alkuperäinen toiminto muuttuu” (SFS-EN 13306:2017). Parantamisen alalajiksi voidaan mieltää esimerkiksi modernisointi. Modernisointi tarkoittaa kohteen muuttamista tai parantamista huomioiden teknologiset edut, ja pyrkien täyttämään uudet tai muuttuneet vaatimukset (SFS-EN 13306:2017, 14). Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, sekä jaksotettua kunnossapitoa. Jaksotettuun kunnossapitoon kuuluvaksi mielletään esimerkiksi huolto. SFS-EN ei määrittele huoltoa, mutta prosessiteollisuudessa sen voidaan katsoa sisältävän kohteen puhdistamisen, tarkastamisen, säädön, rasvauksen, öljyn- ja suodattimen vaihdon ja muut vastaavat toimenpiteet.

Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon SFS-EN 13306:2017 lukee kuuluvaksi ennustavan kunnossapidon, sekä ei-ennustavan kunnossapidon. Ennustava kunnossapito on kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, jota toteutetaan perustuen ennusteisiin, joita saadaan toistuvista analyyseistä ja tunnetuista tunnusmerkeistä sekä tarkastelemalla kohteen huononemista kuvaavia olennaisia arvoja (SFS-EN 13306:2017, 14.). Ennustavaan kunnossapitoon kyseinen standardi lukee siis kuuluvaksi olennaisesti kunnonvalvonnan.

Korjaava kunnossapito standardissa jaetaan myös kahteen alalajiin, välittömään ja siirrettyyn kunnossapitoon. Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena palauttaa kohde tilaan, jossa se voi

toteuttaa vaaditun toiminnon (SFS-EN 13306:2017, 14.) Välittömässä, korjaavassa kunnossapidossa vauriokorjaus suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen. Usein kyseessä on siis laitteen käytön estävä, tai merkittävästi turvallisuuteen vaikuttava vika. Siirretyssä korjaavassa kunnossapidossa sen sijaan havaittua vikaa ei ole tarpeen korjata välittömästi vian havaitsemisen jälkeen. Tällöin vika ei estä laitteen käyttöä, jolloin korjausta voidaan viivästyttää tiettyyn rajaan asti.

Alla olevassa kuvassa 2 kunnossapito on jaoteltu standardin SFS-EN 13306 mukaan. Prosessiteollisuudelle on olemassa myös omat, PSK-standardit, joiden tekemä jaottelu hieman poikkeaa SFS-standardiin nähden. SFS-EN 13306 jaottelee kunnossapidon vain havaitsemisen mukaan, kun taas PSK 6201 ja PSK 7501 jaottelee kaikki toimenpiteet ennakoivaan kunnossapitoon, sekä häiriökorjauksiin.



KUVA 4. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2017 mukaan.

5 ONGELMAN KUVAUS

Hämeenlinnan tehtaalla on käytössä hyvin laaja valikoima erilaisia hammaskytкимиä eri valmistajilta. Esimerkiksi peittauslinjalla on käytössä ainakin viiden eri valmistajan hammaskytкимиä, eri kokoisina ja tyyppisinä. Hammaskytkimien kunnonvalvonta visuaalisin tarkastuksin on työlästä, sillä se tarkoittaa samalla myös koko kytkimen purkamista. Värähtelymittauksiin perustuvaa kunnonvalvontaa-kaan ei ole mahdollista ulottaa kaikkiin kohteisiin.

Hammaskytkimien ennenaikaisia rikkoutumisia on sattunut useita viimeisen vuoden aikana. Rikkoutunut kytkin aiheuttaa käytännössä aina ylimääräisiä linjapysähdyksiä, jotka varsinkin jatkuvatoimisilla linjoilla aiheuttavat hyvin merkittäviä kustannuksia. Kytkinrikon sattuessa osaan kohteista tehtaalla on valmiiksi varastossa esireiällisiä hammaskytкимиä, jotka koneistetaan tarvittavissa osin kunnossapidon korjaamalla ja asennetaan rikkoutuneen tilalle. Värikkään hammaskytkinvalikoiman vuoksi varastossa on paljon kytkimiä, eikä siltikään välttämättä sopivaa vaihtoehtoa löydy. Rikkoutumistilanteissa olisi eduksi pystyä vaihtamaan myös vain toinen kytkinpuolikas, mutta aina se ei onnistu, kun samanlaista kytkintä ei ole varastossa. Tällöin voidaan joutua vaihtamaan koko kytkin aiheuttaen näin lisää linjojen seisonta-aikaa. Toisinaan kytkin joudutaan tilaamaan toimittajalta ja asentamaan, johon kuluva aika aiheuttaa pahimmassa tapauksessa koko valssaamohallin tuotannon pysähtymisen.

Suunniteltuihin seisakkeihin hammaskytкимиä tilatessa on myös törmätty tilanteisiin, että kytkinten toimitusajat voivat olla niin pitkiä, ettei heinä-elokuussa alulle saatettu tarjouspyyntö ja tilaus enää ehdi toimitettavaksi marraskuun lopun vuosi- huoltoihin. Asiaan ei välttämättä auta kiirelisän maksaminen tai muutkaan keinot, ja lopulta toimitus kaikesta huolimatta venyy seuraavan vuoden puolelle.

Kytкимиä tilatessa, -varsinkaan kiireessä, ei välttämättä tule huomioineeksi mahdollisuuksia vaikuttaa kytkimen asennettavuuteen liittyviin asioihin. Isommissa kytkinmalleissa kytkimen kuoren takalaippa saattaa olla erillinen osa, jonka voi nostaa akselin kaulalle ennen navan ja kuoren asennusta. Tämä helpottaa asennusta paremman asennustilan, sekä osien keventymisen vuoksi. Myöskään ulosvetoreikiä tai kiilattomien liitosten injektio pumpun liitöntöjen yhteensopivuutta ei

välttämättä kukaan tule tarkistaneeksi ennen kuin kytkin pitäisi purkaa. Osa kytkimistä on myös päästänyt rasvansa ulos muutamassa kuukaudessa asennuksesta. Tähän mahdollisia syitä linjausvirheiden lisäksi saattavat olla esimerkiksi kytkimen tiivistemateriaalille liian suuri lämpötila tai vääränlainen tiivistetyypin valinta.

Hammaskytkimien valikoiman kirjavuuden ja kohdattujen ongelmien esiintyvyyden ja kytkinrikkojen aiheuttamien ylimääräisten kustannusten, sekä varastossa pidettävien kytkinten määrän pienentämiseksi tehtaalla on tarve yhtenäistää hammaskytkinvalikoimaa. Tarkoituksena on luoda Hämeenlinnan tehtaan sisäinen suositus, "tehdasstandardi" hammaskytken hankintaan. Käytännössä siis tarkoituksena on löytää toimittaja, jonka valikoimasta jatkossa kytkimet lähtökohdaisesti valitaan, sekä muistilista valinnan tueksi. Muistilista sisältäisi suositukset käytettävistä ulosvetorei'istä, injektio- rasva- ja ilmaporauksista, mahdollisesta karkaisusta ja tarvittavasta pintakäsittelytavasta, piirustuksista, sekä vaikutuksista tiivisteiden ja liitännämittojen räätälöintimahdollisuuksiin.

6 HAMMASKYTKINVALMISTAJIEN EDUSTAJILLE ESITETTÄVÄT KYSYMYKSET

Yhteistyössä opinnäytetyön antajan edustajan kanssa keräsimme aluksi yhteen tehtaalla laajemmassa käytössä olevien teollisuusvoimansiirtokomponentteja edustavat yritykset. Valtaosan kanssa kauppaa on aiemmin käyty suoraan, mutta muutaman valmistajan tuotteita tehtaalle on päätynyt vain uusien laitetöimituksien kautta. Selvitimme aluksi jokaisesta yrityksestä myyntiedustajan vastaamaan kysymyksiin, joita opinnäytetyön tiimoilta tulee. Opinnäytetyön antajan edustaja pohjusti entuudestaan tutuille kontakteille asian sähköpostilla ja pääosin he halusivat vahvasti olla mukana auttamassa aiheen kanssa. Useampi lupautui auliisti kyselemään vastauksia suunnittelustaan ja tuotannosta, mikäli he eivät itse osaisi kysymyksiin vastata.

Tämän jälkeen työstimme myyntiedustajille kysymyspatteriston ongelman pohjalta. Pyysimme vastauksia pohjautuen toimittajan 2 perusmalliseen kytkimeen kokoa 10. Kyseisen kytkimen nimellismomentti on 84 000 Nm, maksimimomentti 188 000 Nm ja akselinhalkaisija välillä 100–217 mm. Käytimme esimerkkinä siis peittäuslinjan loppupäässä yleistä telojen voimansiirron toisiokytkintä, jota teknisesti parhaiten vastaavan oman kytkinmallinsa pohjalta edustajat kyselyihin vastasivat. Varsinainen kysymyspatteristo oli seuraavanlainen:

- ▶ Saatavuus, toimitusaika
- ▶ Momentinkesto normi/nitraus/karkaisu
- ▶ Hinta normi/karkaistu
- ▶ Optiot tiivisteisiin, ulosvetoreikiin, rasvaporaukset
- ▶ Mahdollisuus räätälöityihin liitäntämittoihin
- ▶ Piirustusten saatavuus, etenkin dwg-muodossa
- ▶ Saatavuus valmiiksi porattuna, ja miten tuplakiilaura mahdollisuus, vaikutus toimitusaikaan

Pyysimme edustajia vastaamaan kysymyksiin referenssimallia vastaavan oman kytkinmallinsa lisäksi myös yleisellä tasolla. Referenssimallia pienempiä kytkimiä

oletimme löytyvän helpommin varastosta, joten halusimme selvittää kokonaisvaltaisemmin mahdollisia toimitusaikoja. Osalla valmistajista kytkinten kuorien rakenne myös muuttuu asennusteknisistä syistä kytkimen kokoluokan kasvaessa. Myös räätälöintimahdollisuudet saattavat olla erilaiset eri kokoisten kytkinmallien kohdalla.

7 SÄHKÖPOSTINVAIHTO HAMMASKYTKINVALMISTAJIEN EDUSTAJIEN KANSSA

Sähköpostinvaihtoa oli yhteensä seitsemän eri merkin hammaskytkinvalmistajan edustajan, tai kytkinvalmistajan myyntiedustajan kanssa. Kuten aiemmin todettiin, valtaosa kontakteista oli SSAB:llä olemassa jo valmiiksi, mutta myös yksi uusi toimittaja, toimittaja 7 otettiin mukaan otantaan. Kuudelta eri toimittajalta saimme kysymyksiimme vastaukset, mutta toimittajalta 6 vastauksia ei lopulta saatu, kuin sähköpostin liitteenä ajantasaiset katalogit. Esitettyihin kysymyksiin ei vastauksia kuulunut.

7.1 TOIMITTAJA 1

Toimittajan 1 kytkimet ovat tällä hetkellä varastotavaraa Hämeenlinnan tehtaalla. Esireiällä varustettuja perusmalleja on kaikkia 11 eri kokoa yksi tai kaksi kappaletta tehtaalla varastossa. Varastokytkimistä koneistamalla voidaan tarvittaessa tehdä moneen eri kohteeseen sopiva kytkin, mikäli oikeaa varaosakytkintä ei ole varaosana olemassa.

Toimittajan 1 edustaja kertoi heillä olevan Suomessa omassa varastossa olevan jokaista mallia ainakin yksi kappale kahta suurinta mallia lukuun ottamatta. Kaksi suurinta mallia tilataan tehtaalta ja niiden toimitusaika on noin 3 viikkoa tilauksesta. Toimitusajan tosin huomasimme ainakin keväällä tilatun kolmanneksi suurimman koon kytkimen kanssa hieman ontuvan, vaikka niitä luvattiin olevan Suomessa varastossa.

Toimittajan 1 kytkimistä perusmallin ja karkaistun mallin puolikkaat eivät sovi toisiinsa, eli äkillisen rikkoutumisen sattuessa karkaistun mallin puolikasta ei voi laittaa perusmallin tilalle ehjänä säilyneen puolikkaan pariaksi.

Toimittajan 1 toiseksi suurimman mallin hinta esiporattuna on noin 3000 € / kpl ALV 0 % ja suurimman mallin hinta esiporattuna noin 3700 € / kpl ALV 0 %. Karkaistujen kytkinten hintaa tai saatavuutta toimittaja ei suostunut sen paremmin

kommentoimaan, sillä kaikki ovat tilauksesta valmistettavia ja siten hyvin tapauskohtaisia.

Toimittajan 1 kytkinten maahantuojana ja toimittaja toimiva yritys on hiljan hankkinut uuden, ajantasaisen koneistuskeskuksen ja monitoimisorvin kytkinten muokkausta varten, joten kytkinten koneistus reikien ja kiilaurien osalta onnistuu. Räättälöintimahdollisuudet ovat ilmeisesti kuitenkin melko rajalliset/olemattomat, sillä kysymystä ei haluttu oikein ymmärtää tai kommentoida sen paremmin.

Piirustukset toimittajan 1 kytkimiin löytyy 2D versioina ja joistain voi saada myös 3D kuvia. Tämän tarkemmin toimittajan edustaja ei ollut halukas kommentoimaan kuvien saatavuutta, vaikka erikseen dwg-kuvien saatavuutta tiedustelimme.

7.2 TOIMITTAJA 2

Toimittajan 2 jälleenmyyjä varastoi toimittajan 2 hammaskytkimien pienempiä kokoja 2-5 kpl omassa varastossaan. Isompia kytkimiä (täydellisinä, sis. molemmat puolikkaat, pultit, mutterit ja tiivisteet) löytyi maaliskuussa toimittajan 2 varastosta Belgiasta kokoa 10 7kpl, kokoa 11 6kpl ja kokoa 12 3kpl. Normaali toimitusaika Belgiasta on 2 viikkoa. Pikatoimitus on mahdollista esim TNT tai Fedexin avulla, toki myös isompien kokojen varastointi jälleenmyyjällä Suomessa mahdollista, mikäli se koetaan tarpeelliseksi. Kytkinten mahdollinen koneistus lisää toimitusaikaa 2–3 viikkoa, mikäli kytkimeen tehdään muutoksia.

Toimittajan 2 hammaskytkimiä on saatavilla tehtynä 42CrMo4 ja lämpökäsiteltyinä (huom. ei karkaistuna!). Kytkimen ulkomitat pysyvät samoina, mutta kytkinten momentinkesto on huomattavasti perusmallia suurempi. Perusmalli ja lämpökäsitelty mallit eivät kuitenkaan sovi toisiinsa, sillä puolikkaiden kiinnityspulttien lukumäärä on suurempi ja jako erilainen lämpökäsitellyssä mallissa. Tämän vuoksi äkillisen rikkoutumisen tilanteessa perusmallia ei pysty korvaamaan lämpökäsitellyn mallin kytkinpuolikkaalla, mikäli sopivan kokoista perusmallin puolikasta ei ole.

Perusmallin koko 10 hinta alkuvuodesta 2025 oli 3600 € alv 0 % ja pykälää isompi koon 11 perusmallin hinta oli noin 4400 € alv 0 %. Lämpökäsitellyt 42CrMo4 valmistetut mallit ovat yleensä noin 50–60 % kalliimpia koneistamattomina, kuin perusmallit. Loppuvuodesta 2024 koon 10 42CrMo4 valmistettu ja lämpökäsitelty malli koneistettuna valmiiksi D=170N7 ja tuplakiilaurilla 40P9 180° toteuneelta hinnaltaan noin 7200 € alv 0 % ja vastaava kytkin koossa 11 akselimitalla D=175N7 ja tuplakiilaurilla 45P9 180° toteutunut hinta noin 8500 €. Valmiiksi asiakkaan haluamiin mittoihin koneistettuna tuplakiilaurilla koneistuksen osuus hinnasta on siis 1500–2000 € välillä.

Räätälöinti/koneistusmahdollisuudet toimittaja 2 hammaskytkimissä on muutenkin hyvät. Suomalaisen jälleenmyyjän kautta on kytkimet mahdollista saada koneistettuna asiakkaan piirustusten mukaisille akseleille. Kuten aiemmin todettiin, tuplakiilaurien teko onnistuu. Myös viton/o-rengas tiivisteet mahdollisia ja muitakin vaihtoehtoja voi kysyä. On mahdollista saada asiakkaan haluamalla ulosvetoreijillä, vaikuttaa kytkinten rasvapurausten sijaintiin, sekä käyttää pidennyspultteja ja päätysuojuksia. Kytkimistä saa myös piirustukset helposti, myös step-mallit on mahdollista saada suunnittelun käyttöön.

7.3 TOIMITTAJA 3

Toimittajan 3 hammaskytkimet valmistetaan Suomessa ja myynnistä vastaa eräs suomalainen teollisuuden tukkukauppias. Tähän asti kaikki kytkimet on tehty tilauksesta, mutta siihen on mahdollisesti tulossa muutos. Toimitusaika esiporattujen perusmallien kohdalla on 2–3 viikkoa. Mahdollinen räätälöinti pidentää toimitusaikaa. Toimitusaika tilauksesta on noin 5–6 viikkoa, riippuen hieman räätälöinnin tasosta. Kytkinkoon kasvaessa maksimi akselihalkaisijan ollessa 400-600 mm välillä, aihoiden toimitusaika on usein 10 viikkoa + 1 viikko rahti, niin toimitusaikamme räätälöityjen kytkinten kohdalla on jopa 15–16 viikkoa.

Toimittajan 33 hammaskytkinten hinnat 42CrMo4QT pyörötangosta tehtynä on koon 10 kohdalla ilman räätälöintiä: 1 kpl noin 5500 € / kpl 2 kpl noin 5100 €/kpl

ja 3 kpl noin 4800 €/kpl. Annetut hinnat ovat valmiiksi asiakkaan haluamiin akselimittoihin poratuille kytkimille. Kytkimiä valmistetaan myös S355-teräksestä ja tulossa on myös kytkimen kuorien materiaaliveitohdoksi EN-GJS-800, joka vastaa kutakuinkin 42CrMo4 QT ominaisuuksia.

Kytkimet saa joko ilman pinnoitetta, tai nitrattuna. Kytkimen typpikaasunitraus nostaa hintaa noin 1,75/kg. Esimerkiksi koon 10 hammaskytkin painaa noin 220 kg, joten nitraus nostaa tässä tapauksessa kappalehintaa noin 385 €. Typpikaasunitraus nostaa kytkimen momentinsiirtokykyä ja parantaa jonkin verran hammastuksen elinikää.

Toimittajalta 3 saa hammaskytkimistä asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä malleja hyvin kattavasti. Tiivisteinä saa tupla O-renkailla tai X-tiivisteellä, mutta tarvittaessa myös akselitiivisteellä. Myös erikoisemmat tiivisteratkaisut ovat mahdollisia yhdessä tiivistevalmistajien kanssa toteutettuna. Rasvaporaukset, ulosvetoreiät yms. toimittaja 3 toteuttaa asiakkaan toiveiden mukaisesti. Irrotettava takalaippa kytkimissä on oletusarvoisesti koosta 11 ylöspäin, mutta halutessa se on mahdollista saada myös kokoihin 1–10. Kaikkiin kytkimen dimensioihin voi vaikuttaa, mutta hammasmoduuli ja hammaslukumäärä ovat vakioituja. Toimittaja 3 toimittaa tarvittaessa kytkimiä vanhojen kytkinten tilalle esim. siten, että laipan mitat ovat samat kuin vanhassa puolikkaassa, jolloin uusi puolikas käy vanhan (siis kilpailevan valmistajan) kytkinpuolikkaan tilalle.

Kytkimiin saa myös kattavasti varaosia, eikä aina ole pakko ostaa kokonaista uutta kytkintä. Varastossa olevat puolikkaat kytkimet tai osiltaan vajavaiset kytkimet voi täydentää kokonaisiksi varaosakytkimiksi ongelmitta.

7.4 TOIMITTAJA 4

Toimittajan 4 hammaskytken toimitusaika tehtaalta jälleenmyyjälle Suomeen on 4–5 viikkoa. Jos kytkin löytyy Suomesta valmiina hyllystä, poraamattomana

toimitus on mahdollista melko nopeastikin ja valmiiksi akselimittaan porattuna parista päivästä viikkoon. Mikäli SSAB päätyy jatkossa käyttämään ensisijaisesti toimittajan 4 kytkimiä, jälleenmyyjä voi varastoida kytkimiä Suomessa aiempaa enemmän, jolloin toimitusajat saadaan tarvittaessa nopeiksi.

Toimittajan 2 kokoa 10 vastaava toimittajan 2 malli on koko 10. Niitä löytyi huhtikuun alussa varastosta 1 kpl, jonka hinta valmiiksi porattuna n. 3500 € alv 0 %, kun puhe yhdestä kappaleesta, eikä suuremmasta erästä.

Toimittajan 4 hammaskytkimistä on olemassa myös HD-malli (Heavy Duty). HD-mallit ovat aina perusmallia parempia momentinkestoltaan ja joissain malleissa suojatumpia ympäristöä vastaan. HD mallit fyysisiltä mitoiltaan yleensä hyvin lähellä peruskytkintä, mutta eivät täysin samankokoisia. Valmistusmateriaali, karkaisut, pultit ja muut toimenpiteet eroavat perusmallista, joilla saavutettu parempi momentinkesto. HD-mallien hinta ja saatavuus on perusmallia enemmän tapauskohtainen asia.

Suomalaiselle jälleenmyyjälle kytkimet tulevat poraamattomina ja ne porataan asiakkaan niin halutessa valmiiksi. Tuplakiillaurat ja erilaiset kysytyt räätälöintitarpeet ovat edustajan mukaan pääsääntöisesti toteutettavissa, sillä räätälöityjä kytkimiä toimitetaan jo monelle muulle asiakkaalle. Kytkimien piirustuksia on saatavilla ainakin pdf:nä, dwg-muodossa kuvien saanti voi jälleenmyyjän edustajan mukaan olla haasteellista.

7.5 TOIMITTAJA 5

Standardi toimitusaika toimittajan 5 kytkimille on noin 2–3 viikkoa tilauksesta, jos ei ole erityisvaatimuksia tasapainotuksessa, maalauksessa tms. Nopeampiin toimituksiin pystytään tarvittaessa/sovittaessa käyttämään jälleenmyyntiverkostoa Suomessa, jolloin todella nopeat toimitukset (1-2pv) ovat myös mahdollisia.

Toimittajan 5 hammasgeometria poikkeaa hivenen kilpailijoiden vastaavasta, mikä tarjoaa muutamia etuja. Hammas on hieman matalamman ja leveämmän

mallinen, mikä valmistajan mukaan parantaa hampaan tyvilujuutta ja takaa hampaan hyvän voitelun.

Kaasunitraus ja erikoismateriaalien käyttö toimittajan 5 kytkimissä on mahdollista. Standardi optiota / räätälöintimahdollisuuksia on todella paljon, riippuen täysin asiakkaan tarpeista. O-rengas tiivistys on mahdollista korvata tehokkaamalla DUO-sealingillä (kaksoishuulitiiviste) riippuen kytkimen tyypistä ja variantista (A/B). Myös enemmän suunnittelua vaativat ratkaisut ovat mahdollisia, mutta niistä pitää keskustella enemmän tapauskohtaisesti.

Toimittajan 2 kokoa 10 parhaiten vastaava toimittajan 5 hammaskytkinmalli valmistajan edustajan mukaan on heidän koko 11. Sen "perushinta" esiporattuna on noin 3600 €. Todellisuudessa toimittajan 5 koko 11 vastaa kuitenkin teknisiltä tiedoiltaan kenties paremmin toimittajan 2 kokoa 11.

Piirustusten saatavuus on todella hyvällä mallilla toimittajalla 5. Heidän kotisivuiltaan löytyy oikein mukava ja toimiva konfiguraattori, jolla pystyy melko hyvin katsomaan tarpeeseensa sopivan hammaskytkimen. Konfiguraattorista pystyy lataamaan niin 3D-kuvat, datasheetin, kuin perinteiset pdf-kuvatkin.

7.6 TOIMITTAJA 6

Toimittaja 6 myyntiedustaja vastasi SSAB:n edustajan alustavaan kyselyyn opinäytetyön teknisenä yhteyshenkilönä toimimiseen iloisesti, luvaten tulla tarvittaessa vaikkapa paikan päälle tehtaalle asioista puhumaan. Samalla hän lähetti sähköpostin liitteenä hammaskytkinkatalogit nykyisestä kytkinmallistoista. Varsinaiseen tiedusteluun teknisiin asioihin liittyen hän ei kuitenkaan vastannut mitään.

7.7 TOIMITTAJA 7

Hammaskytkinvalmistajista uutena tuttavuutena myös kyselimme myös toimittajan 7 edustajalta toimittajan 2 kokoa 10 vastaavan mallin toimitusaikaa, hintaa, sekä teknisiä ominaisuuksia. Toimittajan 7 hammaskytkinten perusmalleja löytyy hyllystä Suomesta, niiden toimitus onnistuu kohtuu nopeasti. Toimittajan 7 irrotettavalla kuoren tiivisteläipalla olevien perusmallien pohjalle tehtyjen räätälöityjen versioiden toimitusaika on 12–14 viikkoa.

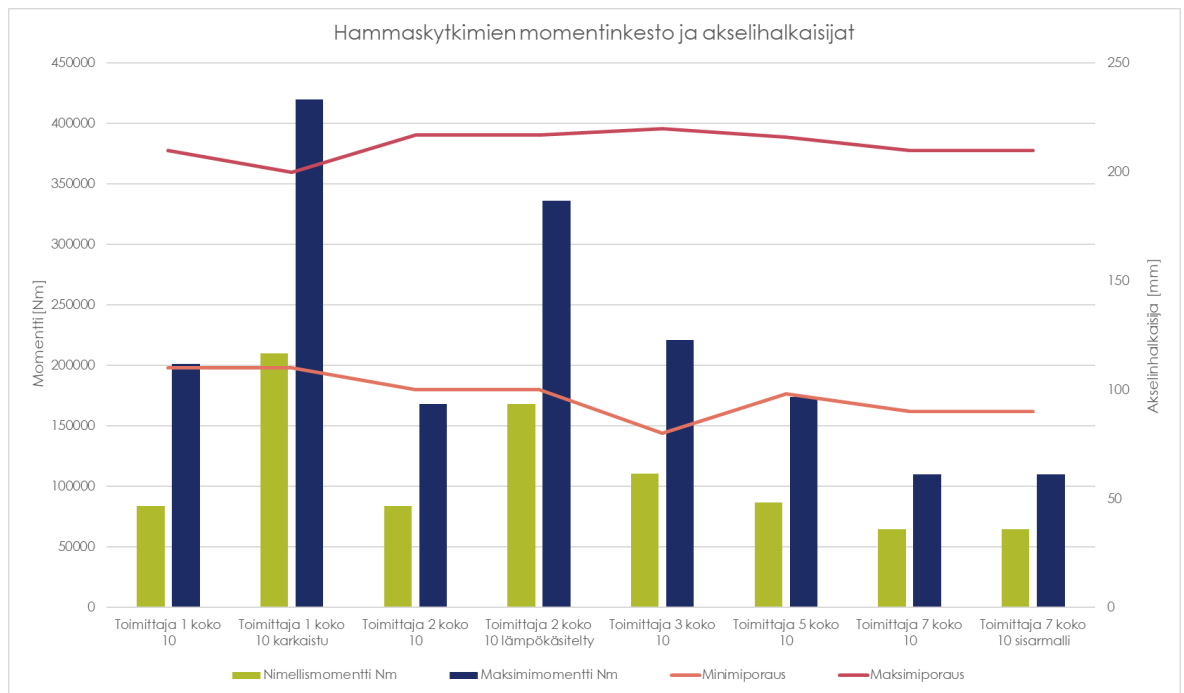
Toimittajan 7 valmiudet räätälöityjen kytkinratkaisujen tekoon on hyvä. Yhtiö toimittaa vuodessa yli 30 000 erilaista akselikytkintä, joista merkittävä osa on asiakasräätälöityjä. Kytkimet saa esiporattuna vai valmiiksi porattuina, tuplakiilaurilla ja kytkimistä on perusmallisto ja sen sisarmallisto, joissa takalaippa on irroitettava mallia. Tiivisteratkaisuja on myös saatavilla erilaisia. Kytkinten tiivistemateriaalina on normaalisti NBR, saatavilla myös esimerkiksi Viton-tiivisteillä, mikäli NBR:n lämmönkesto on riittämätön.

8 HAMMASKYTKINTEN MOMENTTIVERTAILUA

Eri valmistajien hammaskytkinten vertailun helpottamiseksi kytkinten tiedot haettiin valmistajien katalogeista Exceliin. Vertailuun mukaan valittiin kysymyksiin vastaneista kytkinvalmistajista toimittajat 1, 2, 3, 5 ja 7. Edellä mainituista toimittajat 1, 2 ja 7 valittiin mukaan kahdella mallilla kussakin vertailukokoluokassa. Toimittajien 1 ja 2 edustajat olivat perusmalli ja kovempi/lämpökäsitelty sisarmalli ja toimittajan 7 malleista perusmalli kiinteällä kuoren takalaipalla, sekä irrotettavalla takalaipalla oleva sisarmalli.

Excel-taulukoista kaikkien mahdollisten tietojen joukosta koottiin hammaskytkimen sallima akselin minimi- ja maksimihalkaisija, nimellismomentti, sekä maksimimomentti. Halutuista tiedoista tehtiin omat taulukkonsa uudelle Excelin sivulle selkeyden vuoksi. Näin halutuista tiedoista olisi helpointa ja selkeintä piirtää kuvaajat hahmottamaan kytkinten eroja. Kytkinten valinta taulukkoon pohjautui kytkinten sallimaan akselin maksimihalkaisijaan, sillä se oli selkein valinta kertoamaan kytkimen kokoluokka akselikapasiteetin ja ulkoisten mittojensa puolesta. Excel-taulukko kokonaisuudessaan löytyy liitteestä 2.

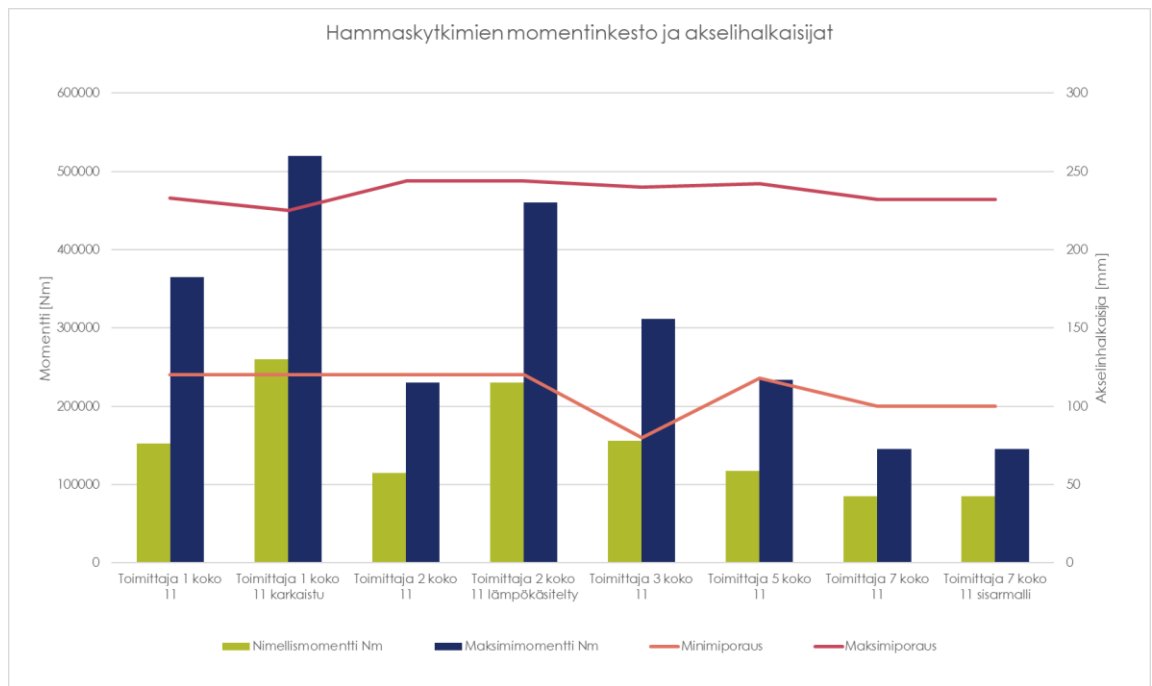
Valmistajien, sekä haluttujen vertailutietojen valinnan jälkeen valittiin vertailuun osallistuvien kytkinten kokoluokat. Ensimmäinen kokoluokka valikoitui peittauslinjan S-telaston 3.1 toisiokytkimen kokoluokan mukaan, eli ensimmäinen kokoluokka piti sisällään toimittajan 2 koon 10 kytkimen, sekä kilpailijoiden tätä parhaiten vastaavat kytkinmallit. Vertailutaulukkoon valikoitui siis toimittajan 2 koon 10 perusmalli ja lämpökäsitelty malli, toimittajalta 1 koko 10 perusmalli sekä karkaistu malli ja toimittajalta 7 perusmalli kokoa 10 ja irrotettavalla tiivistelaipalla oleva vastaava sisarmalli. Toimittajan 3 kytkimistä valittiin koko 10 ja toimittajalta 5 koko 10. Kuten alla olevasta kuvaajasta nähdään, on toimittajan 2 lämpökäsitellyllä navalla olevan mallin, sekä karkaistulla toimittajan 1 kytkimellä momentinkestö huomasti perusmallia tai kilpailijoita parempi. Näiden jälkeen kolmanneksi sijoittuu toimittajan 3 kytkin.



KUVIO 1. Hammaskytkimien momentinkeston ja minimi- sekä maksimiakselihalkaisijoiden vertailukuvaaja toimittaja 2 koon 10 kokoluokassa.

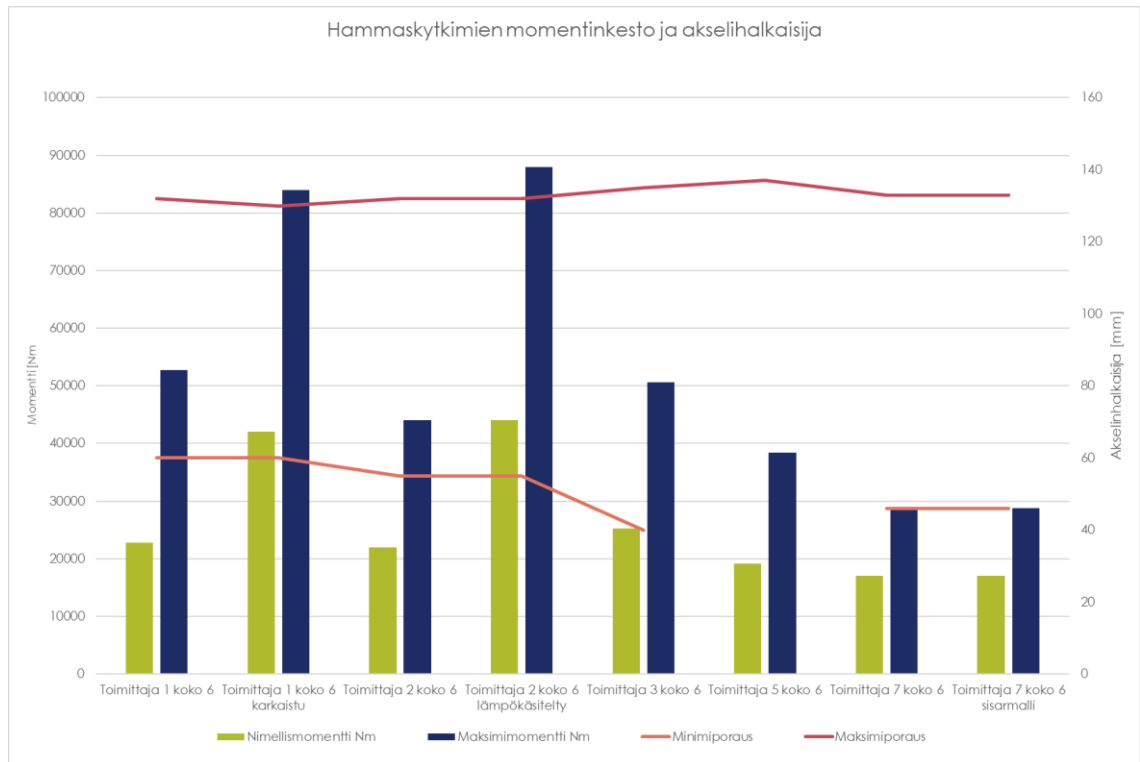
Toinen vertailukokoluokka oli ensimmäistä vertailuluokkaa pykälää isommat hammaskytkimet, eli toimittajan 2 kokoa 11 vastaavat kytkimet. Kyseisen kokoluokan kytkimiä löytyy monesta paikasta peittauksen S-telaston voimansiirron toisipuolelta. Toiseen vertailutaulukkoon valikoitui siis tietenkin toimittajan 2 koko 11 ja koon 11 lämpökäsitelty versio, toimittajalta 1 koko 11 ja sen karkaistu versio. Toimittajan 3 kytkimistä kytkimistä vastaava malli on koko 11 ja toimittajalta 5 myös koko 11. Toimittajalta 7 sopivin on koko 11, sekä irrotettavan tiivistelaipan sisarmalli. Näin siitä huolimatta, vaikka myyntiedustajan mielestä tämä heidän kokonsa 11 kytkin olisi ollut sopivin vaihtoehto toimittajan 2 koon 10 tilalle.

Kuten sopi olettaa, toimittajan 2 lämpökäsitelty malli, sekä toimittajan 1 karkaistu malli pitävät kokoluokassa piikkipaikkaa maksimimomentinkestollaan. Kolmanneksi edellisestä poiketen sijaan sijoittuikin toimittajan 1 kytkin, mutta nimellismomentinkeston osalta toimittajan 3 kytkin oli hyvin tasaväkinen toimittajan 1 kytkimen kanssa.



KUVIO 2. Hammaskytkimien momentinkeston ja minimi- sekä maksimiakselihalkaisijoiden vertailukuvaaja toimittajan 2 koon 11 kokoluokassa.

Kolmas vertailukokoluokka oli peittauksen S-telastojen ensiökytkimissä yleinen kokoluokka, eli toimittajan 2 kokoa 6 vastaavat kytkimet. Toiseen vertailutaulukoon valikoitui siis toimittajan 2 koon 6 perusmallin kytkin, sekä siitä lämpökäsitelty sisarmalli. Toimittajalta 1 vertailussa oli koon 6 kytkin, sekä sen karkaistu sisarmalli. Toimittajalta 7 mukaan valikoitui myös koon 6 kytkin ja siitä irroitettavan tiivistelaipan sisarmalli. Toimittajan 3 kytkimistä valinta osui niin ikään kokoon 6, samoin toimittajan 5 kytkimessä. Marssijärjestys maksimimomentinkestossa oli sama kuin edellisessäkin kokoluokassa, mutta toimittajien 1 ja 3 välinen ero oli melko pieni ja nimellismomentissa toimittaja 3 vetää jopa pidemmän korren.



KUVIO 3. Hammaskytkimien momentinkeston ja minimi- sekä maksimiakselihalkaisijoiden vertailukuvaaja toimittaja 2 koko 6 vastaavien kytkinten kokoluokassa.

9 HAMMASKYTKINTEN KORVAAMINEN LAMELLIKYTKIMELLÄ

Kunnonvalvonnan helpottamiseksi hammaskytkinten erilaisiin käyttökohteisiin tutuessa kartoitettiin myös mahdollisia sopivia kohteita, joissa hammaskytkimiä voitaisiin mahdollisesti kokeilla korvata metallilamellikytkimillä. Tarkastelimme asian tiimoilta peittauksen S-telaston jarrulevyillä ja väliakselilla varustettuja ensiökytkimiä, sekä muutamaa vetotelaa sinkityslinjalla nro 1.Yllä mainituissa kohteissa kytkinten kokoluokka oli vielä kohtuullinen ja tilaa akselin ympärillä voisi akselin säteen suunnassa olla riittämiin.

Selvitimme tehtaalla varastossa olevat pienemmät hammaskytkinmallit, joita on varastoon tilattu ja varastosta myös otettu viime vuosina useampi kuin kaksi kappaletta vuodessa. Päädyimme kolmeen pieneen hammaskytkimeen, joiden nimellismomentit olivat välillä 2760–8700 Nm ja mahdolliset akselinhalkaisijat välillä 18–98 mm. Näistä suurimman hammaskytkimen maksimipyörintänopeudeksi ilmoitetaan 4000 rpm, joka riittää normaaleiden sähkömoottoreiden kanssa tehdaskäytöissä hyvin. Näihin pohjatietoihin peilaten aloin selvittämään markkinoilla olevia metallilamellikytkimiä toimittajilta, jotka tehtaalle ovat jo aiemmin toimittaneet muita voimansiirtokomponentteja, esimerkiksi sakarakytkimiä.

Lamellikytkimiä on montaa eri tyyppiä, eli ns. perusmallia tavallisilla navoilla ja yhdellä tai useammalla joustoelementillä, väliholkillisia ja/tai jarrullisia sekä yhdellä tai kahdella käännetyllä navalla olevia. Perusmalliset metallilamellikytkimet hammaskytkimien korvaajina voitiin poissulkea tutkimuksista jo heti alussa, sillä niiden pituus on jopa kolminkertainen verrattuna saman momentinkeston omaavaan hammaskytkimeen. Käännettyillä navoilla olevat kytkimet ovat lyhimmilläänkin asennusmitaltaan noin 50 mm vastaavaa hammaskytkintä pidempiä. Käännettyillä navoilla olevien lamellikytkinten lyhennysvara on myös melko olematon. Hammaskytkintä lamellikytkimellä korvattaessa pitäisi sähkömoottoria siirtää lamellikytkimen vaatiman lisätilan verran. Käytännössä tämä tarkoittaa uuden moottoripedin rakentamista tai vanhan pedin jatkamista.

Vaihteistojen toisiopuolella vaadittaisiin moottorin lisäksi myös koko vaihteiston siirtämistä. Joissain kohteissa tämän estää tilan määrä, linjan käyttöpuolella tuleekin hallin seinä vastaan, ennen kuin vaadittava lisätila on saavutettu.

Peittauksen S-telasto 3.1 ensiöpuolen hammaskytkimen korvaaminen lamellikytkimellä voisi sen sijaan olla mahdollista. Ensiökytkin kyseisessä kohteessa on väliholkillä ja jarrulevyllä varustettu. Tilaamalla räätälöidyn, jarrulevyllä ja väliholkillä varustetun metallilamellikytkimen olisi hammaskytkin mahdollista korvata lamellikytkimellä. Siihen soveltuva lamellikytkinratkaisu pystyttäisiin suunnittelemaan joko toimittajan 4 tai 7 lamellikytkinmallistosta, mutta se ei liene tällä hetkellä järkevää. Kyseisen ensiökytkimen kanssa ei ole ollut ongelmia missään vaiheessa ja lisäksi räätälöidyn lamellikytkinratkaisun hinta nousee helposti melko kovaksi. Toistaiseksi lamellikytkimet eivät siis näyttäydy kovinkaan otollisina vaihtoehtoina hammaskytkimien korvaajina.

10 MUISTILISTA HAMMASKYTKINTEN HANKINTAAN

Uutta hammaskytkintä hankittaessa läpikäytävien asioiden lista on yllättävän pitkä. Läpikäytävät asiat on alle koottu taulukkoon. Taulukossa mainittujen asioiden läpikäymisen tärkeys korostuu varsinkin, mikäli vanha hammaskytkin korvataan pykälää tai paria suuremmalla, tai toisen valmistajan kytkimellä. Toki asiat on hyvä käydä läpi joka kerta, sillä varsinkin kytkimen poistoa helpottavat seikat (eli ulosvetoreiät ja injektioporaukset yms. asiat) jäävät hankintavaiheessa helposti huomiotta.

TAULUKKO 1. Hammaskytkinten hankinnan muistilista.

Ominaisuus	Mieti/selvitä esimerkiksi
Kytkimen tyyppi	Tavallinen hammaskytkin, väliputkellinen, jarrullinen
Kuormitustiedot	moottorin tyyppikilpi + käyttökerroin (yleensä 2) + vaihteen välityssuhde tai olemassa oleva data
Ensiö- ja toisio-akseli	Ensiö- ja toisioakselin koko ja sovite
Napa ja kuoret	Navan ja kuorien materiaalit, lämpökäsittelyt esim. nuorustus, karkaisu, nitraus tms.)
Napaliitoksen tyyppi	kiilaliitos/kiilaton, kiilaliitoksen kiilojen määrä
Linjaustarkkuus	Kytkimen sallima kulma- ja aksiaalivirhe
Injektioporaukset	Injektioporausten määrä, kierteet (G ¼ tai G ¾), sijainti
Ulosvetoreiät	Ulosvetoreikien koko/määrä/sijainit/kierte
Rasvaporaukset	Rasvapurausten sijainti (ainakin 180 asteen välein), käytettävät kierteet yms.? Myös ilmaporaukset!
Rasva	Rasvan tyyppi ja määrä
Ennakkohoolto	Ennakkohuoltoväli ja toimenpiteet, eli pelkkä rasvaus, vai purku, puhdistus sekä rasvaus vai joku muu toimenpide?
Kuoren takalaipan irroitus	Tarvitseeko kuoren takalaipan olla irrotettava? Takalaipan ja kuoren tiivisteen tyyppi, mikäli se on irrotettava ja se avataan rasvatesassa ilmaraoksi?
Kuoren tiivisteet	Kytkimen kuoren tiivistys napaan, eli O-rengas, huulitiiviste vai mikä? Tarvittava lämpötilan/kemikaalien kesto? Kytkimen kuorenpuolikkaiden välinen tiivistys esim. lakka tai paperitiiviste?
Pintakäsittely	Esim. maalaus, anodisointi, mustaus vai käsittelemätön?
Piirustukset	pdf ja dwg

10.1 KYTKIMEN TYYPPI JA KUORMITUSTIEDOT

Ensimmäinen asia kytkimen hankinnassa on tietenkin selvittää tarvittavan kytkimen tyyppi. Onko hammaskytkin ihan "tavallinen", vai onko siinä kenties jarrulevy, väliputki vai kenties jotain muutakin. Tässä vaiheessa on myös hyvä miettiä, sopsisiko kyseiseen kohteeseen kenties paremmin vaikkapa metallilamellikytkin, mikäli tila riittää.

Kytkimen tyyppin selvityksen jälkeen täytyy selvittää kytkimen kuormitustiedot. Kytkimen kuormituksen selvittäminen on hyvä aloittaa kaivamalla kohteesta piirustukset ja lisäksi käydä tarkistamassa tyyppikilvistä moottorin teho ja pyörintänopeus, sekä vaihteen välityssuhde. On hyvä käydä tarkistamassa teknisten tietojen paikkansapitävyys paikan päällä kohteessa, sillä on mahdollista, että moottori tai vaihde eivät ole enää alkuperäisiä ja kuvan mukaisia, mikäli kuvat ovat jääneet päivittämättä. Lisäksi tarvitaan käyttökerroin, joka terästehtaan koneiden voimasiirroissa on yleensä 2. Tämä on hyvä tarkastaa piirustuksesta.

Tehtaalla valmistettava tuotekavalkadi on koko ajan muuttunut vaativampaan suuntaan. Tämän vuoksi on syytä miettiä, vaikkapa prosessi-insinöörin kanssa, yhdessä onko prosessi, ja sen aiheuttama kuormitus voimansiirrolle kasvanut tai onko se oletettavasti kasvamassa tulevaisuudessa. Monesta kohteesta on saatavissa dataa, josta selviää voimansiirron todellinen kuormitus. Se on erinomainen apu hammaskytkimen hankinnassa kuormitustietoja selvitetäessä. Saatu data voi toisinaan puoltaa uuden kytkimen hankinnassa päätymistä kokoa suurempaan kytkimeen.

10.2 NAPALIITOS SEKÄ VALITTAVAT MATERIAALIT

Kytkimen kuormitustietojen selvityksen jälkeen on selvitettävä ensiö- ja toisioakselin koko, napaliitoksen tyyppi (kiilallinen/kiilaton) ja navan sovite. Ensiö- ja toisioakselin koko, kytkimen kuormitustietojen ohella, vaikuttavat valittavan kytkimen kokoon. Kiilaurien määrä ja sijoittelu, sekä haluttu sovite täytyy tarjouspyyntöön laittaa, sillä ne vaikuttavat asennusvalmiiksi koneistetun kytkimen hintaan.

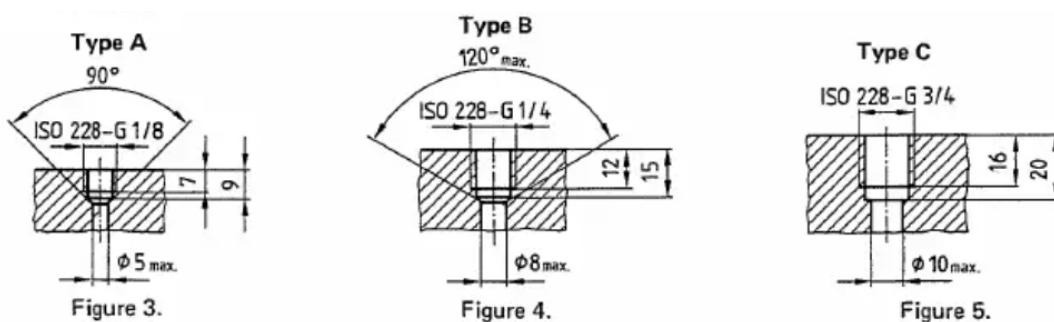
Napojen ja kuorien materiaalilla, sekä erilaisilla käsittelyillä voidaan vaikuttaa kytkimen momentinsiirtokykyyn merkittävästi. Napojen ja kuorien materiaalivalinnalla, sekä käsittelyllä, kuten nuorrutuksella, karkaisulla tai nitrauksella voidaan parantaa elinikää ja momentinkestoa kytkimen ulkomittojen kasvamatta, mikäli sille on tarvetta.

Edellä mainittujen lisäksi on syytä tarkistaa kytkimen sallimat kulma- ja aksiaali- virheet. Näissä asioissa on pieniä eroja valmistajien välillä käytettävien hammasgeometrioiden erojen vuoksi. Hammasgeometrian lisäksi vaadittavaan linjaustarkkuuteen vaikuttaa myös kytkimen koko. Linjauksessa myöskään täydellisyyteen pyrkiminen ei välttämättä ole tavoiteltavaa. Pieni aksiaali- ja/tai kulmapoikkeama varmistaa rasvan liikkumisen kytkimen sisällä varmistuen kytkimen kunollisen voitelun

10.3 KUTISTUSLIITOKSISSA KÄYTETTÄVÄT INJEKTIOPORAUKSET

Mikäli kytkimen napaliitos on kiilaton, on kiilattoman liitoksen korkeapaineöljyn injektiorauksissa käytettävä G 1/8, G 1/4 tai G 3/4 kierteitä. DIN 15055 määrittelee korkeapaineöljyllä irrotettavissa kutistusliitoksissa käytettävät öljyliitännät yksiselitteisesti, kuten kuvasta 6 voidaan todeta.

Tehtaalla käytössä olevat kytkimeen kierrettävät liittimet ovat mallia SKF THPA AM12/G1/4 tai SKF THPA AM12/G3/4. G 1/8 on kooltaan niin pienikokoinen, ettei sitä ole toistaiseksi tehtaan kytkimissä käytössä. Tarvittava injektiorauksien lukumäärä ja sijoittelu on riippuvainen liitettävän navan ja akselin geometriasta (DIN 15055).



KUVA 5. Paineöljyliitännät DIN 15055 mukaan. (DIN 15055.)

10.4 KYTKIMISSÄ KÄYTETTÄVÄT ULOSVETOREIÄT

Ulosvetoreikien kokoon vaikuttaa akselin koko, napaliitoksen tyyppi sekä sovitteet. Lähtökohtaisesti kytkimen kokoon nähden sopivia ulosvetoreikiä on oltava minimissään navan toisessa päässä 2 kpl 180 asteen välein. Ulosvetoreikien koko on riippuvainen akselin halkaisijasta ja navan sovitteesta. Sopivien ulosvetoreikien koko on kytkimen suunnittelijan vastuulla. On hyvä kuitenkin pohtia, onko syytä tehdä ulosvetoreiät napojen molempiin päihin, tai kasvattaa ulosvetoreikien lukumäärä

SSAB:lla on käytössä oma ohje ulosvetovaarujen käytöstä ja kuormitettavuudesta. Ohjeessa edellytetään ulosvetovaarnan kiertämistä vähintään 1,5 kertaa ulosvetovaarnan halkaisijan verran ulosvedettävään napaan, joten tämän ehdon täytyminen on hyvä tarkistaa. Täysin yksiselkoinen ohje ei ulosvetovaarujen käytön kannalta ole, sillä käytössä olevissa DIN 939 mukaisissa vaarunoissa lyhyemmän pään kierteen mitta on noin 1,25x vaarnan halkaisija. Ohjeella kuitenkin tarkoitettaneen juuri sitä, kuinka syvälle vedettävään kappaleeseen vaarna tulee kiertää, jotta kierre varmasti pitää.

Taulukossa on esitetty SFS 2636 mukaisien tasakiilallisten napojen ulosvetoreikien viitteellisiä kokoja, kuten käytetään kahta tasaisesti kuormitettua ulosvetovaarna, joihin kohdistuu suora veto. Kyseistä taulukkoa ei saa käyttää mitoituksen perusteena! Tarvittava ulosvetovoima, ja tämän myötä tarvittava ulosvetoreikien koko ja määrä on suunniteltava aina tarpeen mukaan! Taulukon tarkoituksena on toimia hammaskytken tarjouspyyntöä tarkastavan henkilön viitteellisenä apuna, ovatko alustavien piirustusten ulosvetoreiät riittävät tarkoitukseensa. Taulukossa tarvittavan ulosvetoreiän syvyyden osalta on huomioitu SSAB:n oma ohjeistus asian suhteen.

TAULUKKO 2. Suositeltava ulosvetoreiän minimikoko akselihalkaisijan mukaan, kun navassa on neljä ulosvetoreikää. Taulukko koskettaa vain SFS 2636 mukaisia tasakiilallisia kiilasulkeisia akselinliitoksia, ei DIN 15055-mukaisia liitoksia. Taulukko ei ole mitoitusperuste, vaan sen tarkoitus on toimia alustavan tarjouspyynnön tarkistajan apuna ulosvetoreikien koon riittävydestä

Akselin maksimi-halkaisija (mm)	Kierrereikä ulosvedintä varten (vähintään)
65	M8x12
80	M10X15
105	M10X15
135	M12X25
170	M16X30
190	M16X30
225	M20X40
245	M24X50
280	M24X50
305	M24X50
320	M30X60
360	M30X60

10.5 KYTKIMEN HUOLTO JA RASVAUS

Hammaskytkimen ennakkohuoltotoimien, rasvauksen, rasva- ja ilmaporausten määrän ja sijoittelun, sekä haluttujen kierteiden tiimoilta on syytä olla yhteydessä ennakkohuoltoon ja pohtia näitä asioita yhdessä. Kytkimen huollon kannalta pitää miettiä tarvittavien rasva- ja ilmaporausten määrä ja sijoittelu, sekä niissä käytettävät kiehteet. Näiden kysymysten tiimoilta on syytä olla yhteydessä tehtaan ennakkohuoltoon ja pohtia vastaukset edellä mainittuihin kysymyksiin yhdessä. Hyvänä lähtökohtana voidaan kuitenkin pitää sitä, että rasvaporaukset tulisi olla vähintään 180 asteen välein, samoin ilmaporaukset. Rasvaporauksen kierteinä lähtökohtaisesti käytetään G1/4", G1/8" ja M6x1 kierteitä, sillä niihin löytyy nippoja

suoraan tehtaan varastosta. Kytkimen voiteluun käytettävän rasvan vaatimukset tulevat valmistajalta.

10.6 KYTKIMEN KUORIEN TIIVISTYS JA IRROITETTAVA TIIVISTELAIPPA

Mikäli kytkin on suurikokoinen, tai hankalassa paikassa, voi kytkimen asennusta koittaa tehdä helpommaksi pyytämällä kytkin irrotettavalla tiivistelaipalla. Kaikki valmistajat eivät irrotettavia tiivistelaippoja valitettavasti tee, ainakaan kaikista pienimpiin malleihinsa. Osalla valmistajista suurempikokoisissa kytkimissä tiivistelaippa on irtonainen osa vakiona, juuri asennuksen helpottamiseksi. Irrotettavalla tiivistelaipalla varustettua kytkintä asennettaessa voidaan koko kuorenpuolikkaan sijaan akselille laittaa pelkkä tiivistelaippa ennen navan asennusta. Navan asennukseen on näin enemmän tilaa käytettävissä.

Kytkimen kuorenpuolikkaiden, sekä tiivistelaipan tiivistykseen on monia vaihtoehtoja. Mikäli kytkintä ei tarvitse purkaa ja puhdistaa kytkimen tarkastusta varten, tai irrotettavaa tiivistelaippaa ei raoteta rasvatessa ilmanpoistoreitiksi, tiivisteliimat- ja silikonit ovat käyttökelpoinen ratkaisu. Mikäli kytkintä on jatkossa tarve purkaa, tai edes raottaa huoltoa/tarkastusta varten, on syytä valita tiivistyskeinoksi vaikkapa paperitiiviste, o-rengas tai jokin muu vastaava keino. Kytkintä uudelleen asennettaessa tiivistepintojen puhdistus ja puhtaana pitäminen saattaa olla haasteellista, jotta tiivisteliiman tai -silikonin tiiveys voitaisiin taata.

Tiivistelaipan ja akselin väliseen tiivisteeseen on useita mahdollisia vaihtoehtoja tarpeen mukaan. Usein vakiona on tavallinen NBR-kuminen O-rengas, mutta mikäli kohteessa on aiemmin ollut ongelmia rasvan pois pursuamisen kanssa, kannattaa kysellä/selvittää olisiko saatavilla muita vaihtoehtoja, kuten kaksoishuulitiivistettä, X-tiivistettä, akselitiivistettä tai jotain muuta. Tiivisteitä valittaessa täytyy ottaa huomioon myös kytkimen ympäristön lämpötila, sekä mahdollisesti kemikaalien kesto.

10.7 PINTAKÄSITTELY JA PIIRUSTUKSET

Lopuksi kytkimen hankinnassa päätetään haluttu pintakäsittely. Vaihtoehtona voi olla esimerkiksi maalaus, mustaus, sinkitys, anodointi tai sitten kytkin voidaan jättää käsittelemättömäksi. Viimeisenä asiana on huolehtia piirustusten saata-
vuus PDF ja mielellään myös DWG-muodossa. Mikäli kytkimeen on tehty jonkin-
laisia muutoksia vakiokyttimeen verrattuna, on hyvä pyytää piirustukset nähtä-
ville vielä ennen varsinaista tilausta ja tarkistaa, onko kytkin halutun mukainen.
Lopulliset piirustukset tulee toimittaa tehtaan suunnittelupalveluun arkistoitavaksi
ja liitettäväksi konenumeron alle.

11 LOPPUTULOKSET JA POHDINTA

Työn tuloksena syntyi lopulta hammaskytkinten hankinnan muistilista. Hammaskytkinten hankinnassa huomioon otettavia asioita on huomattavan paljon ja jokainen kohde on erilainen, jonka vuoksi hankintaa ohjaava ja avustava muistilista on tarpeellinen. Lista pitää sisällään asiat, jotka ovat kytkintä hankittaessa hyvä käydä läpi, jotta hankintavaiheessa tulee huomioitua pelkän teknisen sopivuuden lisäksi koko elinkaari, kytkimen asennettavuuden, huollettavuuden ja lopulta kytkimen irrotuksen kannalta. Muistilista on taulukkomallinen, jonka lisäksi listan asioita on avattu alla olevissa käsittelykappaleissa. Tekstissä on myös mainittu lähtökohtaisesti käytössä ja tiedossa olevat tekniset yksityiskohdat, kuten esimerkiksi tehtaalla käytettävät öljyn injektiorausten liitäntöjen kierteet.

Lisäksi tehtaalla päädyttiin selvitystyön tuloksena pitämään toimittajan 1 hammaskytkimet tehtaan varastotavarana. Syitä tähän oli kohtuullinen hinta, momentinkesto ja kyseisen valmistajan käytössä olevien kytkinten merkittävä lukumäärä tehtaalla. Toimittajan 1 kytkimistä on siis mahdollista saada sovitettua uusi hammaskytkin moneen eri kohteeseen järkevällä vaivalla myös äkillisen rikkoutumisen sattuessa, eikä toimittajan vaihdoksella saavutettaisi mitään käytännön hyötyjä.

Toimittajan 3 hammaskytkimiä tullaan jatkossa käyttämään kohteissa, joissa tarvitaan jonkinlaista vakiokytkimen räätälöintiä käyttökohteeseen. Pienen, suomalaisen valmistajan joustavuus mahdollistaa vertailluista kytkinvalmistajista kenties parhaan varaosasaatavuuden, sekä mahdollisuudet yksilöllisiin, räätälöityihin ratkaisuihin kohtuullisella toimitusajalla. Myös kytkinten momentinkesto on hyvällä tasolla kilpailijoihin nähden.

Osin opinnäytetyön innoittamana syksyn tulevassa vuosihuollossa on tarkoitus asentaa peittauslinjan S-telasto 3.1 uusi toimittajan 3 koon 11 toisiokytkin, joka on pykälän verran isompi kuin aiemmin käytetty toimittajan 2 koon 10 kytkin.

Uutta toimittajan 3 kytkintä joudutaan kuitenkin lyhentämään melko reilusti, jotta se sopii aiemman, pykälää pienemmän toimittajan 2 kytkimen tilalle. Tämä vaikuttaa kytkimen hammastuksen pituuteen ja sitä kautta jonkin verran momentinkestoon. Aika näyttää, onko toimittajan 3 isompi, muokattu kytkin pidempi-ikäinen kuin edeltäjänsä. Käyttökokemusten karttuessa selviää, onko toimittajavalinta ollut onnistunut.

Aiheena hammaskytkinten käytön optimointi on haastava, sillä aihe on niin laaja, sillä erilaisia hammaskytkimiä, valmistajia, käyttökohteita ja kytkinten kokoluokkia on valtavasti. Aiheen rajaaminen ja siinä pysyminen on toisiaan osoittautunut haasteelliseksi. Niin sanotusti täydellistä, valmista pakettia aiheesta on tuntunut olevan mahdoton saada aikaiseksi ja aihe nousee varmasti esille tulevana vuosina yhä uudelleen ja uudelleen. Tehtaan tuotekavalkadi muuttuu koko ajan yhä enemmän standarditeräksistä kehittyneiden erikoisterästen suuntaan, tuoden prosessilinjojen voimansiirroille jatkuvasti kovempia kuormituksia. Tämän vuoksi hammaskytkimen uusinnassa saatetaan joutua hakemaan vaihtoehtoja alkupe-
räisen kytkimen tilalle.

LÄHTEET

Airila, M. Ekman, K. Hautala, P. Kivioja, S. Kleimola, M. Martikka, H. Miettinen, J. Niemi, E. Ranta, A. Inkinen, J. Salonen, P. Verho, A. Vilenius, M. & Välimaa, V. 2003. Koneenosien suunnittelu. Helsinki. WSOY

BV-transmission. 2025. Gear_gouplings. Viitattu 6.3.2025

<https://www.bvchains.com/gear-couplings.html>

DIN 15055. 1982. Steelworks, rolling mills and cranes; interference fits using oil under pressure; application, dimensions, design. Berlin. Deutsches Institut für Normung

Jaure 2022. Product catalog. Lamidisc steel disc couplings.

<https://ktt.fi/wp-content/uploads/2023/03/9512E-Jaure-Lamidisc-steel-disc-coupling.pdf>

Järviö, J. Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito- Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki. KP-Media Oy.

RENK. 2025. Gear coupling basic series SB size 140 - 200 (finished bore). Viitattu 6.3.2025

<https://shop.renk.com/wwd-en/bogenzahn-kupplung-baureihe-sb-fertiggebohrt-140-200.html>

SFS-EN 13306:2017. SFS Online. Viitattu 21.3.2025

SSAB. 2025. Historia. Verkkosivu. Viitattu 20.2.2025

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/history>

SSAB. 2025. SSAB lyhyesti. Verkkosivu. Viitattu 20.2.2025

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

SSAB. 2025. SSAB Europe. Verkkosivu. Viitattu 20.2.2025

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>

SSAB. 2025. Toimipisteitä ympäri maailman. Viitattu 20.2.2025

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/toimipisteita-ympari-maailman>

LIITTEET

Liite 1. Hammaskytönten momenttiverailua

[Taulukot lyhyt versio julkiseen.xlsx](#)