

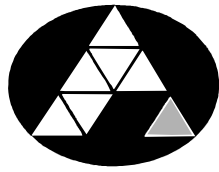
POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Jori Nousiainen

TERÄSLAADUT MEKANIIKAN SUUNNITTELUSSA

Opinnäytetyö

Toukokuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2012
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Jori Nousiainen

Nimeke
Teräslaadut mekaniikan suunnittelussa

Tiivistelmä

Nykyäänä teräslaatuja on lukuisia, mikä mahdollistaa entistä tehokkaampien tuotteiden valmistamisen. Suunnittelu on tasapainoilua laadun ja kustannusten välillä. Yhä kiristyvässä kilpailutilanteessa olisi syytä onnistua valitsemaan parhaiten käyttötarkoitusta vastaavat materiaalit.

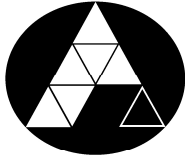
Teoriatiedon lisäksi opinnäytetyön aikana oli tarkoituksena suunnitella ja rakentaa cnc-jyrsinkone, jonka materiaalivalintoja käsitellään myös työssä. Koneen mekaniikkaa pyrittiin havainnollistamaan 3d-mallien ja kuvien avulla. Mekaniikan suunnittelussa apuna käytettiin Pro/Engineer- suunnitteluohjelmistoa.

Lopputuloksena valmistui kattava kokonaisuus, jossa kerrotaan eri teräslaatuja soveltuvuuksista erilaisiin käyttöympäristöihin ja käyttötapoihin. Työssä käsiteltiin myös eri laatuja hitsattavuutta ja mahdollisuuksia lastuavaan työstöön.

Kieli
suomi

Sivuja 51

Asiasanat
teräslaadut, mekaniikka, koneensuunnittelu



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
May 2012
Degree Programme in
Mechanical Production
Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author(s)
Jori Nousiainen

Title
Mechanical design of steel grades

Abstract

These days there are plenty of different types of steel, which allows making more efficient products. Design is balancing between quality and costs. It is more important to choose best possible grades in an increasingly competition.

The goal of this thesis was to compare different steel grades. The practical part consisted of design and manufacturing frame for three axis-CNC milling machine. Mechanic of machine is demonstrate with 3d-models and pictures. 3d-models are manufacturing with ProEngineer CAD-software.

The thesis includes also different welding and chip removal method opportunities for different steel grades.

Language
Finnish

Pages53

Keywords
Steel grades, mechanics, mechanic desing

Sisältö

Tiivistelmä	
Abstract	
1 Johdanto	5
2 Koneen suunnittelun perusteet	6
3 Materiaali valintojen merkitys	8
4.1 Seostamattomat rakenneteräksset	11
4.2 Lujat hitsattavat teräksset	14
4.3 Nuorrutusteräksset	16
4.4 Hiiletysteräksset	18
4.5 Ruostumattomat teräksset	21
4.6 Työkaluteräksset	22
4.7 Ohutlevyteräksset	24
5 Terästen hitsausliitos menetelmät	26
6 Terästen lastuavat työstömenetelmät	34
6.1 Sorvaus	34
6.2 Jyrsintä	35
6.3 Poraus	35
6.4 Sahaus	35
6.5 Avartaminen	36
6.6 Höylääminen	36
6.7 Hionta	36
6.8 Hoonaus	37
6.9 Hiveltäminen	37
7 Jyrsinkoneen rungon esittely	38
8 Pohdinta	47
Lähteet	50

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia erilaisten teräslaatuojen ominaisuuksia ja niiden hyödyntämismahdollisuuksia teollisten koneiden suunnittelussa ja valmistuksessa. Työssä käsitellään kahdeksaa yleisintä teräslautua, niiden käyttökohteita ja suunnittelun perusteita. Kirjallisen opinnäytetyön ohella on tarkoituksena rakentaa kolmeakselinen CNC-jyrsinkone, jonka runkorakenteen valmistusta käsitellään opinnäyteraportin loppupuolella.

Työssä käsitellään yleisimpiä teräslautuja ja niiden soveltuvuutta erilaisiin koneenrakennussovellutuksiin. Käsiteltävät laadut ovat: seostamattomat rakenne-, hitsattavat-, nuorutus-, hiiletys-, ruostumattomat-, työkalu- ja ohutlevyteräkset.

Teräsrakenteista puhuttaessa on yleisin liitosmenetelmä hitsaus. Jokaisen teräslaadun osalta on kasattu tietoa materiaalin hitsattavuudesta ja siihen liittyvistä ongelmista ja mahdollisuuksista. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan keskityä itse hitsaukseen tai hitsauksen mitoittamiseen vaan kerrotaan erilaisista materiaalivevaihtoehdoista, joita voidaan hyödyntää eri vaatimuksia edellyttävissä mekaanisissa sovelluksissa.

Jyrsinkoneen runkorakenteen materiaalien valinnoilla ja kuvilla pyritään havainnollistamaan teräslautujen käyttöominaisuuksia ja niiden valintaperusteita. Koneen suunnitteluvaiheessa korkeana prioriteettina oli yksinkertainen ja mahdollisimman tehokkaasti valmistettava runko. Tästä johtuen käytännön esimerkit pysyvät rakenneteräksissä.

Koneen esittelyosiossa käydään lävitse rungon kokonaisuus, jossa käsitellään vaatimuksia, tavoitteita ja sitä kuinka hyvin lopputulos vastaa koneelle esitettyjä vaatimuksia. Esittelyosiossa esitellään ensiksi ProEngineer-ohjelmistolla mallinnettu malli, jota seuraa kuva todellisesta komponentista.

2 Koneen suunnittelun perusteet

Mekaniikalla tarkoitetaan lakeja etsivää tieteenalaa. Mekaniikassa tutkitaan liikeilmiöitä ja vuorovaikutuksia, ja näin ollen onkin luontevaa jakaa mekaniikka statiikkaan eli tasapaino-oppiin ja dynamiikkaan eli liikeoppiin.

Mekaniikan osa-alue, joka kiinnittää erityistä huomiota erilaisiin teknillisiin sovelluksiin kutsutaan *teknilliseksi mekaniikaksi*. Todellisten koneiden, laitteiden ja niiden rakenteiden ominaisuuksia pyritään mallintamaan matemaattisilla malleilla, joiden perusteella voidaan suunnitella mahdollisimman tehokkaasti käyttöympäristöön soveltuva tuote. [17, s. 13–14.]

Teknillistä mekaniikkaa pidetäänkin insinööritieteiden kulmakivenä. Tiedettyjen mekaanisten ominaisuuksien avulla pyritään luomaan mahdollisimman hyvin käyttötarkoitusta vastaava kone tai laite. Suunnitteluvaiheessa tulisikin osata ottaa huomioon mahdollisimman laajasti kaikki vaatimukset, jotka tuotteelle ja sen käytettävyydelle asetetaan. [17, s.14.]

Koneenrakennuksessa tärkeimmät ominaisuudet painottuvat materiaalin ja rakenteiden optimointiin, jotta rakenteesta tulee riittävän luja, mutta samalla tuotteen massa ja valmistuskustannukset säilyvät vaaditulla tasolla.

Nykypäivänä erilaiset tietokoneavusteiset mallinnusohjelmistot ovat parantaneet koneensuunnittelumahdollisuuksia ja erilaisten konstruktioiden kokeilua. Samalla rakenteisiin kohdistuvat vaatimukset ovat nousseet niin tuotteiden käyttäjien kuin lainsäädännönkin perusteella. [17, s.14.]

Mekaniikka on eksakti tieteenala, mikä tarkoittaa, että sen lait kuvataan tarkoin määriteltujen suureiden ja matemaattisten mallien avulla. Teorian lähtökohtana on kokemusperäiset peruslait eli aksioomat. Peruslakien ja niistä johdettujen matemaattisten mallien kokonaisuutta kutsutaan mekaniikan teoriaksi.

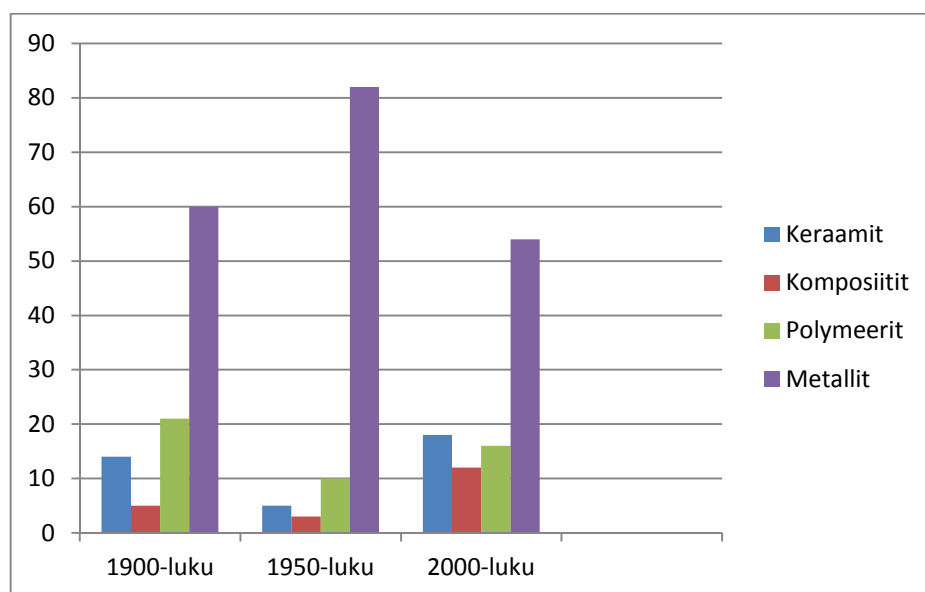
Mekaniikan teorialla pyritään hallitsemaan kokonaisuuksia, liikeilmiöitä ja niihin liittyviä vuorovaikutuskokonaisuuksia. [17, s.15.]

Mekaniikan peruslait jaetaan seuraaviin seitsemään eri lakiin:

1. On olemassa absoluuttinen, euklidinen avaruus ja absoluuttinen aika [17, 17].
2. Voiman suunnikaslaki: Jos kaksi erillistä voimaa vaikuttaa erisuuntaisina samaan pisteeseen, niin niiden yhteisvaikutus eli summa = resultantti voidaan esittää suuntaisjanalla [17, 17].
3. Voiman siirtolaki: Jos voima, joka vaikuttaa jäykkään kappaleeseen, siirretään voima vaikutussuoraansa pitkin, niin sen ulkoinen voimavaikutus kappaleeseen pysyy muuttumattomana [17, 17].
4. Hitauden laki: Partikkeli on levossa tai tasaisessa suoraviivaisessa liikkeessä aina, kun kappaleeseen vaikuttavien voimien resultantti on nolla [17, 17].
5. Dynamiikan peruslaki: Partikkeliin vaikuttavien voimien resultantin ollessa F , niin partikkeli saa kiihtyvyyden a . $F=m*a$ [17, 17].
6. Voiman ja vastavoiman laki: Jos kappale A vaikuttaa kappaleeseen B ilman kappaleiden välitystä jollakin voimalla, niin kappale B vaikuttaa aina yhtä suurella voimalla kappaleeseen A, mitä kappale A vaikuttaa B:hen, mutta vastakkaissuuntaisena [17, 17].
7. Yleinen gravitaatiolaki: Kaksi partikkelia, joiden massat ovat m_1 ja m_2 vetävät aina toisiaan puoleensa partikkelien yhdysjanan suuntaisella voimalla, joka on suoraan verrannollinen partikkeleiden massoihin ja kääntäen verrannollinen kappaleiden etäisyyden neliöön [17, 17].

3 Materiaali valintojen merkitys

Metallien käyttö erilaisissa konstruktioissa oli huipussaan 1950- ja 1960-luvuilla. Erilaisten polymeerien ja muovikomposiittien hyödyntäminen koneenrakennuksessa on kasvanut tasaisesti viime vuosikymmeninä materiaalivalikoimien räjähdysmäisen kasvun seurauksena.[3, 85.]



Kuvio 1. Materiaalien käytön kehitys [3, 85].

Yleisin syy koneiden ja laitteiden vaurioitumiseen on rakenteiden väsyminen. Useimmissa vauriotapauksissa murtumat ovat saaneet alkunsa vetokuormitus-huipuista. Vauriotapauksia tutkittaessa on ilmennyt, että 80–90 % vaurioista on johtunut suoranaisesti tai välillisesti materiaalien väsymisestä. Harvoissa vaurioissa syyksi on osoittautunut puhdas materiaalivika, sen sijaan yli puolessa tutkituista vauriotapauksista syyksi on osoittautunut heikko suunnittelu. Teräksillä on suhteellisen korkea kimmomoduuli. Teräksiä voidaan edelleen lujittaa seostamalla ja erilaisilla lämpökäsittelyillä. Lujittumisesta huolimatta teräs säilyttää yleensä sitkeyden, eli materiaali kykenee myötämään ennen murtumista. Vä-

syminen on erityisesti terästen, kuten muidenkin metallien kohdalla tyypillinen ilmiö, joka on seurausta toistuvista kuormitustilanteista. [3, 85–89.]

Lopullisen tuotteen hyvä suorituskyky saavutetaan, mikäli materiaalivalinnat, suunnittelu ja valmistus ovat riittävällä tasolla. Tuotteen muotoilulla ja tarkoituksenmukaisella valmistusmenetelmällä on mahdollista kompensoida materiaalin puutteellisia ominaisuuksia. Tuotteen suorituskyky ei usein ole riippuvainen vain yhdestä tekijästä. Tietyissä tapauksissa materiaaliominaisuus voi kuitenkin olla kriittinen tekijä tuotteen oikean toiminnan kannalta. Materiaalinvalinnan vaatuuksia lisää yksityiskohtien puute sekä mahdolliset ristiriidat rakenteen vaatimuksissa. Suunnittelussa kohdataankin materiaalivalintaan liittyen kahdenlaisia tehtäviä: materiaalivalinta uuteen tuotteeseen tai jo olemassa olevan tuotteen parantelu ja kustannusten karsinta. [3, 99.]

4 Käytetyimmät teräslaadut ja niiden ominaisuudet

Teräksillä tarkoitetaan materiaalia, joka sisältää enemmän rautaa kuin mitään muuta yksittäistä alkuainetta, hiilipitoisuuden ollessa yleensä alle 2 %. Tietyissä kromiteräksissä hiilipitoisuus voi olla yli 2 %, mutta yleensä 2 % on raja, jolla erotetaan teräs valuraudasta. Terästen luokittelu perustuu sulatusanalyysiin, joka määräytyy seosaineiden vähimmäispitoisuuksien mukaan. Sulatusanalyysi ilmoitetaan tuotestandardissa tai erillisessä spesifikaatiossa. Mikäli tuotestandardia tai erillistä spesifikaatiota ei ole saatavilla, teräs luokitellaan valmistajan ilmoittaman todellisen sulatusanalyysin perusteella. Teräslaatuja on lukuisia, jotka on luotu vastaamaan mahdollisimman hyvin tuotteelle asetettuja vaatimuksia. Seuraavassa käsitellään eri teräslaatuja ominaisuuksia ja käyttökohteita. Esimerkkiteräksiset, joita luvuissa esiintyy, ovat Rautaruukin tai Imatra Steel:n valmistamia. Teräksiset on jaoteltu kahdeksaan luokkaan; seostamattomat-, rakenne-, hitsattavat-, nuorrutus-, hiiletys-, ruostumattomat-, työkalu- ja ohutlevyteräksiset standardin SFS-EN 10020:2000 mukaan. [22, 6-8.]

Seosaine		Raja-arvo (paino-%)
Al	Alumiini	0,30
B	Boori	0,0008
Bi	Vismutti	0,10
Co	Koboltti	0,30
Cr	Kromi	0,30
Cu	Kupari	0,40
La	Lantanidit (jokainen)	0,10
Mn	Mangaani	1,65 ^{a)}
Mo	Molybdeeni	0,08
Nb	Niobi	0,06
Ni	Nikkeli	0,30
Pb	Lyijy	0,40
Se	Seleeni	0,10
Si	Pii	0,60
Te	Telluuri	0,10
Ti	Titaani	0,05
V	Vanadiini	0,10
W	Volframi	0,30
Zr	Zirkoni	0,05
Muut	(paitsi hiili, fosfori, rikki, typpi) (jokainen)	0,10

^{a)} Jos mangaanilla on määriteltä vain enimmäispitoisuus, raja-arvo on 1,80 % ja 70 % sääntö (ks. 3.1.2) ei ole voimassa.

Kuvio 1. Seospitoisuuksien raja-arvot seostamattoman ja seosteräksen välillä [22, 8].

4.1 Seostamattomat rakenneteräkset

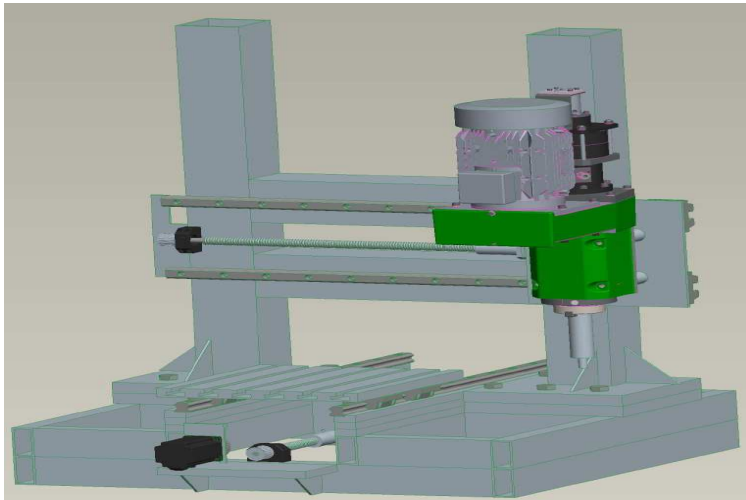
Seostamattomia teräksiä ovat teräkset, joiden hiilipitoisuus on alle 2 % ja seosaineiden määrä on pienempi kuin kuviossa 1. esitetyt raja-arvot. Seostamattomille teräksille yleisimpinä esitetyt vaatimukset liittyvät usein sitkeyteen, raekoon ja muovattavuuteen. [22, s.8.]

Seostamattomat rakenneteräkset kuuluvat valmistusprosessien ja ominaisuuksiensa mukaan seostamattomiin laatuteräksiin, joissa minkään seosaineen pitoisuus ei saa ylittää SFS-EN 100200 määritettyjä arvoja. Seostamattomien rakenneterästen myötörajat (R_{eh}) ovat välillä 185–360 N/mm² ja murtolujuus (R_m)

310–690 N/mm². [12, 10.] Seostamattomat rakenneteräkset jaotellaan kolmeen erilaiseen pääryhmään, jotka ovat hitsattavat seostamattomat rakenneteräkset, koneteräkset ja painelaitteiden teräkset. [12, 10.]

Hitsattavia seostamattomia rakenneteräksiä käytetään paitsi hitsausympäristössä, niin myös pultti- ja niittiliitoksissa. Tärkeimmät ominaisuudet ovat lujuus, sitkeys ja hitsattavuus. Yleisimpiä käyttökohteita ovat sillat, rakennusten rungot, koneiden rungot ja niiden osat, säiliöt, laivat ja muut liikennevälineet.[12, 10–11.]

Toiminnallisessa osiossa käsitellään jyrsinkoneen runkorakennetta. Joka on toteutettu hitsattavia seostamattomia rakenneteräksiä hyödyntäen, koska runko koostuu hitsatuista ja pulttiliitoksista näin ollen hitsattavien rakenneterästen käyttö oli perusteltua.



Kuvio 2. Mallinnettu runkorakenne.

Hitsattaville perusaineille asetetaan vaatimuksia, jotka perusaineiden tulee täyttää, jotta liitoksille suoritettavat laskentamenetelmät ovat paikkansa pitäviä. Hitsattavilla rakenteilla on oltava riittävä murtovenymä ja mahdollisuus muokkauksellisuutta, niin että jännitykset voivat tasaantua. [12, 5.]

Koneteräksillä tarkoitetaan kuumavalssattuja seostamattomia rakenneteräksiä. Koneteräkset on yleisesti tarkoitettu rakenteisiin ja sovelluksiin joita ei tarvitse hitsata vaan tarvittava muokkaus suoritetaan lastuavasti työstämällä. Tärkeimmät ominaisuudet ovat lujuus ja lastuttavuus. Yleisimmät käyttökohteet ovat ruuvit, akselit ja tapit. [12, 10–11, 44.]

Teräslaji		Ylempi myötöraja $R_{0,2}$ tai venymisraja $R_{p0,2}$ vähintään N/mm^2				Murtolujuus R_m seinämänpaksuudelle T , mm N/mm^2			Venymä A vähintään %	
	Numerotunnus	$T \leq 16$	$16 < T \leq 40$	$40 < T \leq 60$	$60 < T \leq 100$	$T \leq 16$	$16 < T \leq 60$	$60 < T \leq 100$	Pitkittäin	Poikittain
Nimike										
P235TR2	1.0255	235	225	215	-	360-500	360-500	-	25	23
P265TR2	1.0259	265	255	245	-	410-570	410-570	-	21	19
P235GH	1.0345	235	225	215	-	360-500	360-500	-	25	23
P265GH	1.0425	265	255	245	-	410-570	410-570	-	23	21
16Mo3	1.5415	280	270	260	-	450-600	450-600	-	22	20
10CrMo5-5	1.7338	275	275	265	-	410-560	410-560	-	22	20
13CrMo4-5	1.7335	290	290	280	-	440-590	440-590	-	22	20
10CrMo9-10	1.7380	280	280	270	-	480-630	480-630	-	22	20
X11CrMo5+I	1.7362	175	175	175	175	430-580	430-580	430-580	22	20
X11CrMo5+NT1	1.7362	280	280	280	280	480-640	480-640	480-640	20	18
X11CrMo5+NT2	1.7362	390	390	390	390	570-740	570-740	570-740	18	16
X11CrMo9-1+ I	1.7386	210	210	210	-	460-640	460-640	-	20	18
X11CrMo9-1+NT	1.7386	390	390	390	-	590-740	590-740	-	18	16
X10CrMoVNB9-1	1.4903	450	450	450	450	630-830	630-830	630-830	19	17
P355N	1.0562	355	345	325	305	490-650	490-630	450-590	22	20
P355NH	1.0562									
P355NL1	1.0566	355	345	325	305	490-650	490-630	450-590	22	20
P215NL	1.0451	215 a	-	-	-	360-480	360-480	-	25	23
P265NL	1.0453	265	265 b	-	-	410-570	410-570	-	24	22
12Ni14	1.5637	345	345	-	-	440-590	440-590	-	22	20
X10Ni9	1.5682	510	510	-	-	690-840	690-840	-	20	18
L290NB	1.0484	290-440	290-440	-	-	≥ 415	-	-	23	21
L360NB	1.0582	360-510	360-510	-	-	≥ 460	-	-	22	20
L360QB	1.8948	360-510	360-510	-	-	≥ 460	-	-	22	20
L415NB	1.8972	415-565	415-565	-	-	≥ 520	≥ 520	-	20	18
L415QB	1.8947	415-565	415-565	-	-	≥ 520	≥ 520	-	20	18
L450QB	1.8952	450-570	450-570	-	-	≥ 535	≥ 535	-	20	18

^a Mikäli seinämänpaksuus on enintään 10 mm.

^b Mikäli seinämänpaksuus on enintään 25 mm.

Kuvio 2. Mekaaniset ominaisuudet [23, s.6].

Painelaiteteräkset ovat niukkaseosteisia teräksiä. Paine laitteella tarkoitetaan laitetta, jonka suurin sallittu käyttöpaine ylittää arvon 0,5 bar ylipainetta.

Paineastioiden valmistukselle ja suunnittelulle on asetettu lukuisia standardeja, joiden mukaan tulee suorittaa materiaalin valinta ja valmistus. [12, 56.]

Teräksen nimike		Lämpökäsittelytila 1) 2)	Edustava poikkileikkaus t_R mm	Iskuenergia KV vähintään, J, koelämpötilassa ³⁾							
Nimike	Numerotunnus			Suunta				Poikittain ja tangentiaalisesti			
				Pitkittäin				20 °C	0 °C	-20 °C	-40 °C
P285NH P355NH P420NH	1.0477 1.0565 1.8932	N	≤ 100	55	47	40	28	40	34	–	–
P285QH P355QH P420QH	1.0478 1.0571 1.8936	QT	≤ 400	63	55	47	34	40	34	27	–

1) N = normalisoitu QT = nuorutettu.
2) Lämpötilat ja jäähdytysolosuhteet, ks. taulukko 1.
3) Iskusitkeysarvot todennetaan alimmassa tässä taulukossa teräslajille määritellyssä koelämpötilassa.

Kuvio 3. Iskusitkeyden vähimmäisvaatimukset [21, 12].

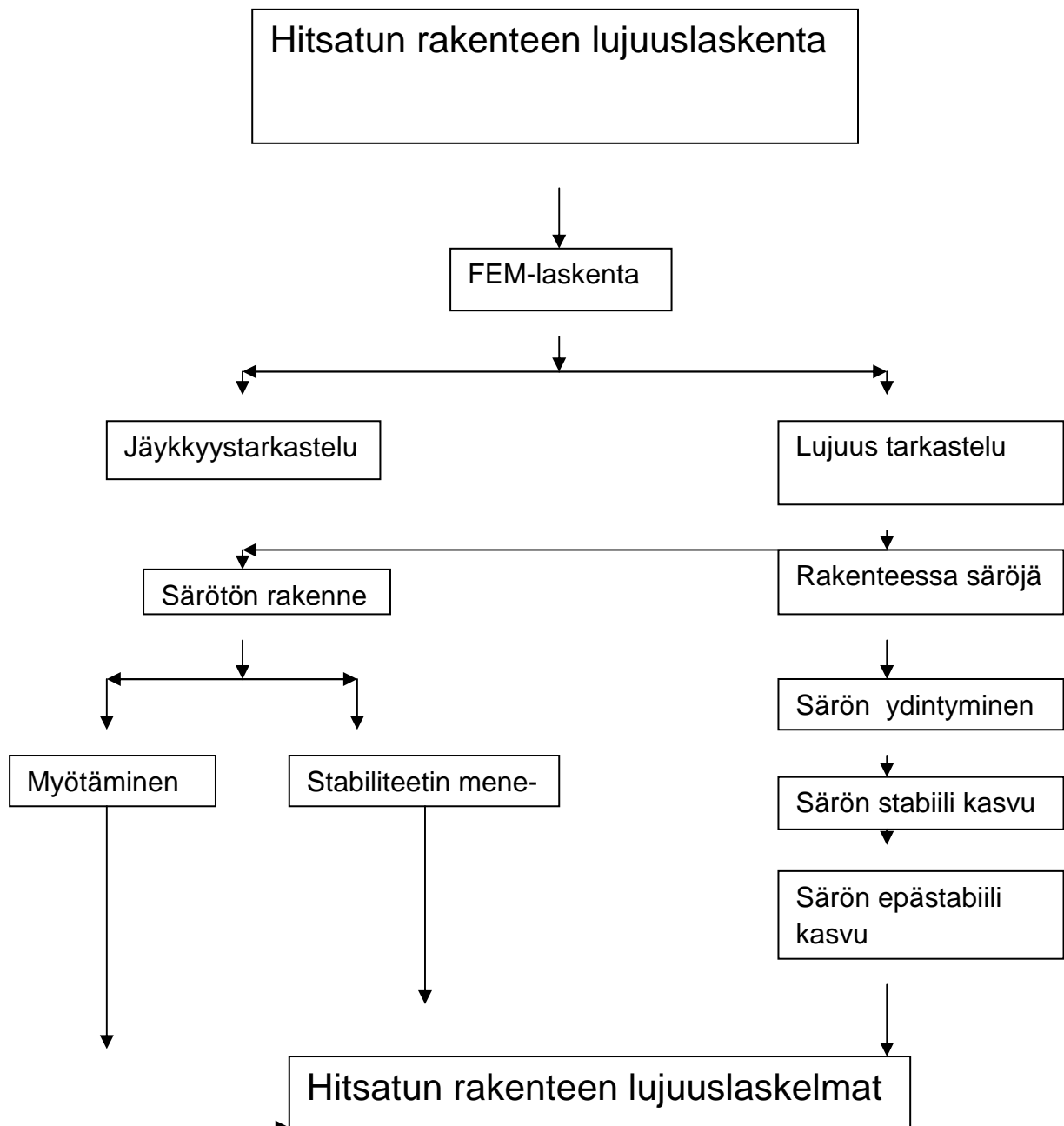
4.2 Lujat hitsattavat teräkset

Lujilla hitsattavilla teräksillä tarkoitetaan teräksiä, jotka ovat lujempia mitä seostamattomat rakenneteräkset. Myötörajan(R_e) tulee olla $> 355 \text{ N/mm}^2$ ja hitsattavuus on oltava mahdollinen kaikilla tavallisilla hitsausmenetelmillä.

Näiden terästen lujuus- ja sitkeysominaisuudet on saavutettu seostamalla pieniä määriä, yleensä seostamalla alle 0,1 % erilaisia seosaineita kuten alumiinia, vanadiinia, niobia ja titaania, jotka aiheuttavat teräkseen lujittavia ja rakeenkasvua estäviä erkaumia. [12, 69.]

Lujia hitsattavia teräsrakenteita käytettäessä voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä materiaali- ja valmistuskustannuksissa ainevahvuuden ja rakenteiden mahdollisen yksinkertaisuuden ansiosta. Suunnittelulle ja valmistukselle lujat hitsattavat teräsrakenteet edellyttävät kuitenkin huomattavasti suurempaa asiantuntemusta kuin seostamattomat rakenneteräkset. Lujia hitsattavia teräksiä käytetään, kun rakenteelta vaaditaan suurempaa staattista lujuutta kuin seostamattomilla teräksillä saavutetaan. Lujien hitsattavien teräsrakenteiden käyttö on mahdollista myös dynaamisesti rasitetuissa sovelluksissa, mikäli kuormanvaihtoluku on rakenteen käyttöiän aikana pieni $< 10^7$ tai väsymiselle altis kohta ei sijaitse hitsaussaumassa tai sen läheisyydessä. [12, 68.]

Hitsattujen rakenteiden lujuustarkastelu on monitahoinen tehtävä, jossa olisi pystyttävä huomioimaan mahdollisimman laajasti erilaiset vaurioitumismahdollisuudet ja erilaiset kuormitustilanteet. Hyvä suunnittelu edellyttää seuraavia vaiheita, jotka on esitetty alla olevassa kaaviossa. [14, 9.]



Kuvio 4. Hitsattujen rakenteiden jäykkyys- ja lujuustarkastelu. [14, 71].

Käytännön suunnittelussa voidaan kuitenkin selvittää selvästi vähemmällä laskelmilla, jos kokemukseräisen tiedon mukaan osataan arvioida mikä vaurioitumistapa määrää mitoituksen. Aineen ollessa haurasta, muodonmuutos tai toistuva muodonmuutos ei voi määrätä mitoitusta. Toistuvia muodonmuutoksia ei tarvitse myöskään huomioida mikäli perusaine on sitkeää ja toistuvat jännitykset ovat pieniä. [14, 70–71.]

4.3 Nuorrutusteräokset

Nuorrutusteräöksillä tarkoitetaan tavallisesti 0.25–0.60 % hiilipitoisuuden sisältäviä seostamattomia tai seostettuja teräksiä. Seosaineet joilla pyritään parantamaan karkaisu- ja tai päästöominaisuuksia ovat kromi, nikkeli ja molybdeeni. Nuorrutusteräoksiä käytetään kohteissa, joissa teräkseen kohdistuu staattista kuormitusta ja rakenteelta vaaditaan hyvää väsymislujuutta ja sitkeyttä. Vaaditut ominaisuudet saavutetaan lämpökäsittelyllä, jota kutsutaan nuorrutukseksi. Nuorrutuksen vaiheet ovat seuraavat: austenitointi, sammutus ja päästö. Päästö tapahtuu 450–650°C lämpötilassa. Nuorrutuksen avulla materiaaliin saadaan aikaan luja, mutta samalla sitkeä päästömartensiittinen mikrorakenne. Tyypillisiä käyttökohteita ovat hammaspyörät, akselit, mutterit, ruuvit, männät, jouset, työkalut, veitset ja leikkuuterät. [20, 13.]

Nuorrutusteräosten tärkein erikoisominaisuus on iskusitkeys yhdistettynä korkeaan lujuuteen. Ominaisuudet saavutetaan teräksen karkaisulla, joten materiaalin valinnassa on otettava huomioon nuorrutusteräksen karkaisu ominaisuudet, jotta vaaditut lujuus ja sitkeys ominaisuudet saavutetaan. Nuorrutuksella saavutetaan parempi iskusitkeys, kuin millään muulla lujuuteen vaikuttavan lämpökäsittelyn avulla. Transitilämpötila on yleensä alhaisempi, kuin missään muussa tilassa saavutettu. Transitilämpötilalla tarkoitetaan lämpötilaa, jossa iskusitkeys on puoliintunut vastaavasta maksimi arvosta. Kylmissä olosuhteissa käytettäville teräksille paras mahdollinen koostumus saavutetaan, kun teräs on seostettu ja mikrorakenteeltaan päästömartensiittista. Martensiitin ohella muut faasit pienentävät iskusitkeyttä, mutta nostavat transitilämpötilaa. [20, 9.]

Teräksen nimike	Nume- rotun- nus	Kemiallinen koostumus paino-%									
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cr + Mo + Ni max
Teräs											
C45E	1.1191	min max	0,42 0,50	- 0,40	0,50 0,80	- 0,035	- 0,035	- 0,40	- 0,10	- 0,40	- 0,63
25CrMo4	1.7218	min max	0,22 0,29	- 0,40	0,50 0,80	- 0,035	- 0,035	0,90 1,20	0,15 0,25	- -	- -
42CrMo4	1.7225	min max	0,38 0,45	- 0,40	0,60 0,90	- 0,035	- 0,035	0,90 1,20	0,15 0,25	- -	- -
34CrNiMo6	1.7220	min max	0,32 0,39	- 0,40	0,60 0,90	- 0,035	- 0,035	1,20 1,60	0,15 0,25	1,20 1,60	- -
30CrNiMo8	1.6580	min max	0,32 0,39	- 0,40	0,60 0,90	- 0,035	- 0,035	0,90 1,20	0,15 0,25	1,20 1,60	- -

Kuvio 5. Nuorrutesteräslajeja ja niiden kemiallinen koostumus. [18, 6].

Teräs	Numerotunnus	D ₁ mm	R _e min	R _m	A ₅ min	Z min	HB	KV min
C45E	1.1191	<25	490	700...850	14	35	240...290	25
25CrMo4	1.7218	<100	600	800...950	12	45	240...290	50
42CrMo4	1.7225	<160	650	900...110	12	45	280...330	35
34CrNiMo6	1.6582	<200	700	900...1100	12	45	280...330	45
30CrNiMo8	1.6580	<250	700	900...1100	12	45	280...330	45

D₁ = halkaisija

R_e = ylempi myötöraja; jos korostunutta myötörajaa ei esiinny,
0,2 prosentin venymisraja R_{p0,2}

R_m = murtolujuus

A = murtovenymä

Z = murtokurouma

KV = ISO-V-pitkittäissauvojen iskutkeys

Kuvio 6. Nuorrutusterästen mekaanisia ominaisuuksia nuorrutetussa toimitus-tilassa. [18, 7].

Väsymislujuuden on todettu kasvavan lineaarisesti murtolujuuden kasvaessa arvoon 1300 N/mm² asti. [15, 10].

4.4 Hiiletysteräkset

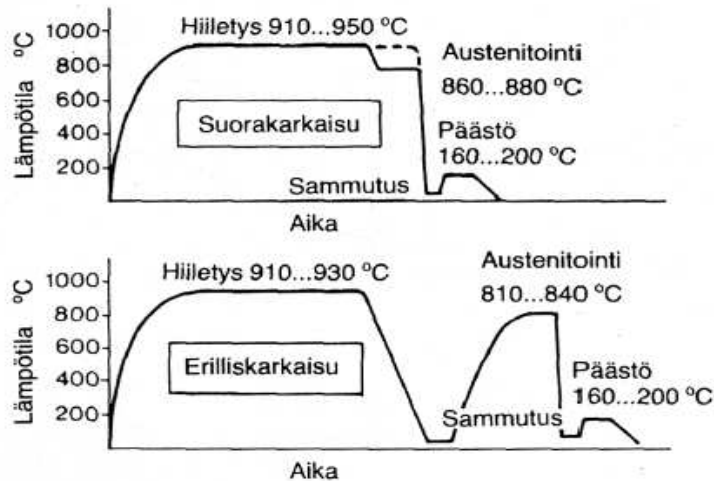
Hiiletysteräksillä tarkoitetaan teräksiä, jotka sisältävät yleensä noin 0,15–0,20 % hiiltä ja noin 0,5–1,2 % mangaania. Hiilen ja mangaanin lisäksi karkenevuuden parantamiseksi hiiletysteräksiin on lisätty kromia, nikkeliä sekä molybdeeniä. Nimestään poiketen hiiletysteräksien hiilipitoisuus on kuitenkin suhteellisen alhainen. Näin ollen hiiletysteräkset on tarkoitettu karkaistavaksi hiiletysten tai typpihiiletysten jälkeen. Käsittelyn avulla kyseisille teräksille tunnusomaista on pinnan suuri kovuus sekä sitkeys. Hiiletysterästen tyypillisimpiä käyttökohteita ovat tilat, joissa vaaditaan kovuutta ja kulutusta kestävää pintaa yhdistettynä

väsymislujuuteen. Suuri pinnan kovuus saadaan aikaan hiiletyskarkaisussa, jossa kappaleen pintaan muodostuu ohut, mutta runsaasti hiiltä sisältävä martensiittinen kerros, joka on puristusjännitystilassa. Hiiletysteräksestä valmistetaan muun muassa hammaspyöriä, hammasakseleita, nokka-akseleita ja muita komponentteja, jotka altistuvat vierintäväsymiselle. [12, 186.]

Nume- rotun- nus	Kemiallinen koostumus paino-%						
	Teräs(Böhler)	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
E110		0,17	0,30	0,50	1,70	1,50	0,30
E115		0,21	0,30		0,50	0,60	0,20
E200 (M120)		0,14	0,30	0,50	0,70	3,50	-
E220		0,18	0,30	0,50	2,00	2,00	-
E230		0,15	0,30	0,50	1,50	1,60	-
E410		0,17	0,30	1,20	0,90	-	-
E920		0,15	0,30	0,40	-	-	-

Kuvio 7. *Hiiletysteräslajeja ja niiden kemiallinen koostumus [18, 2].*

Hiiletyskarkaisulla tarkoitetaan pintakarkaisumenetelmää, jonka avulla kappaleen pintaan saadaan aikaan kova pintakerros, kappaleen sisustan jäädessä kuitenkin sitkeäksi. Jotta vaaditut ominaisuudet tulisivat toteen, on teräksen karkenevuuden oltava oikea ja hiiletys syvyyden riittävä. Hiiletyskarkaisu prosessin vaiheet ovat seuraavat: austenitointi(hiiletys) → sammutus → päästö. Yleisesti käytössä ovat kaksi erilaista karkaisumenetelmää. Suorakarkaisu, jossa on kaksi eri lämpökäsittely vaihetta sekä erillinen karkaisu, johon kuuluu kolme eri lämpökäsittelyvaihetta. [12, 190.]



Kuvio 8. Suorakarkaisu ja erilliskarkaisu. [12, 190].

Suorakarkaisu on nykyisin yleisin hiitetyskarkaisumenetelmä. Hiiletysvaiheen jälkeen kappale sammutetaan. Sammutus tapahtuu joko hiiletyslämpötilasta suoraan öljyyn tai hieman sen alapuolelta. Sammutuksen jälkeen kappale päästetään. Suorakarkaisu on mahdollinen vain, jos teräs on hienoraekäsitelty ennen karkaisua. Erilliskarkaisuun verrattuna etuja ovat: taloudellisuus, kappaleen mittamuutokset ovat vähäisempiä ja karkaisuhalkeamariski laskee. [12, 190–191.]

Erillistä karkaisua käytetään yleisesti, jos hiiletty kerros joudutaan poistamaan kappaleen jostakin kohdasta ennen karkaisua. Hiiletysvaiheen jälkeen kappale jäähdytetään ympäröivän huoneen lämpötilaan. Kappaleen jäähtyttyä riittävästi suoritetaan uudelleen kuumennus austenitointilämpötilaan. Riittävän pitoajan jälkeen kappale sammutetaan öljyyn. Sammutuksen jälkeen kappale on vielä päästettävä. [12, 190–191.]

Jotta hiiletyskarkaistava kappale täyttäisi vaadittavat ominaisuudet, on pinnan ja sisustan karkenevuuksien oltava riittäviä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä, mikäli kappaleelta vaaditaan suuria väsymislujuusominaisuuksia. Väsymislujuus vaatimusten lähtökohdista ovat olleet ajoneuvoteollisuuden vaatimukset. Erityisesti hammaspyörille ja akseleille asetetut vaatimukset on mahdollista täyttää hiiletyskarkaistavilla teräksillä. Mekaaniset ominaisuudet riippuvat perusaineen ominaisuuksista. Lisäksi karkaisusyvyydellä voidaan vaikuttaa mekaanisiin ominaisuuksiin. Tärkeimpänä ominaisuutena on edelleen väsymislujuus. [12, 194.]

4.5 Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomilla teräksillä tarkoitetaan teräksiä, joissa on vähintään 10,5 % kromia sisältäviä seosaineita hiilipitoisuuden ollessa alle 1,2 %. Kromiseostuksen ansiosta teräksen korroosionkestävyys parantuu merkittävästi. Ruostumattomia teräksiä käytetään yleensä kohteissa, joissa tuotteeseen kohdistuu ilmastollisia korroosiorasituksia. Yleisimpiä käyttöympäristöjä ovat prosessiteollisuuden laitteistot. [12, 225–226.]

Ruostumattoman teräksen pinnassa on passiivinen kromioksidikalvo, jonka ansiosta tuote kestää hyvin korroosiota. Korroosio ke tonsa ansiosta ruostumaton teräs on ekologinen valinta, koska elinkaarensa aikana huolto kustannukset pysyvät alhaisina. Tuotteen elinkaaren päätyttyä ruostumaton teräs voidaan myös kierrättää erinomaisesti uusiokäyttöön. [12, 226.]

Ruostumattomat teräkset voidaan jaotella neljään pääryhmään; Austeniittiset ruostumattomat teräkset, ferriittiset ruostumattomat teräkset, austeniittisferriittiset eli duplex-teräkset ja martensiittiset ruostumattomat teräkset. Yleisimmin käytössä oleva laatu on *austeniittiset ruostumattomat teräkset*. Kyseisen teräksen rakenne on saatu austeniittiseksi nikkelseostuksen avulla. Austeniittinen teräs sisältää 17–18 % kromia, 12 % nikkeliä sekä 2 % molybdeenia. Tunnetuimpia teräslajeja ovat erilaiset molybdeeniseosteiset teräslajit. [2.]

Duplex-teräksissä yhdistyy monia ferriittisten ja austeniittisten terästen etuja. Austeniittisferriittinen teräs sisältää 18–25 % kromia, 5-6 % nikkeliä ja 0,03-0,15 % hiiltä. Duplex-teräksen etuina ovat muun muassa erinomainen korroosiokestävyys, alhainen taipumus korroosiomurtumille ja hyvä hitsattavuus. [16.]

Ferriittiset ruostumattomat teräkset ovat ominaisuuksiltaan, niin fysikaalisesti kuin mekaanisestikin, verrattavissa tavanomaisiin hiiliteräksiin. Perinteisesti ferriittisistä teräksistä on valmistettu kotitaloustarvikkeita, mutta nykyään kehittyneen valmistustekniikan myötä ferriittisiä teräksiä on alettu käyttää yhä enene-

vissä määrin prosessiteollisuudessa. Esimerkkeinä muun muassa lämmönvaihtimet ja erilaiset putkistot. [25.]

Martensiittiset ruostumattomat teräkset ovat karkaistavia, lujia teräksiä. Lujuusominaisuuksiltaan martensiittiset teräkset ovat parempia kuin ferriittiset- ja duplex-teräkset. Korroosion kesto vastaavasti on heikompaa, eivätkä martensiittiset teräkset näin ollen sovellu käytettäväksi esimerkiksi vedenpoistojärjestelmissä. Yleisimmät käyttökohteet ovat erilaiset veitset sekä turpiinien siipipyörät. [12, 223.]

4.6 Työkaluteräkset

Työkaluteräkset on ensisijaisesti suunniteltu leikkaamaan tai lastuamaan muita metalleja, kuten alumiineja ja hiiliteräksiä. Riittävän kovuuden aikaansaamiseksi työkaluteräkset on aina lämpökäsiteltävä. [4.] Työkaluteräkset ovat hiiliteräksiä, joiden hiilipitoisuus on useimmiten korkea. Tyypillisimmät seosaineet ovat kromi, molybdeeni, nikkeli wolframi, vanadiini ja nikkeli. Työkaluteräkset on luokiteltu erikoisteräksiksi SFS-EN 10020 standardin mukaan. [12, 284.]

Erilaiset lämpökäsittelyt ovat työkaluteräksille yleisiä. Kun kappaleelle asetetaan vaatimuksiksi kulutuskestävyys ja suuri puristuslujuus, on lämpökäsittely välttämätön toimenpide. Kulumiskestävyys saadaan aikaan mikrorakenteen avulla, mikä sisältää runsashiillistä martensiittia sekä kovia karbideja. Työkaluteräkset jaotellaan seuraavassa kolmeen ryhmään käyttöalueiden mukaisesti: kylmätyö-, kuumatyö- ja pikateräksiin. [12, 284.]

Kylmätyöteräs laatuja on useampia, mutta seuraavassa käsitellään kolmea eri laatua: 1.2842, 1.2379 ja 1.2767. Kylmätyöteräs (1.2842) on kutistumaton teräs, joka sisältää 0,95% hiiltä. Seosaineina käytetään kromia ja mangaania. Kutistumattomuudella tarkoitetaan teräksen kykyä säilyttää mittansa karkaisussa. Kutistumattomuus perustuu jäännösausteniitin ja martensiitin yhteisvaikutuksen hyväksikäyttöön. Käyttökohteita ovat muun muassa

stanssausmatriisit, leikkausmeistit, levyjen vetotyökalut ja särmäystyökalut, silloin kuin työkappaleelta ei edellytetä erityistä kulumiskestävyyttä. 1.2842-terästä käytetään myös muovityökaluihin, mittavälineisiin ja myös lastuaviin työkaluihin, kun leikkaavan särmän lämpötilat ovat alhaiset; alle 150°C, lastuvirta on pieni ja terän muoto yksinkertainen. [12, 290.; 7.]

1.2379-teräs sisältää 1,5 % hiiltä ja 11,5 % kromia sisältävä teräs, muita seosaineita ovat molybdeeni ja vanadiini, joiden avulla saavutetaan suuri työkovuus, joka on välillä 58-63HRC. Karbidien ansiosta kappaleen kulutus kestävyys lisääntyy merkittävästi verrattuna 1.2842 teräkseen. Käyttökohteita ovat muun muassa suursarjatuotannon leikkuu-, puristus-, meisto- ja vetotyökalut, joissa kulumiskestävyys on tärkeää, mutta sitkeys vaatimukset ovat kohtuulliset. 1.2379-terästä käytetään myös kylmä-, ja kierrelveksseissä sekä puutyökaluissa. 1.2379-teräksen käyttöä tulisi välttää, mikäli työkalulla tehdään lastuavaa tai iskevää työstöä. Ylin käyttölämpötila on 480 °C, ja näin ollen teräs soveltuu PVD-pinnoitukseen ja nitraukseen. Ylimmän käyttölämpötilan ansiosta terästä voidaan käyttää myös lankakipinätyöstössä. [12, 284; 8.]

1.2767-kylmätyöteräksellä tarkoitetaan noin 0,52 % hiiltä ja noin 4 % nikkeliä sisältävää, erittäin sitkeää terästä. Hiili- ja nikkelpitoisuuden johdosta teräksen iskusitkeys on hyvä. Yleisimpiä käyttökohteita ovat paksujen materiaalien erilaiset leikkaustyökalut, meisteissä ja muovimuoteissa. [12, 290–291; 9.]

1.2344 on kuumatyöteräs, joka sisältää 0,4 % hiiltä, 5 % kromia sekä piitä, molybdeeniä ja vanadiinia. Matalasta hiilipitoisuudesta johtuen teräs on sitkeää. Yhdessä kromi ja molybdeeni mahdollistavat teräkselle suuren kuumalujuuden. 1.2344 terästä on mahdollista käyttää vielä 550 °C lämpötiloissa ilman liiallista pehmenemistä. 1.2344 teräs on tarkoitettu käytettäväksi korkeissa lämpötiloissa. Sovelluksia ovat muun muassa erilaiset puristavat ja iskevät työkalut sekä erilaiset valumuotit. Teräksen taonta ja lastuttavuus on myös helppoa. [12, 292; 10.]

4.7 Ohutlevyteräkset

Ohutlevyt muodostavat monipuolisimman ja käytetyimmän teollisen materiaali-ryhmän. Teräsohutlevyllä tarkoitetaan kuuma- tai kylmävalssattua teräslevyä, jonka ainevahvuus on alle 3 millimetriä. Hyvän pinnanlaadun vaativissa kohteissa käytetään kylmävalssattuja ohutlevyjä. Kun pinnanlaadun prioriteetti ei ole korkea voidaan käyttää kuumavalssausta, jolloin levyn pinnanlaatu jää huonommaksi. Kuumavalssattujen ohutlevyjen pinnanlaatua voidaan kuitenkin parantaa merkittävästi jälki- tai viimeistelyvalssauksella ja peittauksella. Ohutlevyjä valmistetaan erilaisin ominaisuuksin ja laaduin. Tuotteen suunnittelu vaiheessa tulisikin selvittää eri materiaali- ja valmistusehdot, jotta käyttöympäristön asettamat vaatimukset tulisivat täytetyksi. [12, 326.]

Kylmävalssatut teräsohutlevyt toimitetaan standardin SFS-EN 10130 [19, 8] mukaisina teräslajeina. SFS-EN 10130 standardin mukaiset ohutlevyt soveltuvat muovaavaan työstöön, rullamuovaukseen, taivutukseen, syvävetoon ja venytysmuovaukseen. Muovausominaisuudet ilmoitetaan DC0X merkinnöillä, välillä DC01-DC06. DC06 on parhaiten muovattavissa.

Laatu	Käyttökohde
DC01	Vetolaatu venytysmuovaukseen, taivutukseen ja rullamuovaukseen.
DC03	Syvävetolaatu tavalliseen syvävetoon ja vaativaan venytysvetoon.
DC04	Vanhenematon erikoissyvävetolaatu vaativaan syvävetoon ja venytysmuovaukseen. Soveltuu erityisesti tapauksiin, joissa tavallisella syvävetolaadulla saattaa esiintyä myötöjuovia.
DC05	Matalahiilinen, vanhenematon erikoissyvävetolaatu erittäin vaativaan muovaukseen.
DC06	Vanhenematon erikoissyvävetolaatu (IF-teräs) kaikkein vaativimpaan syvävetoon ja venytysmuovaukseen.

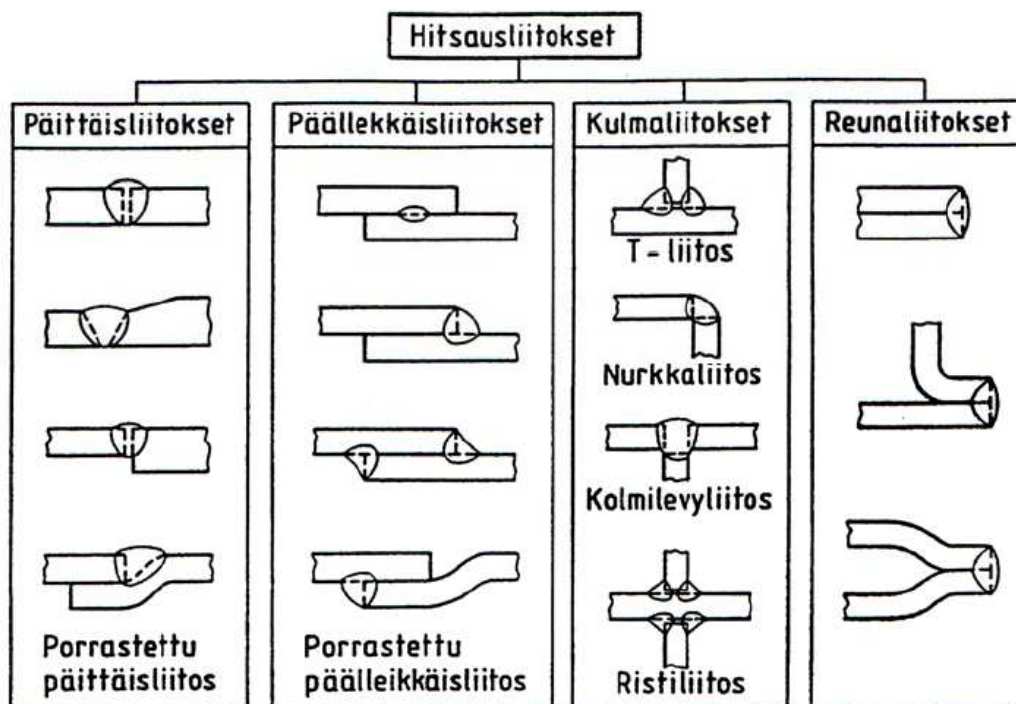
Kuvio 9. Ohut levyjen muovausominaisuudet [19, 8].

Venytysmuovauksessa levykappaletta painetaan muotilla, jolloin kappale venyy sekä tangentin, että säteen suunnassa. Venytyksen seurauksena kappale ohenee ja pinta-ala kasvaa. Pelkkä venytysmuovaus ei ole kovinkaan yleinen menetelmä ja sitä käytetään muun muassa yhdessä syvävedon kanssa esimerkiksi kuperapohjaisten tuotteiden valmistuksessa. [11, 1.]

Syvävetoa käytetään yleensä astioiden ja muiden kuppimaisten tuotteiden valmistukseen. Venytysmuovaukseen verrattuna kappale ei ohene syvävedon seurauksena, vaan voi jopa paksuuntua tyssäytymisen seurauksena. [11, 2.]

5 Terästen hitsausliitos menetelmät

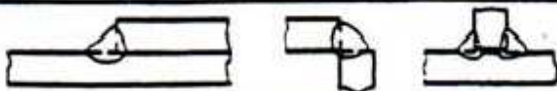





















Hitsaus on eniten käytetty menetelmä teräsrakenteiden liittämiseen, erityisesti erilaiset kantavat teräsrakenteet ovat tärkeä hitsauksen soveltamiskohde. Hitsaus on liitettävän perusaineen kannalta varsin raju tapahtuma, johon liittyvät nopeat lämpötilanmuutokset, jotka vaikuttavat materiaalin ominaisuuksiin ja jännitystiloihin. Hitsaus aiheuttaa myös ei-toivottuja muodonmuutoksia. Hitsattujen liitosten kohdalle syntyy epäjatkuvuuskohtia, jotka aiheuttavat jännityskeskittymiä ja – huippuja. Hitsatun rakenteen suunnittelussa esiintyykin monia näkökohtia joita ei esiinny hitsaamattomissa rakenteissa, kuten esimerkiksi akseleiden suunnittelussa. Metallien hitsauksella tarkoitetaan perusaineen liittämistä siten, että kappaleiden kahden tai useamman välille syntyy atomien sidos. [14, 9-11.]



Kuvio 10. Hitsausliitosten tavallisimmat liitosmuodot.[24, 5].

Hitsausliitosta ja hitsiä ei tule sekoittaa toisiinsa. Hitsillä tarkoitetaan hitsauksen tulosta ja termi käsittää kaiken hitsauksen aikana sulassa tilassa olleen aineen.

Ennen hitsaamisen suorittamista on valmistettava railo, joka määritellään SFS 3052 standardin mukaan seuraavasti:

Perusmerkki	Liitos		Railon nimi	Hitsin nimi
△			Pienarailo	Pienahitsi
			I-railo	I-hitsi
∨ ∨	Kokoviistetty railo 	Osaviistetty railo 	V-railo	V-hitsi
∨ ∨			Puoli-V-railo	Puoli-V-hitsi
X X			X-railo	X-hitsi
K K			K-railo	K-hitsi
∩			U-railo	U-hitsi
∩			J-railo	J-hitsi
∩			Kaksois-U-railo	
∩			Kaksois-J-railo	
⌈			Tulpparailo	Tulppahitsi
○				Pistehitsi
⊕				Saumakehitsi

Kuvio 11. Tavallisimmat railot ja hitsit. [24, 6].

Sulahitsauksessa osa perusaineesta sulatetaan. Railon täyttämiseksi kappaleeseen tuodaan useimmissa menetelmissä lisä ainetta. Hitsausliitoksessa aine joutuu kokemaan yhden tai useamman lämpöjakson, jossa lämpötila aluksi nousee ja lopuksi laskee. Tämä aiheuttaa jännityskeskittymiä ja – huippuja. [14, 14.]

Seostamattomien rakenneterästen hitsaus

Seostamattomien rakenneterästen hitsattavuus on rajallinen, riippumatta hitsausprosessista. Teräksen käyttäytyminen hitsattaessa on riippuvainen paitsi materiaaliominaisuuksista, niin myös työkappaleen mitoista, muodoista valmistus- ja käyttöolosuhteista. Laatuluokkien JR, J0, J2 ja K2 teräksiä on mahdollista hitsata kaikilla hitsausprosesseilla. Hitsausominaisuudet paranevat laatu- luokittain luokasta JR laatuluokkaan K2. Hitsauksessa voi esiintyä seuraavia ongelmia: kuumahalkeilu, kylmähalkeilu, myötövanheminen, lamellirepeily. [12, 34–35.]

Teräs	Kuumahalkeilu	Kylmähalkeilu	Lamellirepeily	Myötövanheminen
S235JRG2	2	1	1	3
S235J0	1	1	1	2
S235J2G3	1	1	1	1
S275JR	2	2	2	3
S275J0	1	2	2	2
S275J2G3	1	2	2	1
S355J0	1	3	3	2
S355J2G3	1	3	3	1
Arvostelu: 1 taipumus vähäinen, 3 taipumus suuri				

Kuvio 12. Seostamattomien rakenneterästen hitsattavuus. [12, 35].

Jännityksenpoistohehkutuksella eli myöstöllä on tarkoitus palauttaa teräksen alkuperäiset ominaisuudet, jotka olivat ennen hitsausta. Myöstettäessä teräksen sisäiset jännitykset laukeavat kuumennuslämpötilaa vastaavalle myötörajalalle. Myöstölämpötila on tavallisesti 550–600°C, jolloin myötölujuus on vain noin 10 % 20 °C lämpötilassa olevaan kappaleeseen verrattuna. Oikein suoritettuna

myöstöllä voidaan vähentää jäännösjännityksiä, parantaa hitsin väsymislujuutta sekä sitkeyttä. Lisäksi rakenteen mittojen säilyvyys paranee merkittävästi työstö- ja käyttö vaiheessa. [12, 42.]

Lujien hitsattavien terästen hitsaus

Seostuksen avulla teräkselle on saatu haluttu lujuus, joka vaikeuttaa hitsausta merkittävästi. Hitsausliitoksia suunniteltaessa hitsit tulisi sijoittaa siten, että ne eivät tule rasitetuimpiin kohtiin. Hitsausvauriot voivat olla samoja, kuin seostamattomien rakenne terästen hitsauksessa eli kylmähalkeamat, kuumahalkeamat, lamellirepeily. Kylmähalkeamien osuus hitsausvaurioissa on yleisin, jopa yli 90 %. Kylmähalkeamat johtuvat usein vedyn läsnäolosta muutosvyöhykkeellä, hauraasta martensiittisestä mikrorakenteesta tai jännitystiloista ja – huipuista. Kylmähalkeamisvaaraa voidaan, kuitenkin pienentää seuraavilla seikoilla: perusaineen valinta, käytettävä lisäaine, jäähtymisnopeus, rakenteen jäykkyys ja muotoilu sekä hitsausjärjestys. Lujia hitsattavia teräksiä valittaessa tulee huomioon ottaa CEV-hiiliekvivalenttisarvo, joka kertoo hitsattavuudesta. Mitä pienempi luku on, sitä paremmin teräs on hitsattavissa. Luvun ollessa pienempi kuin 0,41 on teräs hitsattavissa kaikilla menetelmillä. [12, 88–94.]

Kuumahalkeamariski lujia teräksiä hitsattaessa on pieni, mutta kuitenkin mahdollinen. Kuumahalkeamia esiintyy erityisesti jauhekaari- ja suurtehohitsausmenetelmillä, hitsin a-mitan leveys-korkeus suhteen ollessa pieni. [12, 88–94.]

Lamellirepeilyllä tarkoitetaan hitsauksen aikana levynpinnan suuntaisia murtumia, jotka syntyvät hitsipalon alle. Lamellirepeily aiheuttaa murtovenymän, murtokourouman ja iskusitkeyden vaihtelua rakennetta kuormitettaessa eri suunnista. Hitsausvaurioita voidaan välttää suorittamalla esikuuminen hitsattavalle kappaleelle. [12, 88–94.]

Nuorrutusterästen hitsaus

Nuorrutusterästen korkean hiilipitoisuuden vuoksi kappale vaatii aina korotetun työlämpötilan sekä jälkilämpökäsittelyn [6, 162]. Kaarihitsausmenetelmiä käytettäen karkenemishalkeaman vaara on suuri korkean hiilipitoisuuden ja seostuksen takia. Karkenemishalkeaman riskiä voidaan madaltaa korotetulla työlämpötilalla. Nuorrutusterästä valittaessa CEV-arvoa ei tule käyttää nuorrutusterästen hitsattavuuden vertailuun. Nuorrutusteräksistä parhaiten hitsaukseen soveltuu 25CrMo4 ja Imacro laadut, joiden hyvä hitsattavuus perustuu sälemartensiittiseen rakenteeseen tavanomaisen levymartensiittisen rakenteen sijaan. Kun Hitsiltä edellytetään perusainetta vastaavaa lujuutta, on lisäaineen koostumuksen oltava samaa tyyppiä, kuin perusaineen. Lisäainetta valittaessa on otettava huomioon myös rakenteen nuorrutuskäsittely. Lisäaineen on sovelluttava myös nuorrutuskäsittelyyn, mikäli kappale tullaan nuoruttamaan. [12, 168.]

Hiiletysterästen hitsaus

Hiiletysteräket ovat hitsattavissa sopivaa lisäainetta käyttäen. Esikuumennuksen ja jälkilämpökäsittelyn avulla hitsattavuutta voidaan parantaa entisestään. Hitsaus on suositeltavaa tehdä ennen hiiletyskäsittelyä, jotta hitsaus kohta säilyttäisi hiiletystilansa. [6, 162.]

Hitsattavuutta arvosteltaessa voidaan käyttää hiiliekvivalentti lukua CEV:

Teräs	CEV
20NiCrMo2-2	0.51
17NiCrMo6-4	0.62
18CrNiMo7-6	0.77
20MnCr5	0.64

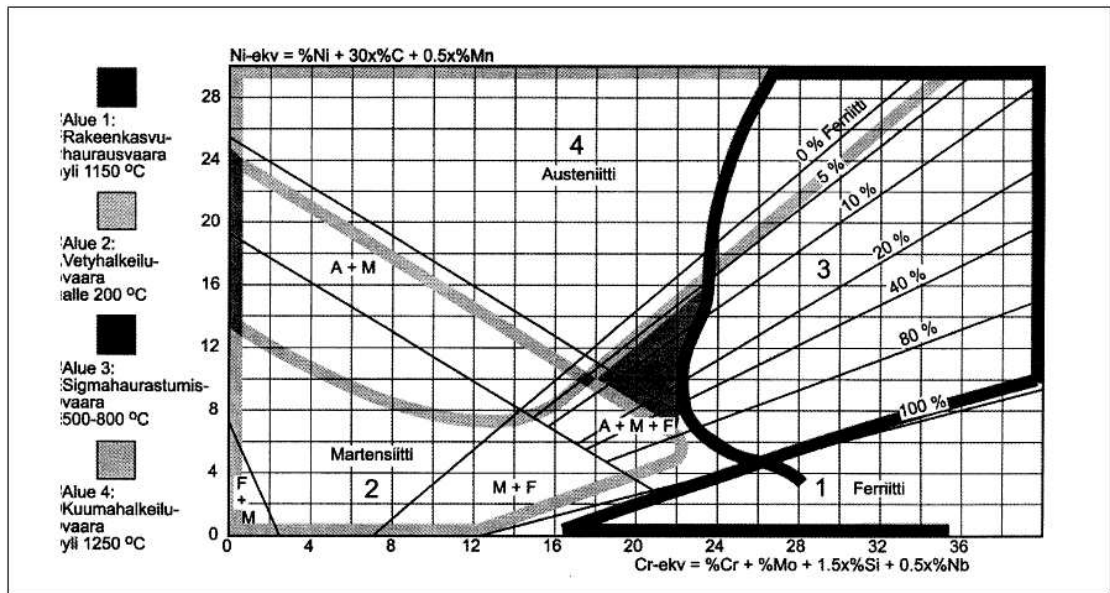
Kuvio 13. Hiiliekvivalentti CEV. [12, 217].

Yllä olevan taulukon mukaan hiiletysteräs laatujen hiiliekvivalentit ovat > 0.45 , on karkenemishalkeamanvaara mahdollinen ilman erikoistoimenpiteitä. Karkenemishalkeamaa voidaan välttää seuraavilla toimenpiteillä: Hitsattava teräs on pehmeäksihehkutettu, normalisoitu tai korotetun työlämpötilan avulla esimerkiksi $300\text{--}450^\circ\text{C}$ ja hitsauksen suorittamisen jälkeen jännityksenpoistohehkutus. [12, 217.]

Ruostumattomien terästen hitsaus

Ruostumattomien terästen yleisimpiä käyttökohteita ovat erilaiset putket sekä säiliöt. Täten hitsaus on useimmiten ainoa varteen otettava liitos vaihtoehto. Hitsaus on mahdollista kaikilla kaarihitsaus menetelmillä. Hitsattaviksi laaduksi suositellaan austeniittisiä vakioteräksiä, kuten 1.4301 ja 1.4432 sekä näiden erilaisia johdannaisia. Austeniittisiä teräksiä hitsattaessa lämpölaajeneminen tulisi ottaa erityisesti huomioon, sillä se on noin 50 % suurempi perinteisiin teräksiin verrattuna. Hitsaus suoritetaan aina ilman esikuumennusta ja hitsaus tulisi suorittaa mahdollisimman nopeasti ja kylmästi kuin mahdollista. Yleisimmät hitsausvirheet liittyvät kuumahalkeiluun. Hitsisauman jäähtyessä kappaleeseen syntyy muodonmuutoksia, jotka voivat aiheuttaa kuumahalkeilua. Kuumahalkeilun vaara on erityisen suuri, mikäli lisäaineen ferriittipitoisuus on alhainen. Kuumahalkeilun vaaraa austeniittisillä teräksillä voidaan pienentää kappaletta jäähdyttämällä veteen. Austeniittinen ruostumaton teräs ei ole karkenevaa ja näin ollen karkenemishalkeamanvaaraa ei ole. [6, 171.]

Osa martensiittisistä ruostumattomista teräksistä on myös hitsattavissa tyydyttävästi. Hitsattavuutta vaikeuttaa voimakas karkenemistaipumus, joka lisää karkenemishalkeaman vaaraa. Martensiittisiä ruostumattomia teräksiä hitsattaessa on käytettävä aina korotettua työlämpötilaa, sekä kappale on aina lämpökäsiteltävä hitsauksen jälkeen. [6, 171.] Jotta korroosionkestävyys tulisi perusaineen edellyttämälle tasolle ilman lämpökäsittelyä, täytyy hitsauksessa käytetyn lisäaineen olla perusainetta seostetumpaa. [12, 249.]



Kuvio 14. Bystramin diagrammi: haurastumis- ja murtumisalueet

Työkaluterästen hitsaus

Työkaluteräksiä ei ole tarkoitettu hitsattavaksi. Teräksen suuren karkenevuuden vuoksi karkenemishalkeamien ja mittamuutosten riski on suuri. Erilaiset korjaushitsaukset ovat kuitenkin mahdollisia, mutta vaativat teräslaadun ja itse hitsausprosessin tarkkaa tuntemista. Vaihtoehtoisena liitosmenetelmänä suositellaan kovajuottoa. [12, 316.]

Ohutlevyterästen hitsaus

Teräsohutlevyt suojataan korroosiota vastaan erilaisilla pinnoitteilla, yleisimmin käytössä ovat kuuma- ja sähkösinkityt levytuotteet. Ohutlevyjä hitsattaessa erityisesti kaarimenetelmillä on vaarana pinnoitteen vaurioituminen, joka altistaa tuotteen mahdollisille korroosio tekijöille. Pinnoitteen vahingoittumisen vuoksi vastushitsaus on yleisin hitsausmenetelmä teräs ohutlevytuotteiden liitosmenetelmänä, koska pinnoite ei pala hitsaus kohdasta. Pinnoitteen höyrystyessä syntyy myös terveydelle haitallisia, ei toivottuja palokaasuja. Vastushitsauksessa kaasujen syntyminen on vähäistä ja näin ollen vastushitsauksen käyttö on myös perusteltua. [13, 1.]

Kuumasinkityt ohutlevyt soveltuvat koostumukseltaan parhaiten hitsattavaksi, matalan hiilipitoisuuden vuoksi. Sinkittyjen levyjen vastushitsattavuus on sitä parempaa, mitä ohuempi pinnoite levyn pinnalla on. Pinnoitteen tulisi olla alle 150 g/m^2 vahvuinen vastushitsausta käytettäessä. Vastushitsaus on kuitenkin mahdollista, jos sinkkikerros ei ylitä arvoa 275 g/m^2 . Sinkkikerroksen ylittäessä arvon 275 g/m^2 tulisi liitokset suorittaa mekaanisia liitosmenetelmiä käyttäen, kuten niittaus- ja ruuviliitoksia. [12, 347.]

6 Terästen lastuavat työstömenetelmät

Lastuavalla työstömenetelmällä tarkoitetaan työtappaa, jolla aihioista poistetaan materiaalia lastuina. Työstötarkkuuden ja käyttömahdollisuuksiensa vuoksi lastuaminen on käytetyin työstömenetelmä. Lastuava työstö voidaan jaotella työstömenetelmän perusteella terällä ja hiomarakeella lastuaviin menetelmiin. Terällä lastuaviin menetelmiin kuuluu sahaus, poraus, jysintä, höyläys, avartaminen ja sorvaus. Hiomaraemenetelmiksi luetaan hoonaus, hionta, hiveltäminen ja hiertäminen. [1, 1-4.]

Teräksen lastuttavuutta voidaan arvioida esimerkiksi saavutetun pinnanlaadun, lastunmuodon tai lastuamisvoimien perusteella. Eri teräslajeille on ominaiset lastuamistavat. Myös teräslaatuojen soveltuvuus lastuavaan työstöön vaihtelee. Koneteräksillä tärkeimmät lastuamistavat ovat kovametallisorvaus, kierteytytys sekä poraus. Koneteräkset ovat hyvin lastuttavia, jos esimerkiksi vertailukohteeksi otetaan nuorrutusteräs. Koneterästen lastuttavuus on verrattavissa hiiletysteräksiin tai jopa parempi. Lujat hitsattavat teräkset ovat työstettävissä pika-teräs- ja kovametallityökaluilla. [12, 47–48.]

6.1 Sorvaus

Lastuavista työstömenetelmistä sorvaus on kaikkein yleisin. Sorvaamalla valmistetaan pyörähdyskappaleita, eli kappale pyörii pituusakselinsa ympäri. Kappaleen pyöriessä pituusakselinsa ympäri, työkalu tekee syöttö- ja asetusliikkeitä. Tyypillisimpiä sorvaamalla valmistettuja kappaleita ovatkin erilaiset akselit ja holkit. [1, 150.]

6.2 Jyrsintä

Jyrsinnässä työkalu pyörii akselinsa ympäri aihion ollessa paikallaan. Työkalu eli terä on tavallisesti monihampainen ja näin ollen lastuaminen suoritetaan ikään kuin iskien. Lastunpoisto määriltään jyrsintä on erittäin tehokas, eikä yhtä tehokasta lastunpoistoa tapaa usein muissa lastuamismenetelmissä. Tavanomaisimmat jyrsimällä valmistetut kappaleet ovat monimuotoisia, joissa on eritasoisia uria, tasopintoja sekä reikiä. [5, 163–165.]

6.3 Poraus

Porauksella tarkoitetaan reiän valmistusmenetelmää. Porauksessa aivan kuten jyrsinnässäkin terä pyörii akselinsa ympäri, työkappaleen pysyessä paikoillaan. Syöttöliike tapahtuu terän pituusakselin suuntaisesti. Aikaisemmin valtaosa rei'istä valmistettiin varsinaisella porakoneella, mutta nykyään reiät tehdään pääasiassa samalla kertaa kappaleen koneistuksen yhteydessä NC-koneilla. Porausmenetelmät jaotellaan perinteisesti kahdeksaan eri menetelmään: tasaus, kierukkaporaus, ydinporaus, väljentäminen, kalviminen, kierteytys, keskiöporaus ja muotokalvinta. [5, 174.]

6.4 Sahaus

Sahausta käytetään yleisesti aihion valmistusmenetelmänä, kuten tankoaihioiden katkaisuun ja kappaleiden muotojen irrottamiseen, jonka jälkeen kappale viimeistellään muilla lastuavilla menetelmillä. [5, 194.]

6.5 Avartaminen

Avartamisella tarkoitetaan jo olemassa olevan reiän suurentamista. Kappale pysyy pyörähdysakseliinsa nähden paikoillaan terän mikä on yksi- tai useampi-teräinen pyörii. Syöttöliike tapahtuu terää tai työkappaletta liikuttaen. Avartamalla pyritään parantamaan poratun reiän mittatarkkuutta sekä pinnanlaatua. [5, 186.]

6.6 Höylääminen

Höylääminen on epäjatkua lastuamismenetelmä, jossa lastun muoto säilyy muuttumattomana työstön ajan. Lastun irrotus tapahtuu suoraviivaisen työliikkeen aikana. Syöttöliike tapahtuu terää liikuttamalla, joko pysty-tai vaaka suunnassa. Yleisimpiä höyläämällä valmistettavia sovelluksia ovat suurien kappaleiden tasopinnat sekä erilaiset urat. [5, 188–191.]

6.7 Hionta

Hionta on vanhin lastuamismenetelmä, jota on käytetty jo Antiikin aikoina, mutta vielä tänäkin päivänä yleisesti käytössä oleva työstömenetelmä. Hiomalla voidaan työstää raaka-ainevalikoimaa, kuin millään muulla menetelmällä. Erityisen kovat materiaalit lastutaan usein hiomalla. Työkaluna toimii perinteisesti hiova laikka, johon hiomarakeet on sidottu toisiinsa sideaineen välityksellä. [5, 197–205.]

6.8 Hoonaus

Hoonausta käytetään sisäpuolisten lieriömäisten pintojen viimeistelyyn. Yleisimpiä hoonattavia kohteita ovat esimerkiksi moottoreiden sylinterien sisäpinnat. Laahainkivet joihin on sidottu hiomaraakeet pyörivät pituusakselinsa ympäri. Syöttöliike tapahtuu pituusakselin suuntaisesti edestakaisin. Viimeistelyä varten aihioon jätetään työstövaroja perinteisesti sarjavalmistuksessa 5-60 μm . [1, 210.]

6.9 Hiveltäminen

Hiveltämällä työstetyn pinnan ominaisuutena on erittäin pieni pinnan karheus ja korkea kanto-osuus. Hiveltämällä voidaan parantaa lieriömäisten kappaleiden ympyrämäisyysvirhettä jopa kymmenesosaan alkuperäisestä. Hiveltämiselle ominaista on myös erittäin suuri mittatarkkuus. Kappaleen pinnalla oleva hivelyskivi liikkuu oskilloivasti, jonka avulla työstöön saadaan aikaiseksi tangentiaali voima. Onnistunut työstö vaatii lastuamismesteen käyttöä. Hiveltämällä voidaan työstää lähes kaiken muotoisia pintoja, kuten ulko- ja sisäpuolisia lieriöitä, tasoja, kierre- ja hammasmuotoja, kartioita, pallopintoja sekä erilaisia profiilimuotoja. Tavallisimmin työvarat ovat 3-25 μm välillä. [1, 210–212.]

7 Jyrsinkoneen rungon esittely

Kirjallisen opinnäytetyön ohella rakensin kolmeakselisen cnc-jyrsin koneen, jonka mekaniikkaa eli runkorakennetta käsitellään tässä luvussa. Alkuperäisenä ideana oli tehdä opinnäytetyö kokonaisuudesta, mutta ohjaavan opettajani Eero Nupposen kanssa päädyimme ratkaisuun, jossa kirjallinen osuus käsittelee teräslaatuja mekaniikan suunnittelussa. Jos työhön olisi sisällytetty kaikki, mikä koneen rakennuksessa tulee huomioida, olisi työstä tullut todella laaja-alainen eikä työn valmiiksi saattaminen olisi ollut resurssit huomioon ottaen mahdollinen.

Ideana oli toteuttaa kolme akselinen portaali-tyyppinen tietokoneohjattu jyrsinkone. Tarkoituksena oli saada valmistettua kone, jolla voisi työstää ainakin helposti koneistettavia materiaaleja, kuten muovia ja puuta. Ideoinnin edetessä lisäsin vaatimuslistalle alumiinin työstömahdollisuuden. Runkorakennetta suunniteltaessa materiaalien lisäksi huomioon tuli ottaa liitosmenetelmät joilla kappaleet liitetään toisiinsa. Hitsauksen ollessa yleisin menetelmä metallien liittämiseen, päädyin itsekin kyseiseen vaihtoehtoon. Hitsausliitoksia puolsivat liitosten valmistuksen nopeus sekä taloudellisuus. [14, 9.]

Rungon valmistuksessa tarvittiin seuraavia koneita: ESAB C340 PRO 4WD-hitsauskone, jolla kaikki hitsaus työt suoritettiin. Bridgeport Serie 4 Interact 2-jyrsinkone, tasopintojen oikaisu sekä muut tarvittavat koneistukset suoritettiin tällä koneella. Makita GA9010CF -kulmahiomakoneella suoritettiin aihoiden katkaisu sekä muut materiaalien kiillotukset ja hionnat hitsausta varten. Bosch GBM 10RE -porakone jolla osa tarvittavista rei'istä jouduttiin poraamaan manuaalisesti, koska käytössä olleen jyrsinkoneen työstövarat eivät riittäneet tarvittaviin koneistuksiin. Lisäksi käytettiin erilaisia mittaustyökaluja, kuten metri-kulma- ja työntömitta.

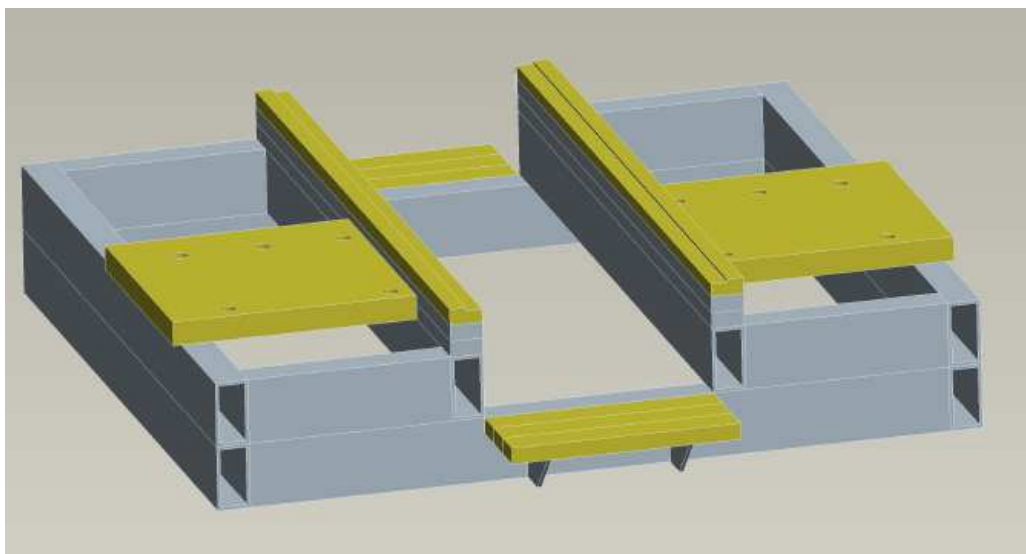
Ammattikäyttöön tarkoitettujen koneiden rungot on valmistettu valamalla. Valamalla valmistettu runko olisi ollut luonnollisesti paras valinta lopputuloksen kan-

nalta. Koneistettaessa runkoon kohdistuu suuria rasituksia sekä värinöitä. Valurauta vaimentaa värinöitä tehokkaasti, sekä koneen rungolle tulee riittävästi massaa, mikä vakauttaa työstettäessä. Valumenetelmien käyttö ei kuitenkaan ollut mahdollista ja tästä syystä päädyin putkipalkkirakenteisiin.

Materiaali valintoja tehdessä suurin rajoittava tekijä oli hankinta hinta sekä materiaalien työstömahdollisuudet. Perusaineeksi valikoitui yleinen S235JRG2 RHS-putkipalkki helpon saatavuuden, hankintahinnan sekä työstettävyyden perusteella. Runko valmistettiin RHS-putkista. Liitosmenetelmänä toimi MIG/MAG-hitsaus. Kaikkia liitoksia ei voitu toteuttaa hitsaamalla, koska hitsauksen aiheuttamien lämpötilamuutosten vuoksi rakenteisiin syntyy erilaisia ja -suuruisia vetojännitystiloja. Mahdollisia syntyneitä jännityksiä pyrittiin poistamaan lämpökäsittelyllä, joka suoritettiin rungon hitsauksen jälkeen ennen koneistusta.

Runko oli valmistettava niin että johdepinnat oli mahdollista koneistaa toisiinsa nähden kohti suoraan. Tarvittavat johdepintojen koneistukset oli siis suoritettava yhden kiinnityksen periaatteella, jotta riittävä kohtisuoruus saavutetaan.

Aluksi rungon osat mallinnettiin ProE-ohjelmistolla. Kun tarvittavat materiaalit olivat selvillä, oli aika aloittaa käytännön työt.

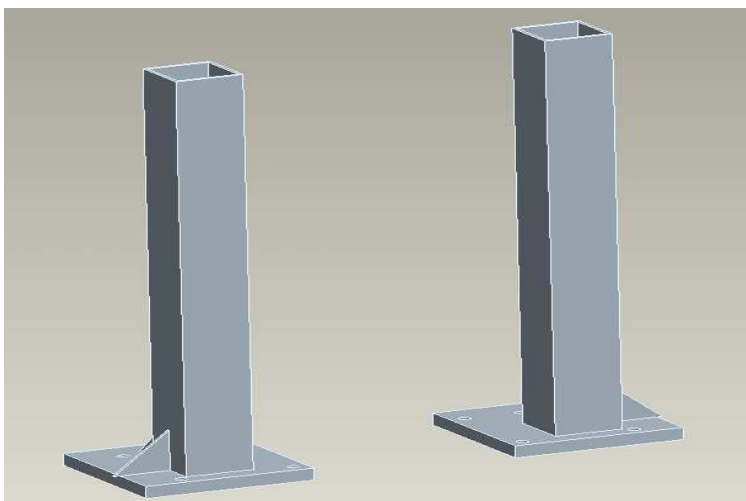


Kuvio 15. ProE-ohjelmistolla mallinnettu jyrsinkoneen alarunko.



Kuva 1. Käytännössä toteutettu jyrsinkoneen alarunko.

Koko koneen perusta rakennettiin niin sanotun alarungon päälle. Y-suuntaisen liikkeen johteet sijoitettiin suoraan alarunkoon. Kuvassa näkyvät 300 x 300 mm kokoisten laattojen päälle sijoitetaan toiset 300 x 300 mm kokoiset laatat, joihin on hitsattu 120x 120x 6 mm:n vahvuista RHS-putkipalkkia. Laattojen tasopinnot koneistettiin myös yhden suuntaiseksi hitsausprosessin jälkeen. Laatat joudutaan kiinnittämään ruuviliitosten avulla. Molemmat pylväät kiinnitettiin alarunkoon viiden M20 x 80mm kokoisen ruuvin avulla.



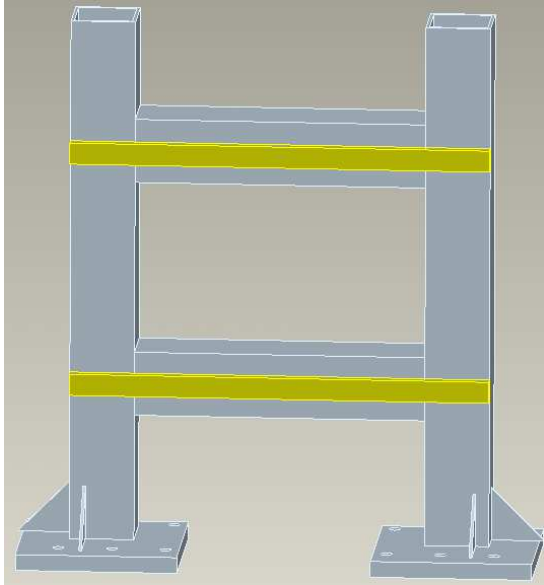
Kuvio 16. ProE-ohjelmistolla mallinnetut pylväät.



Kuva 2. Pylväät käytännössä.

Ruuvi kiinnitys mahdollisti johdepintojen koneistuksen yhden suuntaiseksi. Näin varmistetaan, että johteiden asennus vaiheessa johteet tulevat täysin yhdensuuntaiseksi. Mikäli johteet tai niiden vastin pinnat eivät ole suorassa toisiinsa nähden ei tarkka koneistus ole mahdollista.

Pylväät hitsattiin toisiinsa kahden 120 x 120 x 6mm vahvuisen putki palkin avulla. Toisin sanoen materiaali on samaa kuin pylvää. Lisäksi johdepintojen alle hitsattiin 40x20mm Fe37 B eli S235JRG2 teräksestä tasot, joille johteet tulevat. [12, 12.]



Kuvio 17. ProE-ohjelmistolla mallinnetut pylväät yhdessä.



Kuva 3. Valmiit pylväät käytännössä.

Pylväiden kokoonpanon jälkeen tehtiin tarvittavat poraukset ja kierteytykset joh-teille. Käytössä olleen jrsinkoneen liikkeet eivät riittäneet tarvittavien reikien poraukseen ja kierteytykseen, joten poraus ja kierteytys jouduttiin toteuttamaan manuaalisesti. Aluksi reiät paikoitettiin, jonka jälkeen tapahtui poraus. Porauk-sen jälkeen valmistettiin kierre, perinteisiä kierretappeja käyttäen.



Kuva 4. Pylvään johdepintojen poraus.



Kuva 5. Pylvään johdepintojen kierteytys.



Kuva 6. Valmiit kierteet.

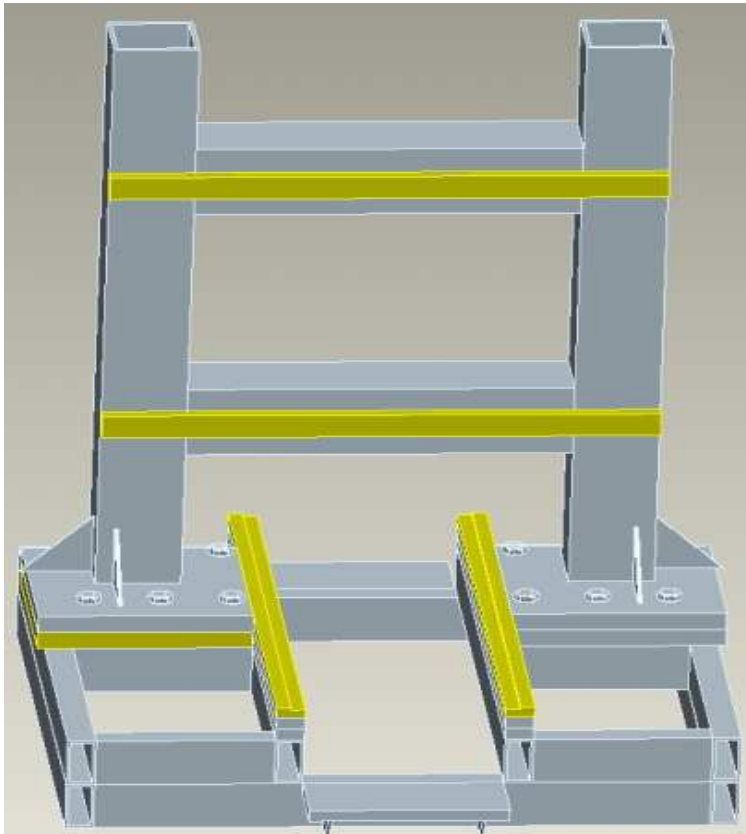
Kun erilliset ala-, sekä ylärunko olivat valmiina, oli näiden yhteen liittämisen vuoro. Liitos toteutettiin ruuviliitoksin. Molemmat pylväät kiinnitettiin viidellä M20 x 80 mm:n kokoisilla läpi ruuveilla, jotka kiristettiin nylock-muttereiden avulla.



Kuva 7. M20-ruuvikiinnitys.



Kuva 8. M20-mutterit.



Kuvio 18. ProE-ohjelmistolla mallinnettu runko kokonaisuus.



Kuva 9. Valmis runkorakenne.

Runkorakenne odottaa enää mahdollista hiekkapuhallusta sekä maalausta. Maalauksen jälkeen asennetaan johteet, kuularuuvit, karakäyttö, servot sekä muut tarvittavat sähkökomponentit. Opinnäytetyön painotuksen ollessa teräslaaduissa ja niiden erilaisissa käyttömahdollisuuksissa ei jyrsinkonetta esitellä tämän tarkemmin.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia käytetyimpiä teräslaatuja sekä niiden mahdollisia käyttökohteita. Nykypäivänä teräslaatuja on tarjolla todella monipuolisesti. Materiaalien laaja määrä tuotti hankaluuksia tutkittujen teräslaatuvalinnassa, mitkä ovat oikeasti käytetyimpiä ja mitä teräslaatuja on mielekästä vertailla. Työn taustalla ei toiminut yritystä, joka olisi antanut tehtävän. Näin ollen kaikki tarvittava aineisto oli oman etsinnän varassa. Teoriatiedon pohjalta rakennettu jyrsinkoneen runko oli mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Aikaisempaa kokemusta vastaavien koneiden rakennuksesta itselläni ei ollut lainkaan. Myöskään aikaisempaa koneistus kokemusta ei ollut. Kuitenkin vuonna 2011 tulin hankkineeksi Bridgeport-merkkisen jyrsinkoneen, joka mahdollisti jyrsinkoneen perusteisiin tutustumisen ja myös osa komponenteista oli mahdollista valmistaa itse. Muut työmenetelmät olivat entuudestaan tuttuja muiden harrastusten kautta. Erityistä oppia suunnittelun lisäksi tuli hitsaustekniikoista.

Koneen ideointi oli varsin pitkä prosessi. Opinnäytetyön hahmottelu alkoi jo 2010 joulukuussa. Aluksi tutustuin aiheeseen erilaisilla internetin keskustelupalstoilla. Vaikka aikaisempaa kokemusta ei vastaavista töistä tai laitteista ei liiemmin ollut, päätin kuitenkin aloittaa koneen valmistuksen. Runkorakenteessa päädyin rakenneteräkseen. Syynä tähän oli saatavilla olevan materiaalin hinta sekä jo entuudestaan käyttössä olleet laitteet, jotka mahdollistivat rakentamisen. Työn etenemistä rajoittivat useat seikat. Käytettävissä oleva aika oli yksi tekijä. Suurimpana yksittäisenä tekijänä oli kuitenkin raha. Toimivan jyrsinkoneen voi rakentaa todella edullisestikin. Vaatimuslistallani oli kuitenkin, että koneella voisi työstää myös metalleja, kuten alumiineja sekä tavallisimpia teräksiä. Vaatimusten täyttyminen edellytti käytettäviltä komponenteilta huomattavasti enemmän kuin jos kone olisi valmistettu esimerkiksi piirilevytyöstöön. Karakäytön löytäminen yksittäisistä komponenteista oli kaikista haastavin tehtävä. Edellytyksenä oli ISO40 työkalupitimien käyttö, riittävän jämäkkyuden sekä työkalujen saatavuuden vuoksi. Valmiita karapaketteja löytyisi Euroopasta, mutta niiden käyttäminen ei ollut tässä tapauksessa mahdollista korkean hinnan vuoksi. Pelkän karakäytön hinta olisi noussut helposti 6000 €:oon. Käyttötarkoitukseen

soveltuva kara löytyi kuitenkin sattumalta eräältä Internetin kauppapalstalta. Tämä oli purettu jostakin vanhasta työstökoneesta ja näin ollen soveltuvi projektiin täydellisesti. Valitun karan, jonka massa itsessään on jo melko suuri, noin 50 kg aiheutti kustannusten nousua. Johteet, kuularuuvit sekä servot oli valittava niin, että karan riittävän nopea ja tukeva siirto on mahdollista.

Kokonaisuutena työ oli monipuolinen, jossa teoria ja käytäntö mielestäni kohtaavat hyvin. Työssä tuli käytettyä lähes kaikkia menetelmiä, joita neljän vuoden ammattikorkeakouluopiskelu aikani olen opiskellut. Teoriatiedon hyödyntäminen käytännössä toi useita uusia näkökulmia sekä ajatusmalleja, joita ei ollut osannut ajatella, ennen kuin oppeja pääsi soveltamaan käytännössä. Opinnäytetyön avulla on mahdollista tutustua yleisimpiin teräslaatuihin ja niiden käyttökohteisiin. Mikäli työ olisi tehty yrityksen toimeksiantona, olisi perusteltua keskittyä vain muutamiin teräslaatuihin. Muutamien erilaisten laatuojen tarkempi tutkiminen voisi mahdollistaa entistä paremman tuotteen valmistuksen. Parhaiten käyttöön soveltuva teräslaatu voisi myös madaltaa valmistuskustannuksia ja näin nostaa yrityksen tuloksenteokokykyä.

Opinnäytetyöprosessin valmiiksi saattaminen on pitkäjänteinen prosessi, joka vaatii paljon aikaa. Voin kuitenkin todeta koko työn olleen alusta loppuun asti mielenkiintoinen ja erittäin opettavainen.

Käytännön toteutuksesta voi mainita, että koko projekti on ollut erittäin mielenkiintoinen ja antoisa. Työssä joutui ottamaan monia seikkoja huomioon niin suunnittelussa kuin valmistuksessa. Tuotteen varsinainen toteutus oli myös erittäin opettavainen vaihe, sillä laite on monipuolinen ja siinä tarvittiin laajaa perehtymistä aiheeseen, niin suunnittelussa kuin toteutuksessa.

Runkorakennetta valmistettaessa tutuiksi tulivat niin lastuava työstö kuin hitsaustekniikkakin. Tietokoneavusteisen ohjauksen toteutus edellytti perehtymistä elektroniikkaan. Toteutuneessa työssä tuli soveltaa monipuolisesti jo aikaisemmin insinööriopiskelussa opittua, mutta yhtäläillä uusien asioiden opiskelu ja omaksuminen oli tärkeää. Opinnäytetyönä koko projekti oli laaja ja todella aikaa vievä, mutta samalla siinä yhdistyi kaikki aikaisemmin opittu yhdeksi suureksi

kokonaisuudeksi. Tuotteen suunnitteluvaiheessa yhteen nivoutui laajasti kaikki neljän ammattikorkeakoulu vuoden aikana opiskellut aihepiirit. Tärkeimpänä toimi 3-d mallinnuksen hallitseminen ja mahdollisuus 3-d suunnitteluun. Komponenttien ja kokoonpanon valmistumisen jälkeen oli mahdollista suorittaa erilaisia simulaatioita ProEngineer-ohjelmistolla. Simulointi osoittautui erittäin hyödylliseksi tavaksi tutkia liikkuvia rakenteita. Simuloinnin merkitys onkin kasvanut viime vuodet voimakkaasti erilaisissa tuotekehitysprosesseissa. Simuloinnin avulla voidaan tutkia eri osajärjestelmien vuorovaikutusta toisiinsa jo suunnittelun varhaisessa vaiheessa. Tuotteiden optimointi on helpompaa ja tehokkaampaa. Simulointi mahdollistaa tuotteiden osittaisen testauksen ennen kuin varsinaista fyysistä tuotetta on edes valmistettu. [26].

Suunnittelun lisäksi runkorakenteen toteutusta voi pitää opettavaisena. Erityisen mielenkiintoista oli huomata suunnittelun merkitys tuotannolle. Vaikka vastasin henkilökohtaisesti suunnittelusta sekä tuotteen valmistuksesta, havaitsin siitä huolimatta, kuinka tärkeää riittävän tarkkojen työohjeiden valmistus on tuotteen valmistuksen kannalta. Välillä valmistuksessa tuli pitkiäkin taukoja. Näissä tilanteissa selkeät työohjeet olivat todella tärkeitä, jotta lopputulos vastasi asetettuja vaatimuksia. Samat periaatteet pätevät myös yritysmaailmassa, koska luonnollisesti eri henkilöt vastaavat tuotteen suunnittelusta ja toteutuksesta.

Lähteet

1. Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY.
2. Aco Nordic Oy. n.d. Aisi304/316 Ruostumaton teräs.
<http://www.acodrain.fi/Tuotteet/Hulevesijarjestelmat/Materiaalit/Ruostumaton%20ter%C3%A4s.aspx> 19.03.2012.
3. Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, H., Miettinen, J., Niemi, E., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P., Verho, A., Vilenius, M. & Välimaa, V. 1995. Koneen osien suunnittelu. Juva: WSOY.
4. All Metals & Forge group, LLC. 2011. Tool Steels.
<http://www.steelforge.com/toolsteels.htm> 01.03.2012.
5. Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 2005. Valmistustekniikka. Helsinki: Otatieto Oy.
6. Katainen, H & Mäkinen A. 1989. Aineliitostekniikka. Porvoo: Pevida Oy ja WSOY.
7. KIND & Co, Edelstahlwerk, KG. n.d. Alloyd M K st.
http://www.kind-co.de/en/produkte/pdf_alloyd/mkst.pdf 05.03.2012.
8. KIND & Co, Edelstahlwerk, KG. n.d. Alloyd C H 16v.
http://www.kind-co.de/en/produkte/pdf_alloyd/ch16v.pdf 05.03.2012.
9. KIND & Co, Edelstahlwerk, KG. n.d. Alloyd n400.
http://www.kind-co.de/en/produkte/pdf_alloyd/n400.pdf 05.03.2012.
10. KIND & Co, Edelstahlwerk, KG. n.d. C65.
http://www.kind-co.de/en/pdf/downloads_wz_s/C65.pdf 05.03.2012.
11. Kivivuori, S. 2011. Teräsohutlevyjen muovattavuus ja materiaalilaadut.
http://www.ohutlevy.com/pdf/terasohutlevy_seppo_kivivuori.pdf 16.03.2012.
12. Muokatut teräkset. 2001. Metalliteollisuuden keskusliitto. Tampere
13. Mäkikangas, J. 2006. Laser- ja suurnopeustyöstötekniikan erikoisosaiminen –projekti – Pinnoitettujen ohutlevyjen laserhitsaus.
http://www oulu.fi/fmt/FMT6/PDF/Arkisto/Pinnoitettujen_ohutlevyjen_laserhitsaus.pdf 01.04.2012.
14. Niemi, E. & Kemppi, J. 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Helsinki: opetushallitus.
15. Nummi, T., Tapaninen, T., Valtonen, M. & Väisänen T. 1998. Vaikeasti koneistettavien materiaalien lastuava työstö. Helsingin teknillinen korkeakoulu. Konepajatekniikan laboratorio.
<http://users.tkk.fi/~tnummi/hardcut/Yleistamateriaaleista.pdf> 19.03.2012.
16. Ruukki Oyj. 2010. Ruostumaton teräs 1.4462.
<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Ruostumaton-teras-ja-alumiini/Ruostumattomat-teraslevyt-ja--kelat/Ruostumaton-teras-14462#> 15.03.2012.
17. Salmi, T. 2003. Teknillisen mekaniikan perusteet. Tampere: Pressus Oy.
18. Stén & Co Oy AB. 2003. Hiiletysteräkset.
<http://www.sten.fi/data/attachments/E000FIN.pdf> 24.03.2012.
19. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2007. SFS-EN 10130. 3. painos. PKAMK lisenssi.

20. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2006. *SFS-EN 10083-1*. 3. painos. PKAMK lisenssi.
21. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2001. *SFS-EN 10222-4*. 2. painos. PKAMK lisenssi.
22. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2000. *SFS-EN 10020*. 2. painos. PKAMK lisenssi.
23. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2000. *SFS-EN 100250-2*. PKAMK lisenssi.
24. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 1995. *SFS 3052*. 5. painos. PKAMK lisenssi.
25. Taulavuori, T. 2009. Ferriittisten ruostumattomien terästen merkitys lisääntyy. http://www.ohutlevy.com/pdf/Ohutlevy209_s14_15.pdf 15.03.2012.
26. Tekes. n.d. Tuotteen järjestelmän simulointi ”Jäsi”. http://virtual.vtt.fi/virtual/konemasina/finnish/tp3/tp3_jasi.htm 30.04.2012.