

Elmo Värtö

TAVALLISIMMAT TYÖSTÖKONEET JA NIIDEN KÄYTTÖ LAIVOILLA

Opinnäytetyö
Merenkulkuala

Kesäkuu 2016



KYAMK
University of Applied Sciences

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Elmo Värtö	Merenkulku, insinööri	Kesäkuu 2016
Opinnäytetyön nimi		52 sivua
Tavallisimmat työstökoneet ja niiden käyttö laivoilla		
Toimeksiantaja		
Merenkulun ja logistiikan painoala; Kyamk		
Ohjaaja		
Lehtori Ari Helle		
Tiivistelmä		
<p>Tämä opinnäytetyö auttaa ymmärtämään laivoilla olevien työstökoneiden tärkeimpiä käyttömahdollisuuksia laivan kunnossapitoon liittyvissä töissä. Työ on ensisijaisesti suunnattu laivan konepuolen henkilöstölle, jolla on käytännön kokemusta koneistamisesta, mutta siinä käydään läpi myös koneistamisen perusteita. Työ sopii luettavaksi sekä konepuolen opiskelijoille että jo valmistuneille ja sitä voi myös käyttää hakuteoksena esimerkiksi ennen työtehtävän aloittamista.</p> <p>Työssä kartoitettiin yleisimmät laivoilla olevat koneistusvälineet sekä niiden käyttökohdet ja käyttö. Lisäksi koottiin tarvittavat tiedot tavallisimpiin laivalla kohdattaviin koneistustarpeisiin. Työhön haettiin myös peruskoulutusta tukevaa tietoa, joka helpottaa käytännön tilanteissa. Työssä painotettiin menetelmiä, joita voidaan soveltaa useisiin laivalla kohdattaviin tilanteisiin. Työstökoneista oleellisimmaksi nousi yleisyytensä ja monipuolisuutensa vuoksi karkisorvi, jonka käyttö on tämän työn pääpainopisteenä.</p> <p>Koneistamisesta on olemassa runsaasti kirjallisuutta, mutta tarvittavan tiedon hakeminen useasta eri lähteestä on työlästä. Tässä työssä koottiin oleelliset asiat ja peruskoulutuksesta puuttuvia asioita, jotka ovat hyödyllisiä etenkin laivaolosuhteissa kohdattavissa koneistustilanteissa. Lähteinä työssä käytettiin pääosin koneistuksen oppikirjoja, mutta myös Internet-lähteitä ja käytännön kokemuksia havaituista ongelmakohtista.</p>		
Asiasanat		
lastuava työstö, poraus, sorvaus, kunnossapito		

Author (authors)	Degree	Time
Elmo Värtö	Marine Technology	June 2016
Thesis Title		52 pages
Most common machining tools on board and their usage		
Commissioned by		
Supervisor		
Ari Helle, Senior Lecturer		
Abstract		
<p>The objective of the thesis was to help to understand the most important ways of using machining tools in the ship's maintenance work. The thesis was primarily targeted at ship's engine crew members who have hands-on machining experience but it also covers the basics of machining. The thesis is suited for students as well as graduated professionals and it can also be used as a reference book, for example, before starting a specific machining task.</p> <p>There are many machining tools on ships. The proper use of these tools is part of the education for everyone working with ship machinery. Machining is needed irregularly during maintenance work or repairing of broken machinery. The professional operation of the machining tools is extremely important to guarantee the wanted outcome and safety. Machining as a topic in school is very comprehensive, and the marine environment poses additional challenges to the practical work.</p> <p>The most important tool was deemed to be lathe due to its versatility. Therefore this thesis is focused on the use of a lathe and its possibilities as a maintenance tool. The thesis covers also other common machining tools on board, and their areas of application. In addition to this, information required for ordinary machining needs on a ship was collected, also information that was not part of the basic education. The emphasis was on methods that can be applied on many practical situations commonly encountered whilst working on a ship.</p> <p>There is plenty of literature about machining, but finding specific pieces of information from multiple sources is cumbersome. This thesis collates the most substantive topics, including matters that are not part of the basic education, that are considered to be useful especially for machining work on ships. The sources used in this study were mainly machining text books but also online resources were used.</p>		
Keywords		
machining, drill, turn, maintenance		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KONEISTAMINEN.....	6
3	PORAAMINEN.....	6
3.1	Poraamisen periaate.....	7
3.2	Työstöarvot poratessa.....	8
3.3	Työkalut porauksessa.....	10
4	SORVAUS.....	12
4.1	Sorvaamisen periaate.....	13
4.2	Työstöarvot sorvatessa.....	14
4.3	Työkalut sorvatessa.....	17
4.3.1	Sorvin terät.....	17
4.3.2	Kappaleen kiinnitys.....	26
4.3.3	Muut työkalut.....	34
4.4	Muut sorvissa tehtävät työt.....	35
4.4.1	Kiilauran tekeminen.....	35
4.4.2	Kierteiden tekeminen.....	37
4.4.3	Jousen valmistaminen.....	39
4.4.4	Esimerkkejä.....	40
5	JYRSINTÄ.....	43
6	LASTUAMISNESTEET.....	45
7	TYÖTURVALLISUUS.....	47
8	VARASTOINTI JA HUOLTO.....	48
8.1	Varastointi.....	48
8.2	Huolto.....	49
9	ON-SITE-KONEISTUKSET.....	51
10	YHTEENVETO.....	52
	LÄHTEET.....	53

1 JOHDANTO

Siinä, missä kauan sitten oli laivoilla vielä erikseen ammattinimike sorvari, on sorvaus ja muu lastuavatyöstö jo pitkään kuulunut käytännössä jokaisen laivan konepuolella työskentelevän peruskoulutukseen ja taitoihin. Näiden taitojen ylläpitäminen on kuitenkin haasteellista. Nykyisin, kun laivoja pyritään ajamaan mahdollisimman vähällä miehistöllä, on luonnollisesti myös valtaosa töistä jouduttu ulkoistamaan. Tämä johtaa kyseisten töiden harvinaiseen luonteeseen laivaväen osalta ja sitä myöten myös rutiineiden puutteeseen. Koneistaminen on kuitenkin arvokas ja ylläpidon arvoinen taito, jonka merkitys huomataan yleensä vasta silloin kun sitä tarvittaisiin. Näitä ovat usein tilanteet, joissa jokin kriittinen komponentti yllättäen hajoaa, eikä varaosaa tai ulkopuolista apua ole saatavilla. Koneistustaidot myös helpottavat monia muita kunnossapitotöitä ja järkevästi toteutettuina voivat säästää paljonkin kustannuksissa, niin suoraan varaosien arvosta, kuin myös lyhyempien seisonta-aikojen myötä.

Tämän työn lähtökohtana oli tavallisimmat laivalla tehtävät koneistustyöt, mikä kuitenkin työn edetessä tarkentui käytetyimpien työstökoneiden kartoittamiseen ja yksityiskohtaisista työselosteista enemmänkin eri työmenetelmien kuvaamiseen. Tämän katsottiin tukevan jo saatua peruskoulutusta parhaiten, koska laivalla monet työt ovat enemmän tai vähemmän soveltamista. Käytetyin koneistuskalusto laivoilla koostuu pylväsporakoneesta, kärkisorvista, erikoistyöstökoneista kuten esimerkiksi Hunger ja ChrisMarine. Lisäksi lastuaviin työstökoneisiin voidaan laskea myös useat käsityökalut sekä hiontalaitteet. Harvinaisempaa päätä suuremmissa työstökoneissa laivoilla edustaa jyrsimet sekä sorvi-jyrsinyhdistelmäkoneet. Näitäkin kuitenkin toisinaan laivoilla käytetään.

Yksittäisistä työstökoneista nousi kärkisorvi monipuolisuudessaan ja sovellettavuudessaan ylitse muiden. Kärkisorvi myös kuuluu lähes jokaisen laivan varustukseen. Tämän lisäksi käytännössä jokainen konekorjausmies, moottorimies ja konemestari ovat saaneet koulutuksen sorvaamisen perusteisiin ja omaavat hyvän pohjan kehittää taitojaan. Näin ollen tämän opinnäytetyön pääpainopiste on kärkisorvilla tehtävissä töissä. Sen sijaan jyrsinän käsittely rajattiin pintapuoliseksi koneiden vähäisen määrän sekä laivaväen yleisesti heikkojen perusteiden vuoksi. Lisäksi valtaosa jyrstävistä töistä on muutenkin

maissa tehtäviä. Konekohtaiset erikoistyöstökoneet, kuten venttiilien hiontaan käytettävä ChrisMarine ja vastaavat rajattiin työstä kokonaan pois liian laajana aihealueena. Konekohtaisiin erikoistyökaluihin on yleensä kuitenkin koneiden mukana erittäin yksityiskohtaiset käyttöohjeet.

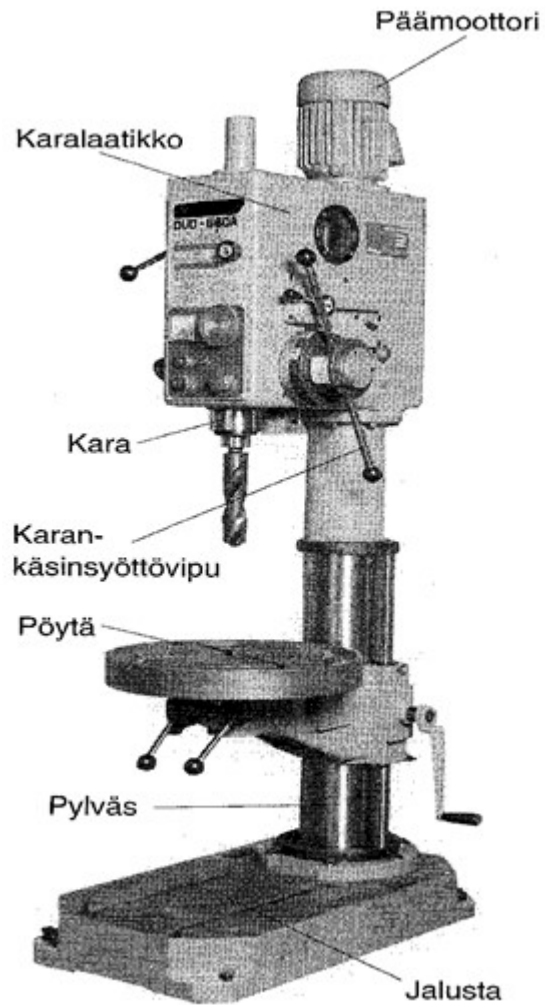
Koneistaminen kuuluu myös oleellisena osana kaikkien laivan konepuolella työskentelevien peruskoulutukseen. Koneistamisen tieto- ja taitopohja koostuu useasta kurssista, kuten mittaustekniikka, lastuava työstö, konepajatekniikka, tekninen piirustus, materiaalitekniikka sekä mekaniikka ja lujuusoppi. Tämän myötä konemestareilla on periaatteessa erinomainen perusta suunnitella vaativahkojakin koneistustöitä. Tämän työn yksi tarkoitus onkin rohkaista niihin, sekä kannustaa ylläpitämään jo opittuja tietoja ja taitoja.

2 KONEISTAMINEN

Koneistaminen, eli lastuava työstö, on menetelmä, jossa tueteaihoista muokataan halutun mallisia, tarkkamittaisia kappaleita poistamalla niistä materiaalia, kunnes kappale on määrämittäinen. Lastuaminen jakaantuu kahteen eri menetelmään: terällä (geometrisesti määrätynmuotoisella) lastuaviin ja hiomarakeella (geometrisesti epämääräisen muotoisella terällä) lastuaviin. Terällä lastuaviin menetelmiin lukeutuvat sahaus, höyläys, poraus, jysintä ja sorvaus. Hiomarakeella lastuavia menetelmiä ovat hiveltäminen, hoonaus, hiertäminen ja hionta. Työstämisen onnistumiseen vaikuttaa suuri määrä tekijöitä. Menetelmästä riippuen tärkeimpiä ovat oikean työmenetelmän hallinta, työkalun ja työstökoneen ominaisuudet, työstettävän materiaalin laatu, kappaleen kiinnitys, lastuamismenestys ja ennen kaikkea oikeat lastuamisarvot. Työstämisen perusedellytyksenä on koneistajan riittävä tietotaito, jotta työn voi turvallisesti suorittaa. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 1-4.)

3 PORAAMINEN

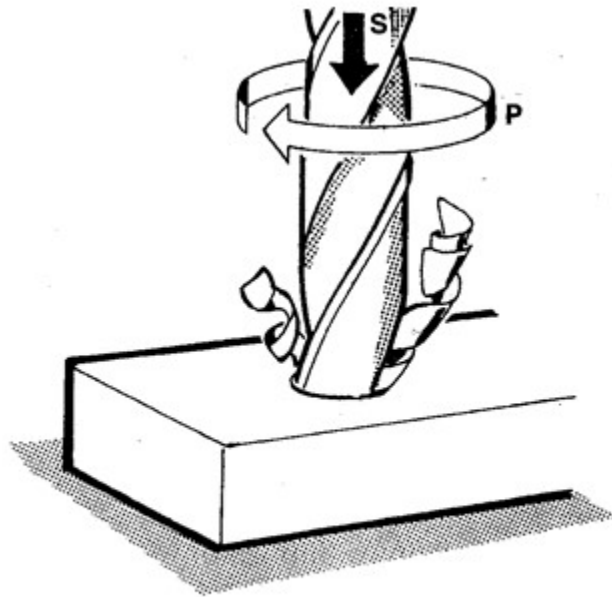
Poraaminen on yksi arkipäiväisimmistä koneistamiseen lukeutuvista töistä, joita laivalla tehdään. Tyypillisimmät poraamiseen käytettävät koneet ovat pylväsporakone, jonka rakenne on esitetty kuvassa 1, sekä erilaiset käsiporakoneet. Lisäksi reikien valmistamiseen käytetään penkkiporakonetta, sorvia ja jysintä. Tavallisimpia porausmenetelmiä ovat reikien avaus umpiaineeseen, kierteitys ja kalvinta.



Kuva 1. Pylväsporakone ja sen pääosia. (Ansaharju & Maaranen 2001, 68.)

3.1 Poraamisen periaate

Poraamisessa tavallisin lastuava työkalu on kierukkapora, jolloin pyöreä, lie-riömäinen reikä syntyy pyörimisliikkeen ja suoraviivaisen syöttöliikkeen yhteisvaikutuksesta. Poraamisen periaate on esitetty kuvassa 2. (Ansaharju & Maaranen 2001, 65.)



Poraamisen periaate.
P = Pää- eli lastuamisliike
S = Syöttöliike

Kuva 2. Poraamisen periaate. (Ansaharju & Maaranen 2001, 65.)

Poraamisen onnistumisen ja työkalun käyttöiän kannalta on oleellista huomioida työstettävän materiaalin ominaisuudet ja valita sen mukaan soveltuvat työstöarvot, työkalut, leikkuuneste, työmenetelmä ja riittävän tukeva kappaleen kiinnitys.

Isompia reikiä poratessa etenkin kovaan materiaaliin, kannattaa poraus aloittaa pienellä terällä ja kasvattaa sopivilla välivaiheilla. Lisäksi tulee käyttää tarvittaessa sopivaa leikkuunestettä, joista tarkemmin luvussa 6 Lastuamisnestet. Kappaleen kiinnitykseen käytetään tavallisimmin koneruuvipuristinta tai kiinnitysrautoja. Mikäli laivalla joudutaan poraamaan usein isoja reikiä, joita ei ole mahdollista tehdä pylväsporassa, on suositeltavaa harkita magneettijalkaisen porakoneen ja siihen sopivan reikäjyrsinteräsarjan hankkimista, jollei sellaista vielä ole.

3.2 Työstöarvot poratessa

Laivalla porattaessa tavallisimmin käytetään käsisyöttöä, jolloin huomioitava on lähinnä oikean pyörimisnopeuden valinta materiaalin ja teränhalkaisijan sekä laadun mukaan. Mikäli käytetään konesyöttöä, on huomioitava myös syötönnopeuden valinta.

Pyörimisnopeus n saadaan yhtälöllä 1.

$$n = \frac{v}{\pi \times d} \quad (1)$$

jossa	n	pyörimisnopeus	[1/min]
	v	lastuamisnopeus	[m/min]
	d	terän halkaisija	[m]

Lastuamisnopeus v määräytyy työstettävän materiaalin sekä käytettävän terän materiaalin perusteella ja saadaan valmiista taulukoista. Taulukossa 1 on lastuamisnopeuksia käytettäessä pikaterästyökaluja (HSS-teräs). Porattaessa käytetään yleensä lastuamisnopeutena alle 20 m/min. Lisäksi tulee huomioida myös terän laatu siten, että heikompileatukselle otetaan lastuamisnopeus taulukon alapäästä ja parempileatukselle yläpäästä.

"Nyrkkisääntö" pyörimisnopeus porattaessa pikateräsporilla

$$n[1/min] \sim \frac{6000}{\text{poran } \varnothing [mm]}$$

(Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 213-230; Ansaharju & Maaranen 2001, 91-92.)

Työstettävä aine	Lastuamisnopeus v m/min, pikaterästyökaluille			Tasouppottaminen
	Poraaminen	Kierteittäminen	Kartiouppottaminen	
Teräs – helppotyöstöinen	20–35	8–14	10–12	10–12
Teräs – vaikeatyöstöinen	10–20	5–8	4–6	5–8
Valurauta – kovuus alle 200 HB	20–40	10–15	8–10	10–12
Valurauta – kovuus yli 200 HB	12–20	6–10	4–6	5–8
Messinki	40–80	8–14	25–30	25–30
Kevytmetalli	90–	15–25	25–30	25–30
Muovit	n. 90	15–25	25–30	25–30

Taulukko 1. Lastuamisnopeuden ohjearvoja pikaterästyökaluille. (Ansaharju & Maaranen 2001, 91.)

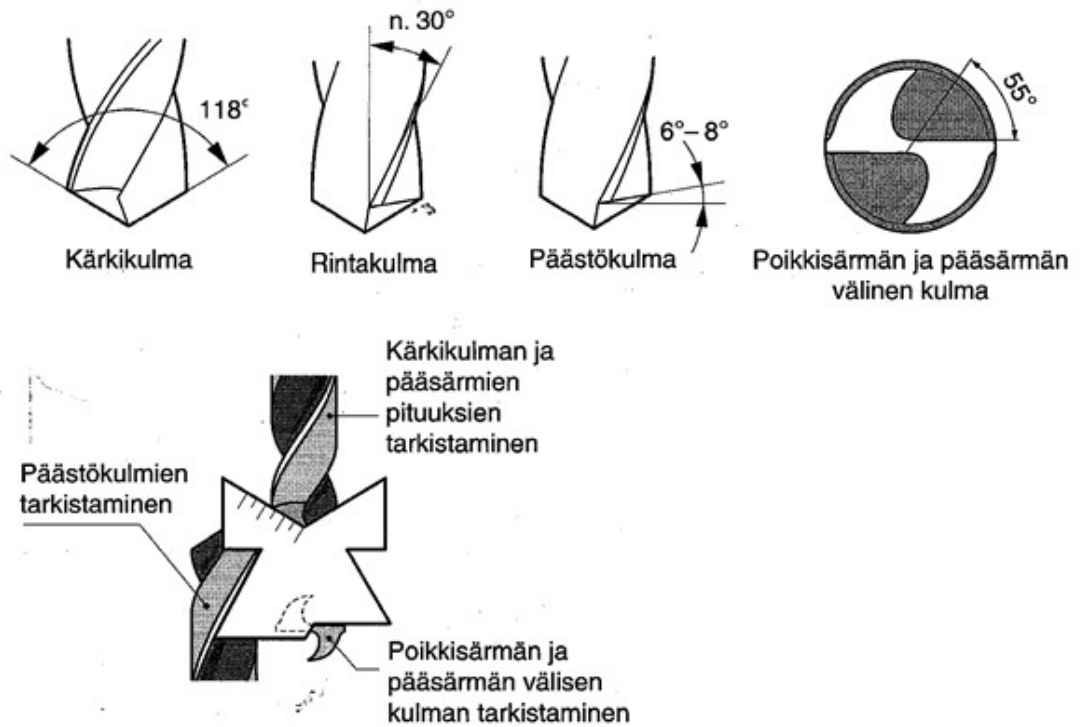
Väärästä työstöarvoista seuraa helposti työkalun rikkoutuminen ja lisäksi esimerkiksi ruostumattomia teräksiä porattaessa liian suurilla kierroksilla yhdenaikaisesti liian pienen syötön kanssa, muodostuu porauskohtaan nopeasti muokkauslujittunut kerros, josta on hankala jatkaa poraamista.

3.3 Työkalut porauksessa

Porauksessa käytettävien työkalujen valikoima on laaja ja terän materiaali on merkitsevä. Tavallisimpia ovat pikateräs ja kovametalli sekä nopeasti yleistyvät vahvemmat kobolttiterät ja vastaavat muut pinnoitetut terät.

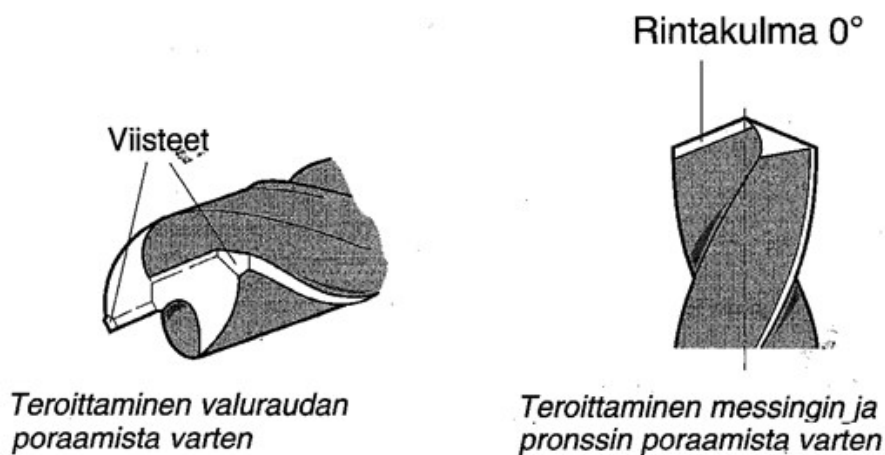
Perinteisen kierukkaporan teroittaminen kuuluu koneistajan perustaitoihin ja korostuu etenkin laivaolosuhteissa työkalujen määrän ollessa rajallinen. Terän kulmia muuttamalla pystytään myös hiomaan terä optimaaliseksi tietylle työstettävälle materiaalille.

Terä teroitetaan poranteroituskoneessa tai penkkihiomakoneeseen liitetyn erikoislaitteen avulla. Usein näitä ei kuitenkaan ole käytettävissä laivalla, mutta terän voi hioa myös käsivaraisesti penkkihiomakoneessa, tällöin hiomakiven kunto tulee tarkistaa ja oikaista kiven pinta tarvittaessa ennen hiontaa. Teroitettaessa tarkkaillaan kärkikulmia, päästökulmaa, poikkisärmän ja pääsärmän välistä kulmaa sekä symmetriaa. Hiontatulos tarkistetaan siihen tarkoitettulla tulkilla, kuten kuvassa 3. Kuvassa on myös esitetty edellä mainitut teränpääkulmat.



Kuva 3. Terän kulmat ja kulmien tarkastaminen. (Ansaharju & Maaranen 2001, 78.)

Tiettyjen materiaalien työstämistä voidaan parantaa erikoisteroituksella. Esimerkiksi valurautaa porattaessa hiotaan poran nirkkoihin 60° :n viisteet vähentämään terän nirkkojen rasitusta. Messinkiä ja pronssia poratessa voidaan poran "haukkaamista" vähentää hiomalla rintakulma $0,5 - 2$ mm matkalta pienemmäksi 0° :n kuten kuvassa 4.



Kuva 4. Kierukaporan erikoisteroituksia. (Ansaharju & Maaranen 2001, 79.)

Lisäksi terän muita kulmia muuttamalla voidaan parantaa työstämistä. Taulukossa 2 on teräkulmien ohjearvoja eri materiaaleille. (Ansaharju & Maaranen 2001, 77-79.)

Porattava materiaali	Kärkikulma	Kierukkakulma	Päästökulma
Teräs Messinki Pronssi Uushopea Sinkki	118°	20–30°	Koville pienempi (6–8°)
Valuteräs Valurauta	118°	18–40°	Pehmeille suurempi (8–12°)
Kupari Alumiiniseokset Muovi, pleksi	140°	12–40°	
Kovakumi Marmori	80°	12°	

Taulukko 2. (Ansaharju & Maaranen 2001, 79.)

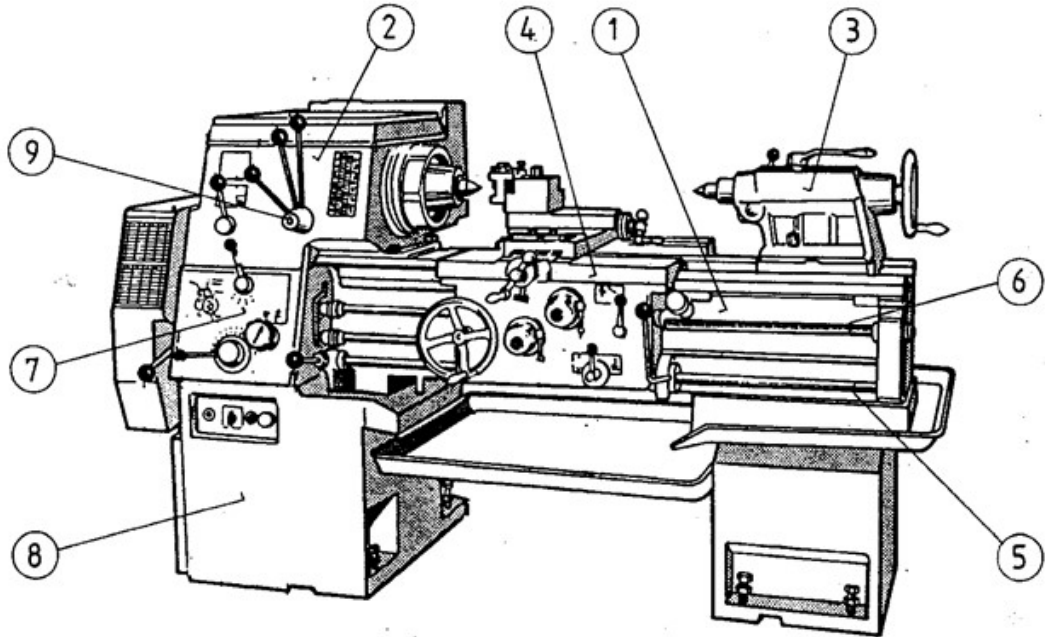
Suosittelavaa olisi pitää terät aina teroitettuina ja järjestyksessä. Terien teroitukseen tulisi varata siihen tarkoitettu hiomakivi penkkihiomakoneeseen ja kieltää kiven käyttö muuhun hiomiseen.

4 SORVAUS

Sorvaaminen on yleisin lastuava työstömenetelmä ja noin 30 % lastuavista työstökoneista on sorveja. Sorvi kuuluu myös lähes jokaisen laivan verstaan varustukseen. Sorvityyppejä on käyttötärpeen mukaan lukuisia erilaisia ja niistä laivoilla yleisin on kärkisorvi. Näin ollen keskitymme sen käsittelemiseen tässä työssä. Kärkisorvi on ollut myös konepajoissa yleisin manuaalisesti ohjattu yleissorvi, koska sillä voidaan perinteisten pyörähdyskappaleiden valmistamisen lisäksi myös esimerkiksi porata, kalvia, kierteittää, hioa, työstää kii-lauria, jyrsiä, valmistaa jousia, painosorvata sekä paljon muuta. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 175; Ansaharju & Maaranen 2001, 161-163.)

Kärkisorvi on monipuolisuutensa vuoksi myös laivoilla yksi tärkeimmistä kunnossapidon työvälineistä, jonka käyttötaito voi parhaimmillaan säästää aikaa ja rahaa etenkin tilanteissa, joissa ei ole saatavilla esimerkiksi uutta varaosaa yllättäen rikkoutuneen tilalle. Tavallisimpia käyttökohteita laivoilla ovat esimerkiksi venttiileiden huolto, laippojen koneistukset, erikoistyökalujen valmistus,

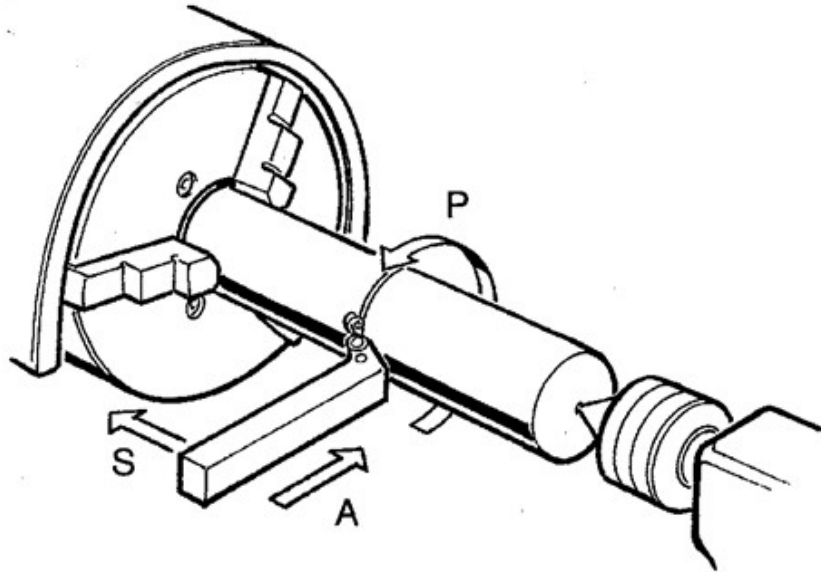
laakerivaurioiden korjaus, korvaavien varaosien valmistus, akseleiden tarkastus sekä korjaus ja lukemattomat muut työt.



Kuva 5. Kärkisorvi ja sen pääosat: runko ja johteet (1), karapylkkä (2), ja kara, kärkipylkkä (3), teräkelkka (4), vetokara (5), johtoruuvi (6), vaihteisto ja välityskoneisto (7), käyttömoottori (8), hallinta ja säätölaitteet (9). (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 190.)

4.1 Sorvaamisen periaate

Sorvaaminen on työstömenetelmä, jossa akselinsa ympäri pyörivästä työkappaleesta poistetaan materiaalia johteiden mukaisesti liikkuvan terän avulla. Terän liikkeen ollessa samansuuntainen työkappaleen akselin kanssa puhutaan lieriön sorvauksesta. Liikkeen ollessa kohtisuoraan pyörintäakselia kohti on kyseessä tason sorvaus ja liikkeen ollessa kulmassa pyörintäakseliin nähden on kyseessä kartion sorvaus. Sorvattava kappale siis tekee lastuamisliikkeen ja terä syöttöliikkeen. Sorvaamisen periaate on esitetty kuvassa 6. Kuvassa on myös paljon käytetty kappaleen kiinnitys kolmileukaistukkaan keskiökärjellä tuettuna. (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 10.)



kuva 6. Sorvaamisen periaate. Jossa P = pää- eli lastuamisliike, A = asetusliike ja S = syöttöliike. (Ansaharju & Maaranen 2001, 162)

Pyörähdyskappaleen valmistuksessa on tavallisesti kaksi vaihetta:

1. Rouhintasorvaus, jonka tavoitteena on tehokas aineenpoisto.
2. Viimeistely- eli silityssorvaus, jonka tavoitteena on hyvä pinnanlaatu ja tarkat mitta- sekä muototoleranssit. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 177)

Sorvaamisen onnistumisen ja työturvallisuuden kannalta on oleellista huomioida työstettävän materiaalin ominaisuudet sekä valita sen mukaan soveltuvat työstöarvot, terät asetuksineen, mahdollinen lastuamismest ja työstettävän kappaleen kiinnitys. Lisäksi laivaolosuhteissa tulee huomioida ympäristötekijät kuten mahdollinen merenkäynti, aluksen asento, työstökoneiden tarkkuus, koneen asemointi, resonointi sekä mahdollisesti muut samassa tilassa meneillään olevat työt. Tarkkaa koneistusta tehtäessä tulee ajankohdan valintaan kiinnittää huomiota. Laivalla on käytännössä kuitenkin yleensä mahdotonta päästä samaan mittatarkkuuteen ja pinnanlaatuun kuin konepajoilla.

4.2 Työstöarvot sorvatessa

Oikeiden työstöarvojen määrittäminen eri työvaiheisiin ennen sorvaamista on tärkeää työturvallisuuden, mittatarkkuuden, pinnanlaadun ja terän keston vuoksi. Työstöarvot sorvauksessa ovat lastuamisnopeus (v), pyörimisnopeus (n), syöttö(s) sekä lastuamissyvyys (a).

Lastuamisnopeus (v)

Työstöarvojen määrittäminen on hyvä aloittaa valitsemalla sopiva lastuamis- eli leikkunopeus, joka tarkoittaa nopeutta, jolla terä kohtaa työkappaleen. Yksikkönä käytetään yleensä metriä minuutissa [m/min]. Lastuamisnopeuksille on olemassa useita valmiita taulukoita, joista esimerkkinä taulukko 3, jossa on lastuamisnopeuksia eri kovametalliterälaaduille ja taulukossa 4 on tyypillisiä lastuamisnopeuksia pikaterästeriä käytettäessä. Lastuamisnopeus valitaan taulukosta käytettävän terän sekä työstettävän materiaalin mukaan. Työstäminen vaatii kuitenkin aina leikkunopeuksien soveltamista sillä tulee huomioida myös terän geometria, työkappaleen ominaisuudet ja kiinnitys, työstötapa, lastuamislaitteen käyttö, terän haluttu kestoikä sekä sorvin tukevuus ja suorituskyky. Nykyaikaisia teräpaloja käytettäessä lastuamisnopeudet löytyvät yleensä myös terälaatikosta. Lisäksi terän valmistajat jakavat monipuolista tietoa viimeisimmistä työstöarvoista ja suosituksista.

Työstettävä aine	Suomal. standardimerkintä	Brinell-kovuus HB n.	Veto-lujuus N/mm ²	Lastuamisnopeus				
				P 10	P 20	P 30	P 40	
Hiiliteräs	0,15	Fe37	120	370	160–300	120–250	100–200	60–150
Hiiliteräs	0,35	Fe50	140	500	120–250	100–200	80–150	60–100
Hiiliteräs	0,45	Fe60	170	600	100–225	80–150	60–120	50–80
Hiiliteräs	0,60	Fe70	200	700	80–200	60–150	40–100	40–80
Hiiliteräs	0,80	SFS 906	235	800	60–150	50–120	30–70	30–50
Hiiliteräs	1,00	SFS 913	265	900	60–150	50–120	30–70	30–50
Työkaluteräs		SFS 917	240		60–120	50–100	30–70	30–40
Ruostum. teräs		–	200	800			100–120	40–90
Pintakark. teräs		–	200	700	80–200	60–120	50–110	40–50
Nuorrutusteräs		–	240	800	70–150	50–120	40–100	30–40
						K 10	K 20	K 30
Valurauta			200		60–150	50–120	40–100	
Kupari						100–400	100–400	
Messinki						200–400	150–350	
Kevytmetalli						400–1 000	300–800	

Taulukko 3. Lastuamisnopeuden ohjearvoja kovametalliterillä sorvattaessa. (Ansaharju & Maaranen 2001, 221.)

Taulukossa 3 on annettu lastuamisnopeudet myös eri kovametalliterälaaduille, näistä tarkemmin jäljempänä sorvinterälaatujen yhteydessä.

Työstettävä aine	Brinell-kovuus HB n.	Lastuamisnopeus m/min
Teräs	150–300	30 – 90
Valurauta	150–200	20 – 60
Kova ja hauras messinki		20 – 50
Pronssi, Kupari, Alumiini		30 – 80
Muovit		60 –120

Taulukko 4. Lastuamisnopeuden ohjearvoja pikaterästerillä sorvattaessa. (Ansaharju & Maaranen 2001, 222.)

Pyörimisnopeus (n)

Pyörimisnopeus määräytyy valitun lastuamisnopeuden sekä sorvattavan kohdan halkaisijan mukaan ja voidaan joko laskea (yhtälö 2) tai katsoa nomogrammeista. Pyörimisnopeuden yksikkönä käytetään yleensä kierroksia minuutissa [$1/min$]. Harvoissa sorveissa on kuitenkin portaaton pyörimisnopeuden säätöä, joten nopeudeksi asetetaan lähin alempi saatavilla oleva pyörimisnopeus.

Pyörimisnopeus n saadaan yhtälöllä 2.

$$n = \frac{v}{\pi \times D} \quad (2)$$

jossa	n	pyörimisnopeus	[$1/min$]
	v	lastuamisnopeus	[m/min]
	D	sorvattava halkaisija	[m]

Mikäli tarvittavia taulukoita ei ole saatavilla, voidaan suuntaa antava pyörimisnopeus määrittää oheisten muistisääntöjen avulla.

”Nyrkkisääntö” pyörimisnopeus sorvattaessa kovametalliterillä.

$$n[1/min] \sim \frac{30000}{\varnothing[mm]}$$

”Nyrkkisääntö” pyörimisnopeus sorvattaessa pikaterästerillä

$$n[1/min] \sim \frac{6000}{\varnothing[mm]}$$

Syöttö (s)

Syöttö eli matka, jonka terä liikkuu yhdenkarankierroksen aikana, määräytyy lastuamisnopeuden, koneen suorituskyvyn, käytettävän terän, työstettävän materiaalin, halutun mittatarkkuuden, työstötavan (rouhinta vai silityssorvaus), pinnanlaadun ja kappaleenkiinnityksen mukaan. Syöttö valitaan yleensä yhdessä lastuamissyvyyden kanssa. Lastuamissyvydellä tarkoitetaan sitä matkaa, jonka terä siirtyy kappaleen pinnasta sisäänpäin. Syötön (s) ja lastuamissyvyyden (a) suhde (s:a) on tärkeä, jotta lastu taipuisi helposti rintapintaa vasten. Suhteeksi suositellaan s:a= 1:6...1:10. Esimerkiksi, jos lastuamissyvydeksi valitaan 3 mm tulisi syötön olla tapauksesta riippuen välillä 0,5...0,3 mm. Viitteellisinä ohjearvoina syötölle voidaan pitää rouhinnassa 0,2...1,0 mm. ja viimeistelyssä 0,1...0,3 mm. Huomioitavaa on myös että syöttö saa olla korkeintaan 80 % käytettävän terän nirkon säteestä. Nirkon säteestä on kerrottu tarkemmin luvussa 4.3 Työkalut sorvatessa. (Raivio 1977, 63-67; Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 45,47,50-52; Ansaharju & Maaranen 2001, 219-224.)

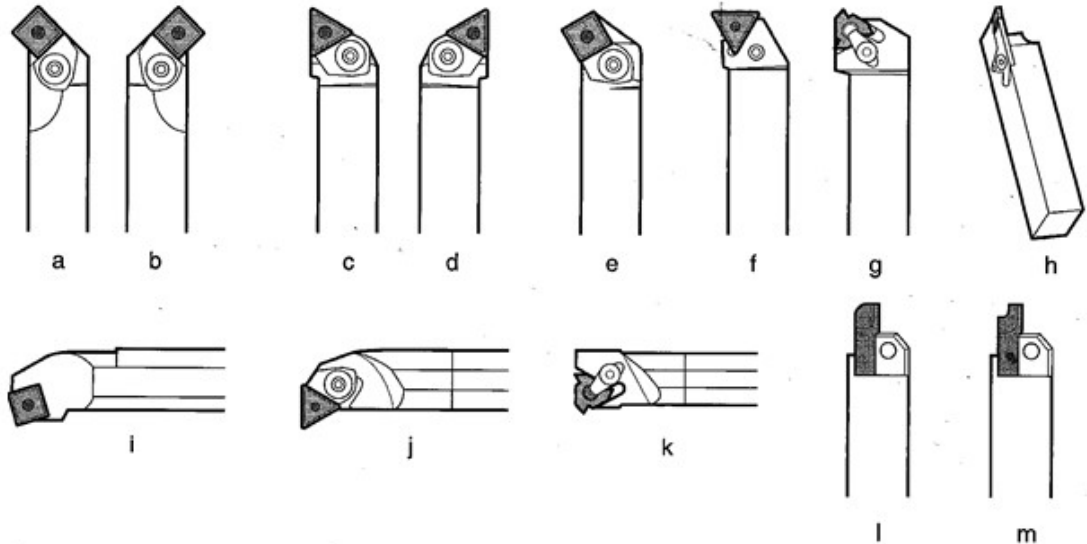
4.3 Työkalut sorvatessa

Sorvauksessa on erilaisten terien lisäksi paljon muitakin työkaluja ja varusteita helpottamaan erilaisissa työstötehtävissä. Laivoillakin on usein runsaasti sorvin mukana tulleita apuvälineitä, joita ei kuitenkaan paljon käytetä. Tämä johtuu useimmiten tietotaidon puutteesta. Tässä osiossa käsitellään tavallimmat sorvinterät soveltuvuuksineen sekä muut yleiset sorvin työkalut ja niiden käyttö sekä erilaisten kappaleiden turvallinen kiinnitys sorviin.

4.3.1 Sorvin terät

Sorvissa käytettävien terien muoto- ja materiaalivalikoima on laaja eri käyttötarkpeiden mukaan. Tavallisesti kuitenkin laivan terävalikoima nykyään perustuu valtaosin sintrattuihin kovametallisiin kääntöpalateriin, joille on perusteränpitimet. Perusteränpitimiin voidaan lukea seuraavat pitimet, rouhintaterälle ja veitsiterälle niin pinta kuin myös sisäsorvaukseen sekä lisäksi pisto- eli katkaisuterälle. Laivoilla on usein myös työstökoneen mukana tulleita vanhempia terävarsia, joissa on kovametallinen teräpala juottamalla kiinni. Nämäkin ovat varsin käyttökelpoisia, vaikka ne vaativat teroittaessa teräkulmien tuntemista sekä sopivia hiontatyökaluja. Lisäksi mainittakoon niin kutsutut säästöpalate-

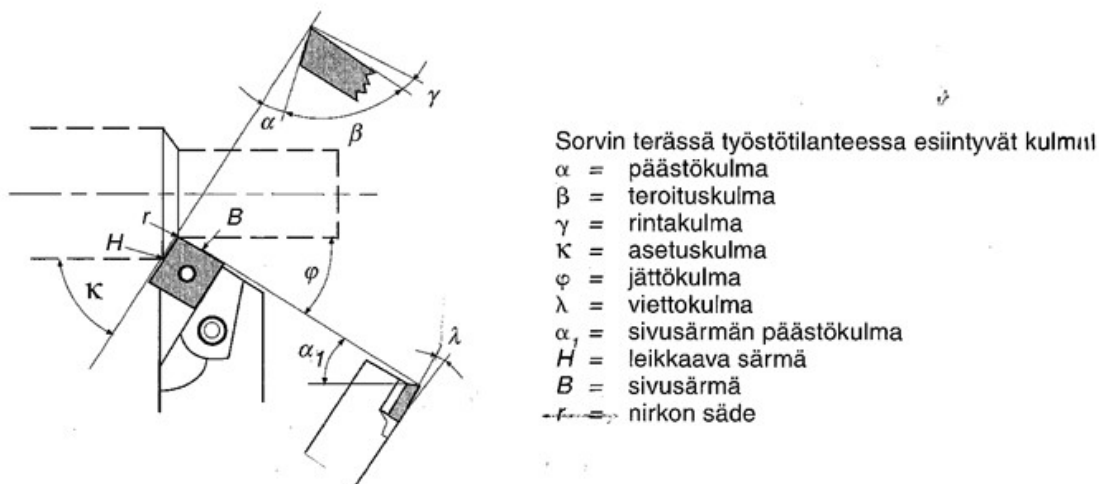
rät, jotka ovat käytännössä erikokoisia pikateräsaihoita, joista voidaan valmistaa teriä moneen eri käyttötarkoitukseen tarpeen mukaan. Esimerkiksi mikäli laivalla ei ole tiettyä kierreterää saatavilla, voidaan se melko nopeasti tehdä pikateräsaihiosta, kuten myös erilaiset muototerät ja muut erikoisterät. Kuvassa 7 on tavallisimpia terävarsimalleja vaihdettavalla teräpalalla.



Kuva 7. Perusterämalleja. a) Oikeakätinen rouhintaterä, b) Vasenkätinen rouhintaterä, c) Oikeakätinen veitsiterä, d) Vasenkätinen veitsiterä, e) Oikeakätinen tasoterä, f) Oikeakätinen pääterä, g) Oikeakätinen kierreterä, h) Katkaisuterä eli pistoterä, i) Oikeakätinen sisäpuolinen rouhintaterä, j) Oikeakätinen sisäpuolinen veitsiterä, k) Oikeakätinen sisäpuolinen kierreterä, l) Oikeakätinen sädeterä sisänurkalle, m) Oikeakätinen sädeterä ulkonurkalle. (Ansaharju & Maaranen 2001, 177.)

Teränkulmat

Teränkulmien ja niiden vaikutuksen tunteminen on erityisen tärkeää, kun tehdään uutta terää pikateräksestä, mutta hyödyllistä myös valittaessa soveliainta terää kuhunkin työstökohteeseen. Tärkeimpiä teräkulmia ovat rintakulma, päästökulma, teroituskulma, asetuskulma, jättökulma ja kärkikulma, jotka esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Perusterän geometria (Keinänen & Kärkkäinen 2006, 106.)

Terägeometria muodostuu teräankulmista. Terän eripintojen sekä terän ja kapaleen väliset kulmat vaikuttavat oleellisesti lastunhallintaan, terän kestoon sekä lopputulokseen. Näin ollen niihin tulee kiinnittää huomiota terää valittaessa ja ennen kaikkea, jos terä tehdään itse. Mikäli lastuttavuudessa ilmenee ongelmia, tulee miettiä mitä teräankulmaa pitäisi muuttaa. Seuraavassa on erinäisten teräankulmien vaikutuksesta työstöön. (Ansaharju & Maaranen 2001, 176-180.)

Rintakulma (γ)

Suurella positiivisella rintakulmalla saadaan parempi lastunmuodostus, pienemmät työstövoimat ja konetehontarve mutta se heikentää terän mekaanista kestävyttä ja soveltuu lähinnä viimeistelysorvaukseen pitkälastuisille raaka-aineille. Pieni tai negatiivinen rintakulma toimii päinvastoin eli pidentää terän mekaanista kestävyttä mutta vaikeuttaa lastunmuodostumista saaden aikaan suuremmat työstövoimat sekä konetehontarpeen ja soveltuu lähinnä rouhintasorvaukseen lyhytlastuisille raaka-aineille. (Ansaharju & Maaranen 2001, 176-180.)

Päästökulma (α)

Suuri päästökulma aiheuttaa pienemmän kitkan mutta heikentää terän mekaanista kestävyttä ja soveltuu lähinnä viimeistelysorvaukseen pehmeille raaka-aineille. Pieni päästökulma parantaa terän mekaanista kestävyttä mutta aiheuttaa suuremman kitkan ja sopii lähinnä rouhintasorvaukseen koville raaka-aineille. (Ansaharju & Maaranen 2001, 176-180.)

Teroituskulma (β)

Teroituskulma määräytyy rintakulman ja päästökulman mukaan, siten että mitä suurempia ne ovat, niin sitä pienempi on teroituskulma. Pienellä teroituskulmalla terä tunkeutuu raaka-aineeseen hyvin ja lastuaminen on kevyttä mutta samalla myös terä murtuu helpommin. (Ansaharju & Maaranen 2001, 176-180.)

Asetuskulma (κ)

Suuri asetuskulma saa aikaan suuremman lastunpaksuuden, eikä synnytä tärinää kovinkaan helposti, mutta rasittaa pääsärmää ja heikentää lämmön johtumista pois terän nirkosta. Pieni asetuskulma saa aikaan ohuempia lastuja ja jakaa rasituksen pidemmälle teräsärmänosalle mutta työstövoimien vaikutuksesta työkappaleeseen kohdistuu enemmän taivuttavia voimia ja vaatii näin ollen tukevan työkappaleen sekä kiinnityksen. Tämä soveltuu etenkin rouhintasorvaukseen. (Ansaharju & Maaranen 2001, 176-180.)

Jättökulma (φ)

Suuri jättökulma heikentää terää, kun taas liian pieni jättökulma aiheuttaa kitkaa sekä mahdollisesti myös tärinää. (Ansaharju & Maaranen 2001, 176-180.)

Nirkon säde (r)

Terän kärjen pyöristys, eli nirkon säde, on tärkeä terän keston kannalta ja myös sorvattaessa olakkeellisia akseleita, joissa terävä nurkka heikentää rakennetta huomattavasti. Tavallisesti nirkon säde on välillä 0,2...2,4mm. Suuri nirkon säde parantaa terän kestoa mutta aiheuttaa helposti värinää, kun taas pieni nirkon säde heikentää terän kestoa mutta lastuaa keveämmin. Nirkon säde valitaan työstettävän aineen, kappaleen muodon, kiinnityksen ja työtyön mukaan. (Keinänen & Kärkkäinen 2006, 133; Ansaharju & Maaranen 2001, 35.)

Terämateriaalit

Yleisimmät terämateriaalit ovat pikateräs, pinnoitettu pikateräs, kovametalli, pinnoitettu kovametalli, keraamit ja timantti. Käytännössä terämateriaalin valinta on aina kompromissi kovuuden ja sitkeyden väliltä. Kovametalliterät ovat

nykyään käytetyimpiä ja niiden kehitys on jatkuvaa, mutta ideaalinen teräaine silti yhä odottaa kehittäjäänsä. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1995, 148-149.) Myös valtaosalla laivoilla käytetyistä teristä on nykyään erilaisia vaihdettavia kovametalliteräpaloja. Kuitenkin myös pikaterästerillä on edelleen käyttökohteensa. Pikaterästerän teroitus onkin siksi myös hyvä osata.

Kovametallit

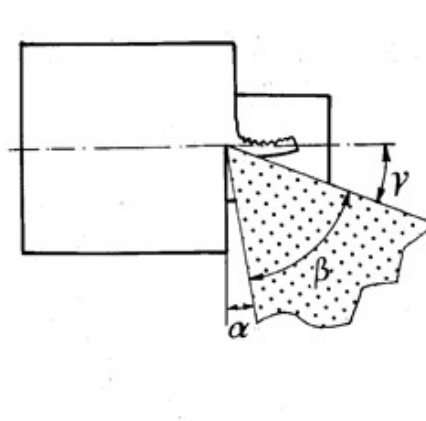
Pääosin käytetyimmät kovametalliterät ovat nykyään ISO-normin mukaisia kääntöpalateriä, jotka kiinnitetään mekaanisesti terävarteen. Näitä teräpaloja ei teroiteta vaan teräpalasta käännetään uusi leikkaava särmä kuluneen tilalle. Kovametalliterät säilyttävät ominaisuutensa vielä lähes tuhannen celsiusasteen lämpötiloissa ja siten sallivat myös suuret lastuamisnopeudet. Kovametalli ei kuitenkaan kestä isku- ja värinärasitusta yhtä hyvin kuin esimerkiksi pikateräs. Kovametalliterät sallivat kuitenkin huomattavasti suuremmat leikkuunopeudet kuin pikateräs. Teräpalat on jaettu kansainvälisen ISO-normin mukaan kolmeen pääryhmään ominaisuuksien ja käyttökohteiden mukaan, josta tarkemmin taulukossa 5. (Ansaharju & Maaranen 2001, 30-32.) Vanhemmat kovametalliterät, joissa kovametallipala on kovajuotteella kiinnitetty teräksiseen terävarteen, voidaan teroittaa piikarbidihiomalaikalla ja viimeistellä timanttilaikalla. (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 28.) Teroittaessa voidaan soveltaa teroitushjeita, jotka liittyvät pikaterästerän valmistamiseen, tästä pikaterästerien yhteydessä tarkemmin.

		KÄYTTÖALUEET				
		ISO	Työstettävät materiaalit	Työstöolosuhteet		
Syöttö Lastuamisnopeus	P Pitkälaskuinen teräs	P 01 P 10 P 20 P 30 P 40 P 50	Teräs Teräsvalu Niukkaseosteinen teräsvalu	Viimeistely sorvaus Kopiosorvaus/kierteet Jyrsintä Sorvaus/Jyrsintä Sorvaus automaateissa	Sitkeys Kulumiskestävyys	
	M ei rautametallit, lyhyt- ja pitkä lastuinen teräs	M 10 M 20 M 30 M 40	Teräs Teräsvalu Mangaaniteräs Seostamaton teräs Ei rautametallit Ruostumaton teräs	Sorvaus Sorvaus/Jyrsintä Sorvaus/Jyrsintä Sorvaus automaateissa		
	K Teräs ei rautametallit Ei metalliset raaka-aineet	K 01 K 10 K 20 K 30 K 40	Kova valurauta, muovi keramiikka, kvartsi Kupari, keinohartsi, kivi Messinki, kupari, alumiini Kova puu Pehmeä/kova puu	Sorvaus Sorvaus/Jyrsintä/Poraus Sorvaus/Jyrsintä Sorvaus/Jyrsintä Sorvaus/Jyrsintä		

Taulukko 5, Kovametallisten teräspalojen käyttöalueet. (Ansaharju & Maaranen 2001, 32.)

Pikateräs (HSS)

Yleisesti käytettyihin teräaineisiin lastuamisessa kuuluu myös pikateräs. Tavallisimmin sorvattaessa pikaterästerällä puhutaan ns. säästöpalloista. Säästöpalat ovat läpikarkaistuja, hiottuja ja määrämittäisiä teräihioita. Säästöpalasta tehdään terä hiomalla haluttu terämuoto säästöpalan päähän, jonka jälkeen se kiinnitetään sopivaan terävarteen. Käytetyimpiä pikaterästerät ovat erikoisterinä kuten muoto- ja kierreterinä. Pikateräksestä on myös helpohko tehdä paremminleikkaava erikoisterä tietyille materiaaleille, mikäli kovapala valikoimista ei sopivaa löydy. Taulukossa 6 on ohjeellisia teräkulmia erimateriaaleille. Hyvälaatuinen pikaterästerä säilyttää ominaisuutensa vielä noin 600 celsius-asteen lämpötilassa ja sallii lastuamisnopeutena teräksentyöstössä 40...60 m/min. (Ansaharju & Maaranen 2001, 33; Raivio 1977, 39.)



Työstettävä aine		α	β	γ
Teräs	Fe37—50	8°	67°	15°
Teräs	Fe50—70	8°	74°	8°
Ruostumaton teräs		8°	67°	15°
Valurauta	< 175 HB	8°	74°	8°
Valurauta	175—250 HB	7°	77°	6°
Valurauta	> 250 HB	6°	84°	0°
Messinki	< 150 HB	10°	68°	12°
Messinki	> 150 HB	8°	76°	6°
Pronssi	< 150 HB	8°	72°	10°
Pronssi	> 150 HB	7°	78°	5°
Kupari		10°	50°	30°
Alumiini		10°	40°	40°
Alumiiniseokset		10°	50°	30°
Magnesium		10°	50°	30°
Puu		10°	40°	40°

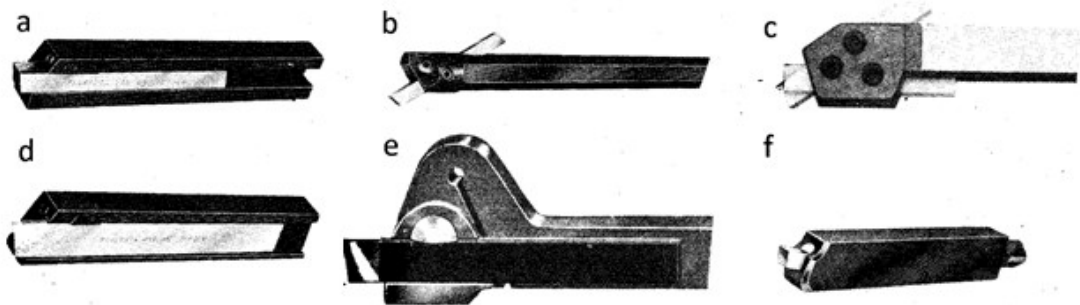
Taulukko 6. Pikaterästerän teräkulmat erimateriaaleja työstettäessä (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 30.)

Terän valmistaminen pikateräsaihiosta

HSS pikateräsaihiot ovat verrattain huokeita ja niitä on useita erikokoja, esimerkiksi neliötankoaihiota väliltä 4x4x80mm...20x20x100mm sekä pistoteriä on yleisesti saatavilla. Pikateräsaihiosta tehty terä kiinnitetään tavallisesti erityiseen säästöterän pitimeen. Kuvassa 9 on esitetty tyypillisiä säästöterän pitimiä. Rakenteeltaan yksinkertaisen teränpitimen voi valmistaa myös itse sekä tarvittaessa säästöpalan pystyy myös hitsaamaan rakenneterävarteen kiinni. (Raivio 1977, 39.) Ennen kuin terää aletaan hioa, tulee tuntea teränkulmat vaikutuksineen. Teränkulmat on esitetty kuvassa 8. Kuvan jälkeisessä tekstissä on myös kerrottu teränerikulmien vaikutuksesta työstöön. Lisäksi tulee huomioida työstettävän materiaalin tuomat vaatimukset terälle, joista taulukossa 6. *Työstettävän materiaalin vaikutuksesta terän muotoon voidaan ”nyrkkisääntönä” todeta, että mitä pehmeämpi ja sitkeämpi on työstettävä materiaali, sitä terävämpi terä tarvitaan lastuamiseen. Ja päinvastoin, kovaa ja haurasta materiaalia lastuaa parhaiten tylpempi terä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että pehmeälle ja sitkeälle materiaalille käytetään suurta rintakulmaa ja pientä teroituskulmaa. Kovilla ja haurilla materiaaleilla käytetään pientä rintakulmaa. Jopa 0° tai negatiivinen ja teroituskulma voi olla 90° tai ylikin.* (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 25.) Esimerkiksi nylonin työstäminen onnistuu usein paremmin pikateräksestä tehdyllä terällä, jossa on sopivat kulmat, kuin metallin työstöön tarkoitettulla peruskovametalliterällä. Terän hiontaan käytetään yleensä penkkihiomakonetta, jossa on alumiinioksidikivi. Hiottaessa tulee huomioida mm. seuraavat seikat:

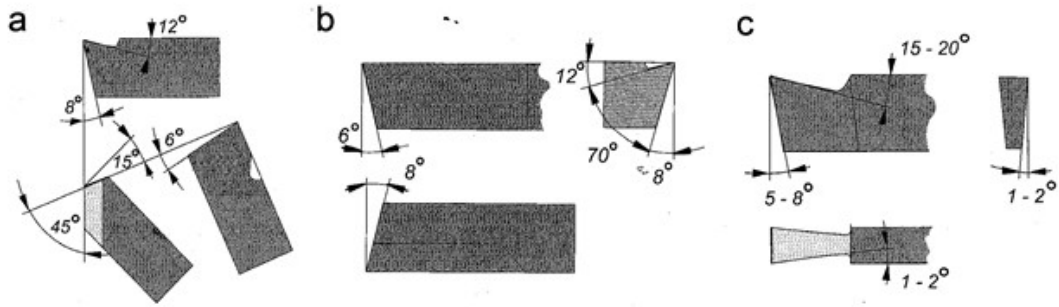
- Kiven kunto tulee tarkistaa ja mikäli kivessä on heittoa, tukkeumia, tai epätasaisuuksia, tulee kivi oikaista ennen hionnan aloittamista.
- Hionnan aikana tulee teräaihiota jäähdyttää ja välttää terän liika kuumenemista sillä se aiheuttaa terässä päästöä. Tämä tulee erityisesti huomioida lastuamissärmän kohdalla (sinertävä väri hiontapinnalla on merkki ylikuumentumisesta).
- Mikäli pikateräsaihiossa on paljon materiaalia poistettavana haluttuun lopputulokseen pääsemiseksi, on käytäntö osoittanut hyväksi vaihtoehdoksi terän esimuotoilun kulmahiomakoneella, johon on kiinnitetty erityisohutkatkaisulaikka.
- Varsinainen terän esihionnin aloitetaan käyttämällä laikan kehää joka on tehokkain materiaalin poistoon. Samalla myös laikan sivut pysyvät kauemmin suorina.
- Hiottaessa tulisi käyttää vastahiontaa sillä se vähentää leikkuusärmän ylikuumentumista, jäysteen muodostumista sekä terän murenemisen vaaraa.
- Terää tulee kuljettaa hiottaessa tasaisesti edestakaisin koko käytettävän hiomapinnan alueella. Tällöin hiomalaikka kuluu tasaisemmin ja myös terän ylikuumentumisen vaara pienenee.
- Terän rinta- ja päästöpinnot hiotaan hiomakiven sivupinnalla.
- Viimeistelyssä hiotaan ensin rintapinta ja sen jälkeen päästöpinnot, viimeisenä nirkon säde.
- Terä viimeistellään hienorakeisella käsihiomakivellä tai timantilla.

(Raivio 1977, 60-62; Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 26-27)



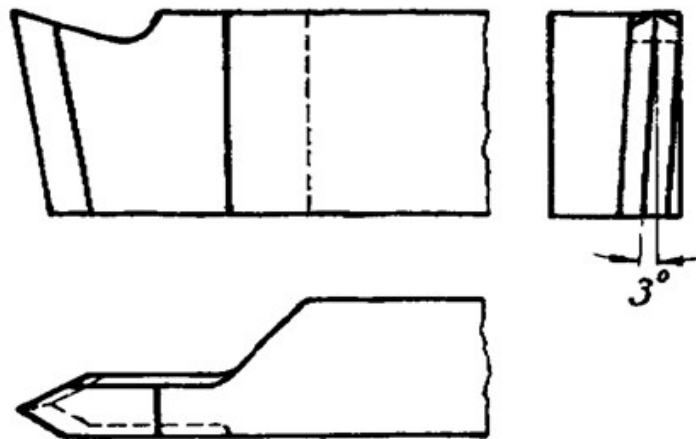
Kuva 9. Pikaterästerien teränvarret. a) Nelikulmaisen säästöteränpidin, ruuvi- ja kiilakiinnitys terälle, b) SisäSORVAUSTERÄN pidin, c) Nelikulmaisen säästöterän pidin, ruuvikiinnitys, d) Pistoteränpidin, jäykkä, e) Pistoteränpidin, joustava, f) Nelikulmaisen säästöteränpidin, ruuvi- ja kiilakiinnitys. (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 31.)

Seuraavassa kuvassa 10 on esitetty perusterämallien hionta pikateräsaihioon. Kuvassa on myös ohjeelliset teräkulmat kyseisille terille.



Kuva 10. Tavallisimpien terämallien hionta. a) Rouhintaterä b) Veitsiterä c) Pistoterä (Maaranen, Koneistustekniikka Oppikirja 2002, 63-64.)

Kuvassa 11 on esitetty tavanomaisen terävän kierteen sorvausterän muoto. Terän kärjen kulma määräytyy kierteen mukaan. Esimerkiksi metrisen kierteen kulma on 60° , tuumaisilla 55° ja teränkärjen muotoa muuttamalla voidaan tehdä esimerkiksi trapetsikierteelle terä, jossa kyseinen kulma on tavallisesti 30° . Muut kulmat terässä seuraavasti, Päästökulman ollessa $10 \dots 12^\circ$ jätetään rintakulma vastaavasti pienemmäksi. Terän edellä kulkevan kyljen päästökulma on $5 \dots 6^\circ$ ja kärkisärmä on 3° viistossa kierreuran suuntaisesti eli suunnan määrää tehdäänkö terä oikea- vai vasenkätiselle kierteelle. Leikkaavan kärjen muoto ja kulma tarkistetaan terätulkin avulla. Tarvittaessa tähän voidaan soveltaa myös kierrekampaa. (Raivio 1977, 174.)



Kuva 11. Terävänkierteen terä. (Raivio 1977, 174.)

Keraamit

Keraamisia teräaineita kutsutaan keraameiksi ja ne ovat alumiinioksidipohjaisia aineita. Keraamit kehittyvät ja yleistyvät teollisuudessa voimakkaasti erityisesti valuraudan ja kovien terästen työstämisessä. Keraamistenterien suurin etu on hyvä lämmönkestävyys, jonka johdosta niillä voidaan lastuta jopa kol-

minkertaisilla nopeuksilla verrattuna kovametalliteriin. Keraamiset terät ovat kuitenkin verrattain hauraita ja vaativat siten myös tukevat työstöolosuhteet. (Ansaharju & Maaranen 2001, 34; Raivio 1977, 149)

Timantti

Timanttiterät soveltuvat lähinnä hienotyöstöteriksi. Lastuamiseen käytetyt timantit ovat joko luonnontimanteista eroteltuja teollisuustimantteja tai keinotimantteja. Timantti kestää hyvin korkeita lämpötiloja ja näin ollen myös suuria lastuamisnopeuksia. Timanttiterät ovat kuitenkin hauraita ja vaativat tukevat työstöolosuhteet sekä pienet syötöt ja lastuamissyvyydet. (Raivio 1977, 149.) Nykyään käytetyin timanttiterä on komposiittiterä, jossa timanttipartikkelit on sintrattu yhteen metallisella sideaineella. Näitä teriä käytetään lähinnä ei-rauta-aineiden työstöön sekä runsaalla lastuamisnesteellä myös titaanin hienotyöstöön. (Sandvik Coromant)

Terämateriaalit kehittyvät jatkuvasti ja edellä mainittujen lisäksi on saatavilla mm. Cermet teriä, jotka ovat käytännössä kovametalliteriä, joissa kovat hiukaset ovat titaanipohjaisia. Cermet terien seoksella saavutetaan suurempi kulumiskestävyys mutta ne eivät kestä lämpöshokkeja kuten perinteiset kovametalliterät. Cermet-laatuja käytetään sellaisten aineiden lastuamiseen, joissa ongelmana on irtosärmän muodostus, kuten ruostumattomien terästen, pallografiittivalurautojen, niukkahiilisten- ja ferriittisterästen viimeistelytyöstämiseen. Toinen yleistynyt teräpalamateriaali on kuutioboorinitridi. Se soveltuu myös suurille lastuamisnopeuksille ja lisäksi sillä on hyvä sitkeys sekä lämpöshokkien kestävyys. Näitä teriä käytetään lähinnä karkaistujen terästen viimeistelysorvaukseen sekä harmaiden valurautojen suurnopeusrouhintaan. Yleisimmät ja käytetyimmät terämateriaalit ovat kuitenkin edelleen erilaiset pinnoitetut kovametalliterät joita on 80...90 % kaikista lastuavista teristä. Nämä terät ovat myös laivakäytössä usein paras vaihtoehto. (Sandvik Coromant; Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 52-56.)

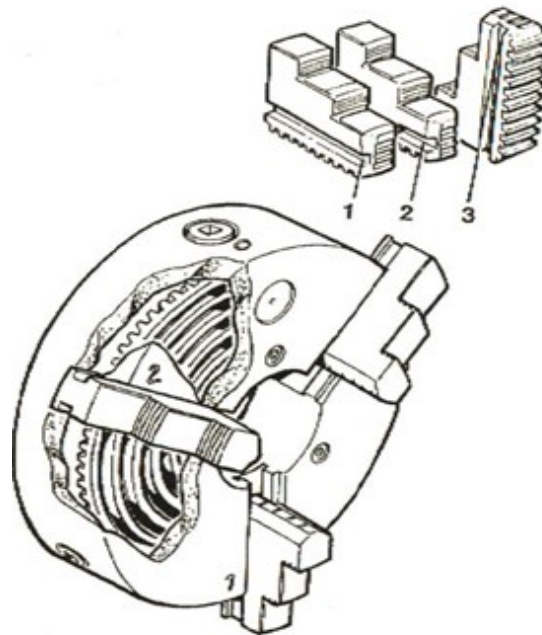
4.3.2 Kappaleen kiinnitys

Työstettävän kappaleen kiinnityksen tulee olla sellainen, ettei kappale pääse irtomaan työstettäessä eikä vaurioita työstettävää kappaletta. Parhaimmillaan kiinnitys on turvallinen, helppo ja nopea suorittaa. Manuaalisesti ohjatussa karkisorvissa eniten käytetään kiinnitystä kolmileukaistukkaan. (Keinänen &

Kärkkäinen 2006, 129.) Kolmileukaistukka kuitenkin soveltuu lähinnä pyöreiden, 6-kulmaisten ja muiden symmetristen kappaleiden kiinnittämiseen. Laivalla korjattavat kappaleet eivät läheskään aina ole symmetrisiä ja työstökoneiden mukana onkin usein tullut myös muita työkaluja kappaleen kiinnittämiseen. Tässä osiossa käydään läpi kaikki tavallisimmat kiinnitysmenetelmät eri kappaleille.

Kolmileukaistukka

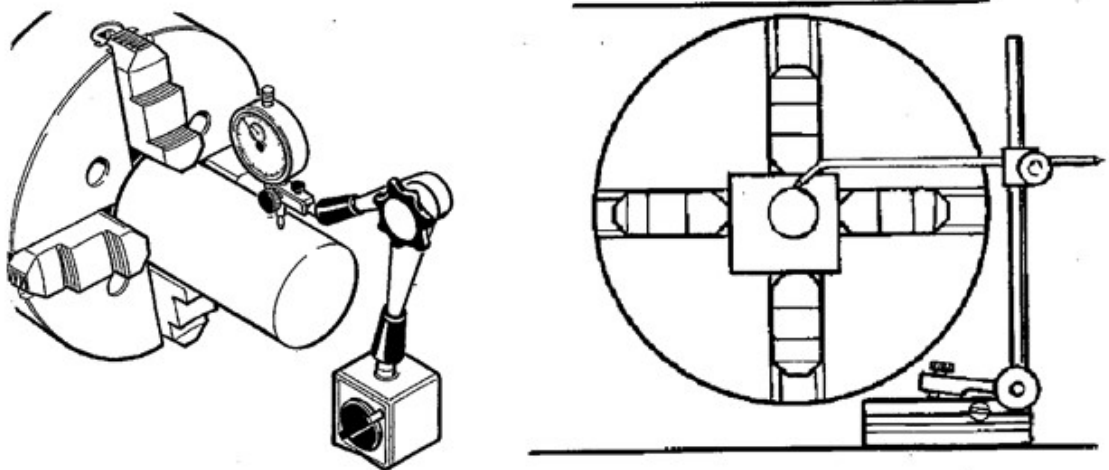
Tavallisimmin työstettävät pyörötangot ja muut symmetriset kappaleet on nopein kiinnittää itsekeskittävään kolmileukaistukkaan, jonka rakenne on esitetty kuvassa 12, kuvassa myös istukan tavallisiin varusteisiin kuuluvat vaihtoleuat. Toiset leuat on tarkoitettu kappaleen kiinnittämiseen ulkopinnalta ja toiset sisäpinnalta. Kiinnitysleuat ja -urat ovat numeroituja ja ne tulee kiinnittää numerorjestyksessä. Poikkeuksena käännettävät leuat, jotka toisinpäin käännettynä menevät päinvastaisessa järjestyksessä. Leukoja vaihdettaessa tulee myös puhdistaa sekä voidella leukojen kiinnityksen kierukkalevy. Istukan keskitystarkkuus riippuu paljon siitä mitä kolmesta kiristystapista käytetään kiristämiseen. Parhaiten keskittävä tappi on yleensä merkitty nollalla tai nuolella. (Raivio 1977, 92-95; Ansaharju & Maaranen 2001, 201-203.)



Kuva 12. Kolmileukaistukan rakenne ja sen vaihtoleuat. (Ansaharju & Maaranen 2001, 202.)

Nelileukaistukat

Useat epäsymmetriset kappaleet voidaan kiinnittää nelileukaistukkaan. Nelileukaistukassa tavallisesti jokainen leuka on säädettävissä erikseen ja näin kappale saadaan keskitettyä esimerkiksi piirtojalkaa tai mittakelloa apuna käyttäen. Kuvassa 13 on esitetty kappaleen kiinnitys nelileukaistukkaan sekä säteisheiton tarkastaminen. Kun säteisheitto on saatu säädettyä, säädetään seuraavaksi aksiaaliheitto. Lopuksi kiristetään leuat ja tarkistetaan molemmat heitot vielä mittakellolla. Tavallisesti nelileukaistukan leuat ovat käännettäviä ja sopivat näin ulkopuoliseen sekä sisäpuoliseen kiinnitykseen. Toisissa nelileukaistukoissa on myös säteensuuntaisia uria, joihin kappale voidaan kiinnittää ruuveilla kuten tasolaikassa. Useisiin istukoihin on myös stanssattu suurin sallittu pyörimisnopeus mitä ei tule ylittää ja lisäksi tulee huomioida kappaleen epätasapaino, jota voidaan vähentää kiinnittämällä istukkaan vastapainoja. Pyörimisnopeus tulee valita aina myös kappaleen kiinnityksen huomioiden. (Raivio 1977, 96-97; Ansaharju & Maaranen 2001, 209-211; Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 38-39.)

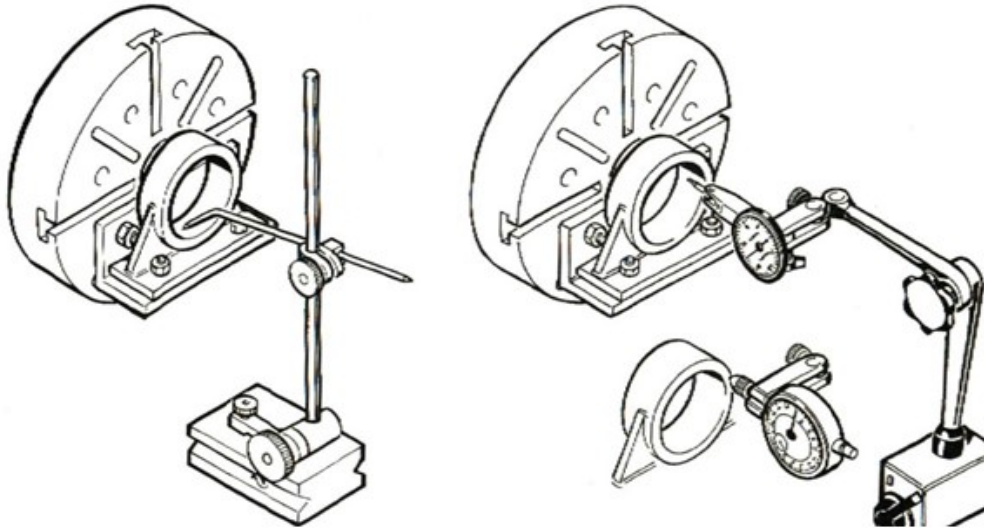


Kuva 13. Kiinnitys nelileukaistukkaan. (Ansaharju & Maaranen, 2001, s. 211)

Tasolaikka

Kappaleille, joita ei muotonsa tai kokonsa vuoksi voida kiinnittää kolmi- tai nelileukaistukkaan, voidaan mahdollisesti käyttää tasolaikkaa. Kiinnittäminen tasolaikkaan on samankaltainen ruuvikiinnitys T-uriiin kuin esimerkiksi pora- ja jyrsinkoneiden pöydissä. Kiinnityksessä voidaan käyttää apuna kiinnitysrautoja, kulmatasoa ja muita sopivia laitteita. Kuvassa 14 on esitetty kappaleen kiinnitys tasolaikkaan sekä säteis- ja aksiaaliheiton tarkastaminen. Tasolaikka

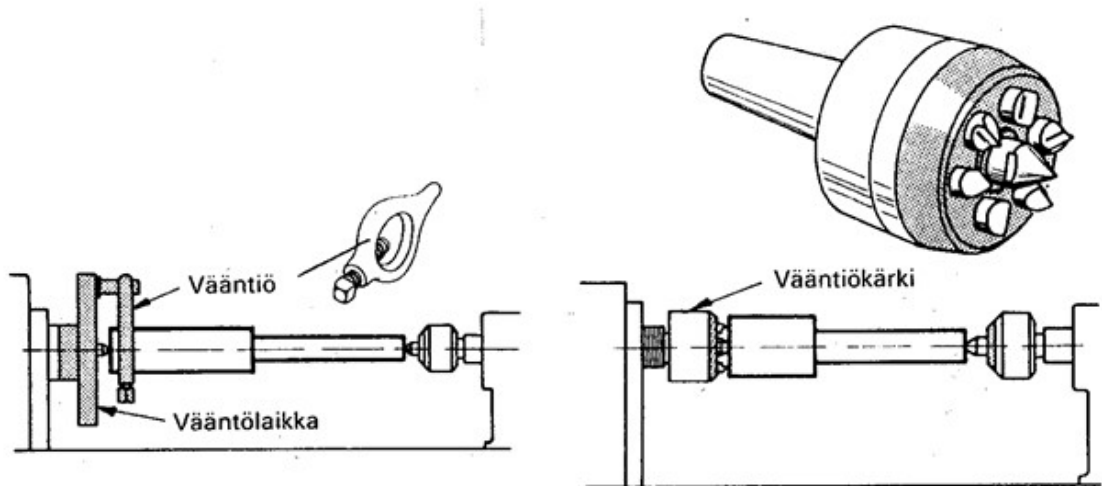
vaatii kiinnityksessä samaa huolellisuutta kuin nelileukaistukkakin kappaleen keskityksen, vastapainojen ja alennetun pyörimisnopeuden suhteen. (Ansaharju & Maaranen 2001, 212; Raivio 1977, 97-100.)



Kuva 14. Kiinnitys tasolaikkaan. (Ansaharju & Maaranen 2001, 213)

Kärkikiinnitys

Ensimmäinen keino kappaleen kiinnittämiseen sorviin oli kärkien väliin kiinnitys, josta myös nimitys kärkisorvi. Sittemmin kolmileukaistukan myötä on kärkikiinnityksen käyttö vähentynyt. Kärkikiinnityksen etuja ovat tarkka ja vaivaton kappaleen irrotus ja uudelleen kiinnitys, josta suurin etu tosin on lähinnä sarjatuotannossa, mutta myös mikäli sorvattua kappaletta joudutaan myöhemmin tarkastamaan tai työstämään. Kärkikiinnitys vaatii keskioreiät työstettävän kappaleen molempiin päihin, jotka tehdään erityisellä keskiöporalla tavallisimmin sorvissa, pylväsporakoneella tai kärkikuoppakoneella. Kuvassa 15 vasemmalla on tyypillinen kiinnitys kärkienväliin, jossa vääntiön avulla siirretään momentti karalta kappaleeseen. Kuvassa oikealla myös vääntiökärki eli vetävä kärki, joka siirtää momentin suoraan kappaleeseen. Tämän avulla koko kappaleen ulkopinta pystytään työstämään yhdellä kiinnityksellä. Tarkemmissa koneistuksissa ja tarkastuksissa tulee kärkien keskitys tarkistaa mittakellon avulla ja tarvittaessa kärjet voidaan hioa supporttihiomakoneella. (Raivio 1977, 86-91; Ansaharju & Maaranen 2001, 208-209; Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 188-189.) Käytettävistä kärjistä on kerrottu tarkemmin jäljempänä tässä luvussa.

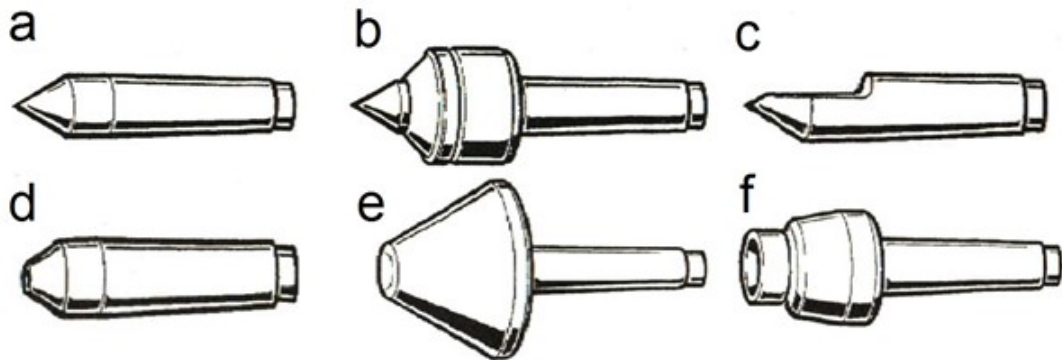


Kuva 15. Kappaleen kiinnitys kärkienväliin. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 188.)

Keskiökärjet

Kärki on tavallisimmin kaksiosainen ja siinä on kiinnitystä varten toisessa päässä morsekartio ja toisessa päässä kappaleen kiinnitystä varten 60° kartio. Kärkiä on erilaisia käyttötarkoituksen mukaan. Kuvassa 16 on esitetty tavallisia kärkiä. Kärjistä kiinteäkärki on tavallisin sorvin vakiovaruste. Kaikki kiinteät kärjet yhdessä keskiöreiän kanssa muodostavat voitelua vaativan laakerin. Voiteluun voidaan käyttää esimerkiksi mineraaliöljyn ja grafiitin seosta, lyijyvalkoisen ja talin seosta sekä tarkoituksen mukaisia valmiita tehdasvalmisteita. Pyöriväkärki on itsessään laakeroitu eikä vaadi erillistä voitelua. Pyöriväkärki on nykyään käytetyin kärki kappaleentukemiseen. Pyöriväkärki voi kuitenkin aiheuttaa haitallista värinää sekä kuluessaan myös heittoa eikä näin ollen ole aina yhtä tarkka kuin kiinteä kärki. Puolikärki on tarkoitettu käytettäväksi ainoastaan, kun työstetään kärkien väliin kiinnitetyn kappaleen päätepin-toja. Puolikärjen käyttöä ei suositella, mikäli terällä on riittävästi tilaa liikkua peruskärkiä käyttämällä. Kuoppakärkeä käytetään lähinnä työkappaleissa, joiden tuettava pää on niin ohut tai terävä, ettei keskiöreiän poraus ole mahdollista. Putkikärkeä käytetään nimensä mukaisesti putkimaisten kappaleiden tukemiseen, joihin ei ole mahdollista tehdä keskiöreikää. Keskiötöntä kärkeä voidaan jossain tapauksissa käyttää putkikärjen tilalla. Kärkien vaatimat keskiöreiät porataan siihen tarkoitetulla standardin mukaisella keskiöporalla. Kappaleen tukeminen keskiökärjen avulla on suositeltavaa lähestulkoon aina kun se on mahdollista. Kärkeä kiinnittäessä tulee myös aina puhdistaa morsekarti-

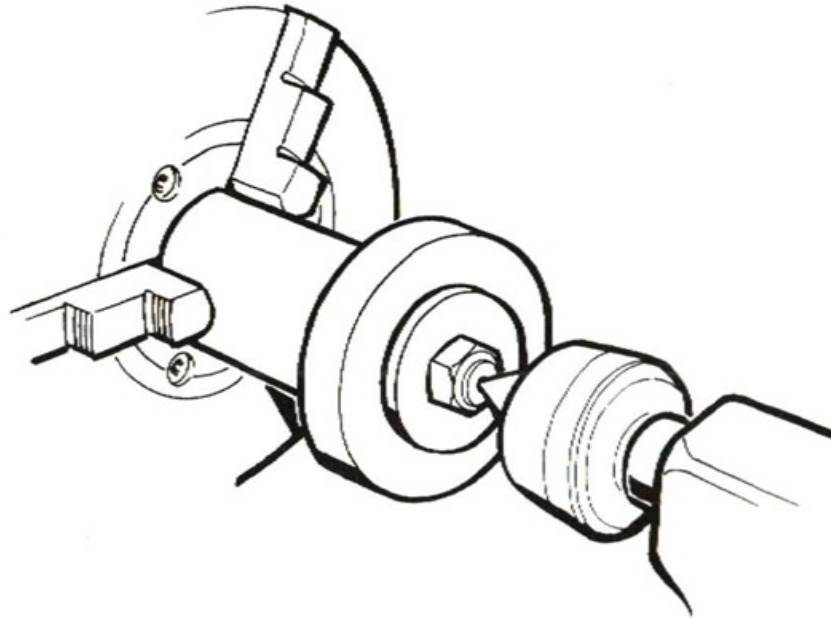
oiden liitospinnat huolellisesti jotta kiinnitys ja keskitys onnistuisivat. (Raivio 1977, 86-90; Ansaharju & Maaranen 2001, 203-204.)



Kuva 16. Tavallisimmin käytössä olevia keskiökärkiä, a) kiinteä kärki, b) pyörivä kärki, c) puolikärki, d) kuoppakärki, e) putkikärki, f) kärki keskiöttömälle työkalukappaleelle. (Ansaharju & Maaranen 2001, 204.)

Tuurnakiinnitys

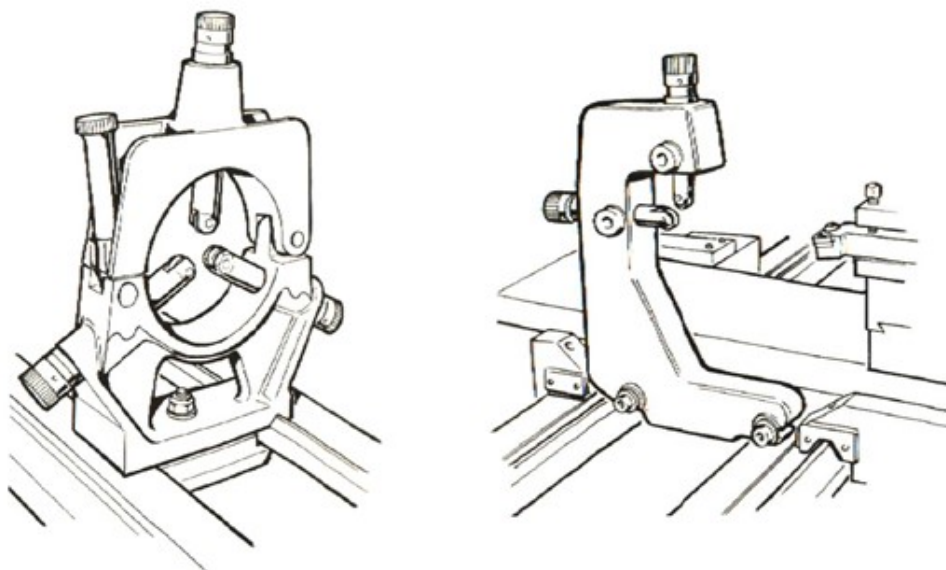
Sorvaustuurnilla saadaan sorvattua laippojen, holkkien ja pyörien ulkopinta ja sivut yhdellä kiinnityksellä samankeskiseksi reiän kanssa. Tuurnat jakautuvat varsituurniksi, jotka kiinnitetään istukkaan ja kärkituurniin, jolloin tarvitaan myös vääntölaikkaa sekä vääntiötä. Tuurnia on saatavilla useita erilaisia kuten paisunta-, kaksikartio- ja kartiomaiset tuurnat. Kuvassa 17 on esitetty tyypillinen istukkaan kiinnitettävä tuurna, johon työstettävä kappale kiinnitetään aluslevyn ja mutterin avulla. (Ansaharju & Maaranen 2001, 205-207; Raivio 1977, 102-104.) Kuvan 17 mukainen tuurna on yksinkertainen valmistaa myös laivoolosuhteissa, tämä tulee kuitenkin kysymykseen lähinnä, mikäli samankaltaisia laippoja on enemmän tai toistuvasti koneistettavana.



Kuva 17. Laippa joka on kiinnitetty varsituurnaan ja tuettu pyörivällä keskiökärjellä. (Ansaharju & Maaranen 2001, 206.)

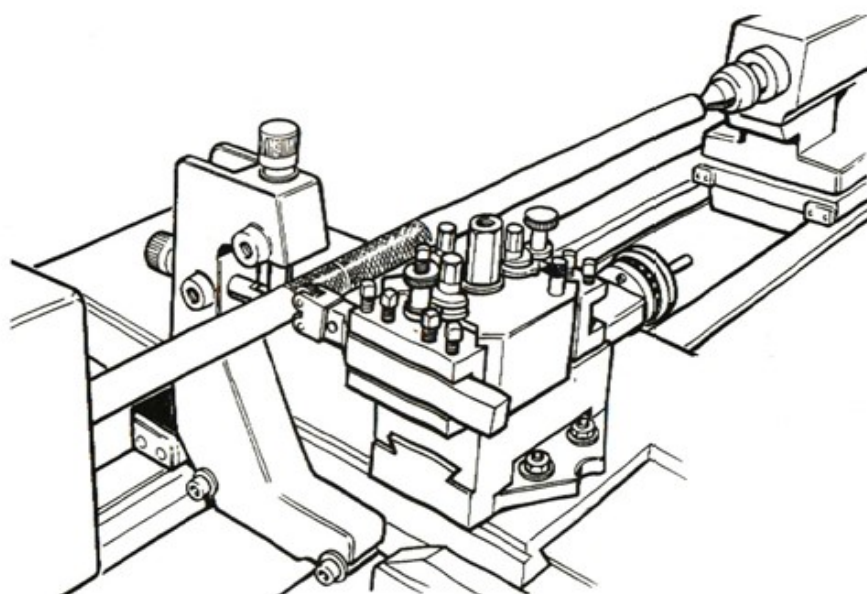
Tukilaakerit

Tukilaakereita käytetään apuna työstettävän kappaleen tukemisessa lähinnä työstettäessä pitkiä ja hoikkia akseleita, jolloin on vaarana kappaleen taipuminen, joka aiheuttaa mm. värinää ja muuttaa kappaleen muotoa. Lisäksi myös tapauksissa joissa, kappale on niin pitkä, ettei sen päähän voida sorvata tai porata reikää ilman tukea. Tukilaakereita on rakenteeltaan kahdenlaisia, jotka on esitetty kuvassa 18. Kiinteä tukilaakeri kiinnitetään sorvin pitkittäisjohteisiin sopivaan kohtaan. Tuettavan kohdan tulee olla pyöreä, sileäpintainen ja heiton. Mikäli akseli on kulmikas tai epätasainen, tehdään akselin päälle tuettavaan kohtaan apulaakeri tai sorvataan kohta sileäksi. Liikkuva tukilaakeri kiinnitetään teräkelkkaan. Mikäli työstettävä aihio on sileäpintainen sekä tasapaksu ja tehdään kierteitä tai pyällystä kiinnitetään tuki kulkemaan terän edellä muutoin terän perässä. (Raivio 1977, 100-102.)



Kuva 18. Tukilaakerit, vasemmalla on kiinteä tukilaakeri ja oikealla liikkuva tukilaakeri. (Ansaharju & Maaranen 2001, 215-216.)

Tukilaakeria käytettäessä tulee työstettävä kappale keskittää tarkasti tukilaakeriin. Jokaisen tukilaakerin laakerikärjen tulee olla yhtä kaukana työkappaleen pyörähdykskeskiöstä. Kärkitukea on suositeltavaa käyttää apuna keskitettäessä mikäli mahdollista, akselin hitaasti pyöriessä säädetään leuat siten, että ne laahaavat kevyesti. Tukilaakereita käytettäessä tulee huolehtia myös laakeripintojen voitelusta. Kuvassa 19 esimerkki pitkän akselin pyölyttämisestä tukilaakeria apuna käyttäen. (Ansaharju & Maaranen 2001, 214-216.)



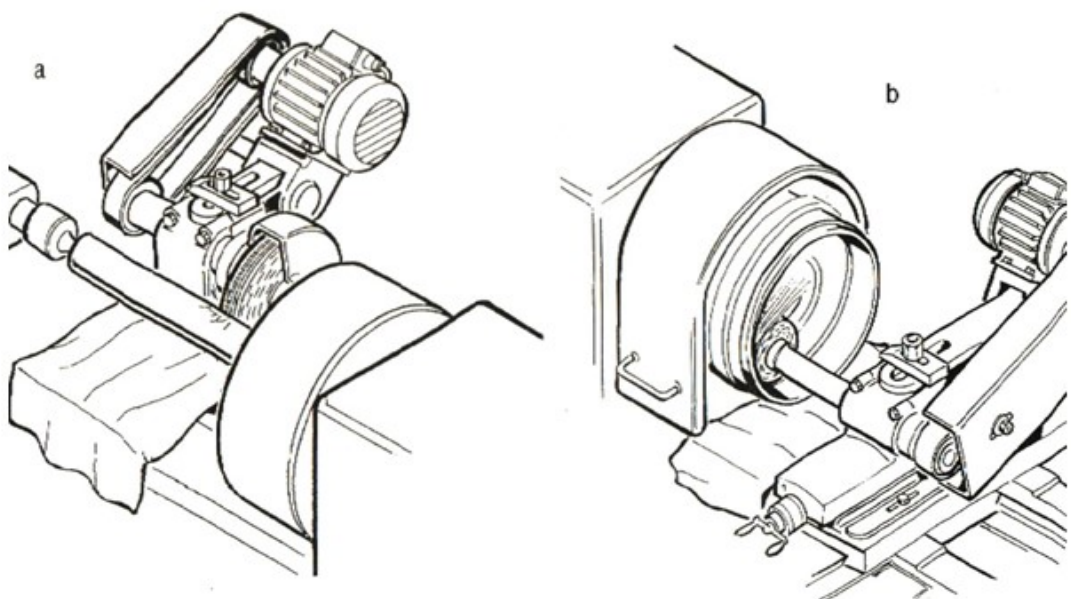
Kuva 19. Tukilaakerin käyttö. (Ansaharju & Maaranen 2001, 214.)

4.3.3 Muut työkalut

Edellä mainittujen lisäksi sorvatussa tarvitaan myös paljon muita työkaluja ja apuvälineitä, joilla olisi hyvä olla oma paikkansa sorvin läheisyydessä. Näistä työkaluista mainittakoon esimerkiksi sorvaukseen tarkoitetut viilat, istukan ja teränpitimen vääntimet, kalvaimet, mittausvälineet, sekä perustyökaluja esimerkiksi terien ja apulaitteiden kiinnitykseen sekä teräkelkan kääntämiseen. On myös useita muita työkaluja, joita sorviin voidaan liittää. Niistä lyhyesti ohessa.

Supporttihilomakone

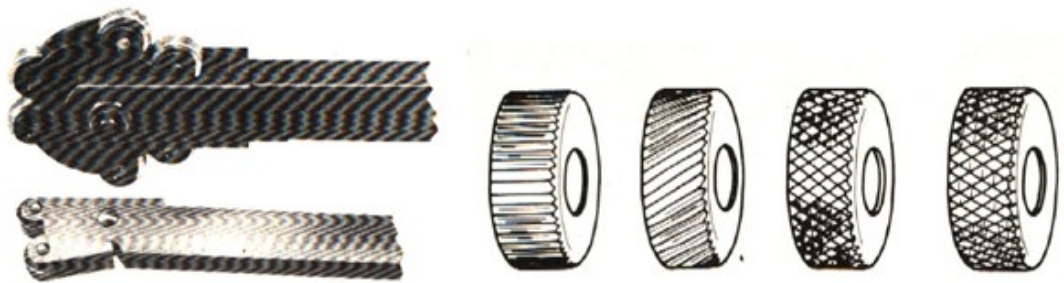
Kärkisorvissa voidaan suorittaa myös hiontaa kiinnittämällä teränpitimeen erityinen hilomakone, jossa on tavallisesti sähkömoottorin tai paineilman voimalla pyörivä hilomakivi. Supporttihilomakoneella voidaan sorvissa suorittaa samankaltaisia hilomatöitä kuin pyöröhilomakoneessa. Sorvissa hiottaessa pääliike, syöttöliike ja asetusliike tapahtuvat hilomakoneella ja työkalu pyöriessään suorittaa ns. pyörösyöttö liikkeen. Ennen kaikkia sorvissa tehtäviä hiontatöitä tulee sorvin johteet ja karanreikä aina suojata huolellisesti. (Ansaharju & Maaranen 2001, 309-311.) Kuvassa 20 on esitetty supporttihilomakoneet a) ulkopuoliseen hiontaan ja b) sisäpuoliseen hiontaan.



Kuva 20. Supporttihilomakoneet. (Ansaharju & Maaranen 2001, 310.)

Pyällystyökalut

Pitävän käsiotteen saamiseksi voidaan esimerkiksi siirtoruuvien lieriökannat, kädensijat ja vastaavat pyältää eli urittaa. Pyällyshehrät halutulla kuviolla kiinnitetään kehränpitimeen ja kehränpidin teränpitimeen. Kehranpitimen varren nivelen keskiö asetetaan hieman työkappaleen keskiön alapuolelle ja vartta käännetään 2...3° siten, että edellä kulkeva syrjä on syvimmällä. Pyälletäessä varsivoima on suuri minkä vuoksi pyältäminen tulisi tehdä mahdollisimman lähellä istukkaa. Pyältäminen aloitetaan painamalla pyällystyökalu n. 3 mm:n leveydeltä niin syväälle että pyällyks tulee kerralla valmiiksi. Mikäli pyällyksen jälki ei ole puhdas, voi virhettä yrittää korjata siirtämällä teräkelkkaa nopeasti edestakaisin lyhyitä 2...3 mm:n matkoja samalla painaen pyällystä keskiöön päin. Pyälletäessä on käytettävä riittävästi voiteluainetta ja kehrien rullat tulee myös voidella. (Raivio 1977, 128-129.) Työstöarvot pyälletäessä ovat, lastausnopeus $v=7-10\text{m/min}$ ja syöttö noin puolet käytettävän pyällyshehrän urajaosta. (Ansaharju & Maaranen 2001, 266)



Kuva 21. Kehranpitimiä ja pyällyshehriä. (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 69.)

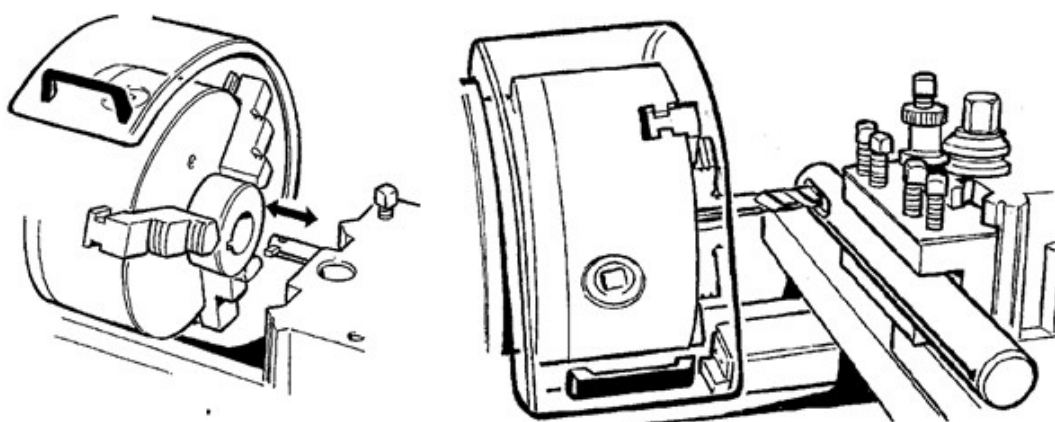
4.4 Muut sorvissa tehtävät työt

Kärkisorvi on monipuolinen työstökone, joka peruspyörähdyskappaleiden valmistamisen lisäksi soveltuu myös moneen muuhun, kuten kappaleiden tarkastamiseen, korjaamiseen, painosorvaukseen ja lukemattomiin muihin töihin. Tässä kappaleessa on tarkoitus esitellä kärkisorvin mahdollisuuksia.

4.4.1 Kiilauran tekeminen

Kiilauran pistäminen reikään: pistämiseen käytetään sisäsorvausterän pidintä, johon on kiinnitetty sopivaksi hiottu pikaterästerä. Terän päästökulman tulee

olla 2...3°. Kiilaurien valmistamiseen tarvittavat työkalut pystytään melko yksinkertaisesti myös tekemään laivalla esimerkiksi vanhasta pikateräsporasta ja akselinpätkästä. Työstettävä kappale kiinnitetään istukkaan ja kappaleen on oltava vasten leukojen pohjaa tai istukan runkoa. Sorvin kara lukitaan pistämisen ajaksi. Terä kiinnitetään teränpitimeen ja säädetään tarkasti työkappaleen keskikorkeudelle. Lastuamisliike suoritetaan pitkittäiskelkalla ja lastunsvyyden asetusliike poikittaiskelkalla kuten vasemmalla kuvassa 22. Terää vedettäessä ulos reiästä tulee se irrottaa työstettävästä kappaleesta, jottei terän suu vaurioituisi.



Kuva 22. Kiilauran työstäminen sorvissa. (Ansaharju & Maaranen 2001, 308-309.)

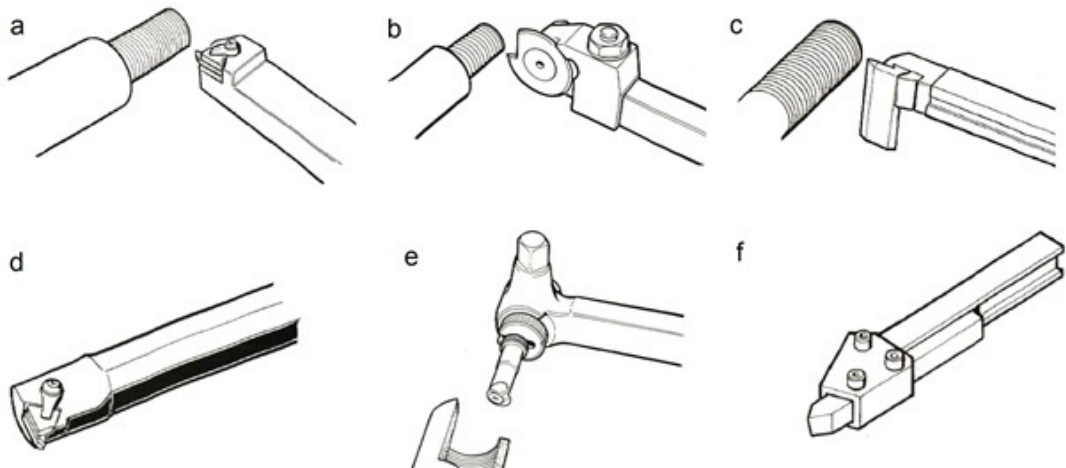
Kiilauran työstäminen akseliin tehdään jrsinnän periaatteella. Työstettävä akseli kiinnitetään terän pitimeen ja keskitetään tarkasti sorvin keskiön mukaan kuten kuvassa 22 oikealla. Sopivan kokoinen tappijyrsin tai lyhyestä poranterästä valmistettu sitä vastaava terä kiinnitetään sorvin istukkaan. Ura työstetään tavallisilla lastuamisarvoilla sorvin karan tehdessä lastuamisliike. Asetusliike suoritetaan pitkittäiskelkoilla ja syöttöliike poikittaiskelkalla.

Kiilauran voi työstää akseliin myös samaan tapaan kuin se pistetään reikään. Tämä sopii etenkin pitkille kiilaurille. Tällöin akseli kiinnitetään pakkaan ja tuetaan kärkituella. Uran alkuun ja loppuun porataan uran leveyttä ja syvyyttä vastaavat reiät. Itse ura työstetään reikien välille samalla tavoin kuin pistettäessä kiilauraa reikään. (Ansaharju & Maaranen 2001, 306-308; Raivio 1977, 130-131.)

4.4.2 Kierteiden tekeminen

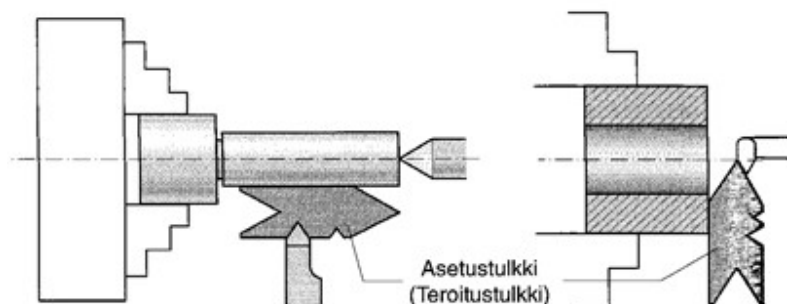
Sorvissa kierteitä tehdään kierretapeilla, kierreleuoilla, kierteityspäillä, kierteityskammoilla, rullauspäillä sekä terällä sorvaamalla. Näistä käytetyimmät ja soveliaimmat laivalle ovat kierretapit ja kierreleuat eli pakat, näillä kierteen teko ja korjaus tosin käytännössä usein rajoittuu kokoon M16.

Kärkisorvilla voidaan kierreterällä sorvata ulko- sekä sisäpuolisia kierteitä, oikea- tai vasenkätisiä, kartiokierteitä ja monipäisiä kierteitä. Sorvilla voidaan käytännössä tehdä lähes mikä vain kierre sorvikohtaisten eri nousuvaihtoehtojen puitteissa. Myös kaikki eri kierreprofiilit saadaan sorvattua sopivalla terällä. Näin ollen myös laivalla saadaan korjattua vialliset kierteet sorvin avulla, etenkin kun huomioidaan, että monissa koneen elimissä käytetyt kierteet ovat suuria eivätkä niin yleisiä, että niille olisi erikseen kierretappia tai pakkaa edes saatavilla. Kierteiden sorvaukseen käytetään nykyään paljon valmiita kovametalli kierreteräpaloja. Hyvänä vaihtoehtona pidän edelleen myös pikaterästeriä (Kuva 23). Pikaterästerillä lastuamisnopeuden ollessa huomattavasti pienempi menee kierteen tekemiseen enemmän aikaa. Tästä on kuitenkin myös hyötyä, siten että kierreterän kuljettua kierteen loppuun on koneistajalla enemmän aikaa pysäyttää kone. Lisäksi pikaterästerän eduksi laskisin loputtomien kierreprofiilien määrän. Kun terä tehdään säästöpalasta, saadaan sopiva terä niin metrisille-, tuumaisille-, trapetsi-, latta- kuin putkikierteillekin. Aiemmassa teeristä kertovassa osiossa on ohjeistus terävän kierteen sorvausterän hiontaan. Kierteensorvaus kuuluu myös konemestareiden näyttötöihin. Ohessa kuitenkin kerrataan kierteen sorvauksen vaiheet.



Kuva 23. Kierreterät, a) Kovametallisella kääntöterällä varustettu ulkopuolinen kierreteriä, b) Pikateräksinen ulkopuolinen kierreteriä, c) Pikateräksinen ulkopuolinen suora kierreteriä, d) Kovametallisella kääntöterällä varustettu sisäpuolinen kierreteriä, e) Pikateräksinen sisäpuolinen kierreteriä, f) Pikateräs säästöpalasta hiottu ulkopuolinen kierreteriä. (Ansaharju & Maaranen 2001, 274-275.)

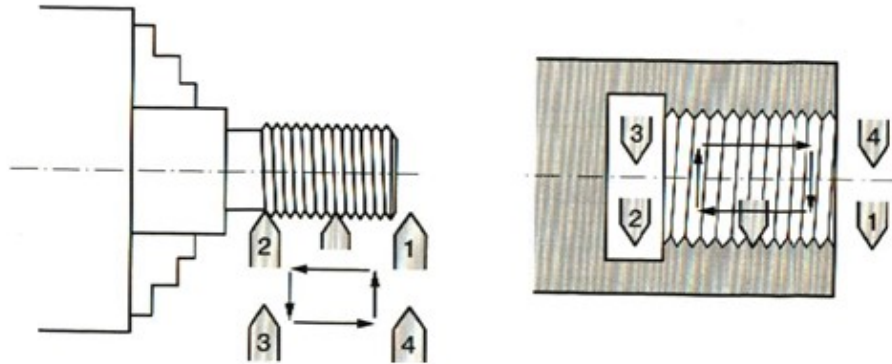
- Kun tiedetään sorvattava kierre, tarkistetaan että koneesta löytyy sopiva nousu kierteelle ja valitaan oikea terä.
- Uutta kierrettä työstettäessä koneistetaan ensin kierteitettävän kohdan ulkopinta akselissa ja reiän halkaisija sisäkierrettä tehtäessä halutulle kierteelle sopivaksi.
- koneistetaan kierteen pääteura kierteen päättymiskohtaan ja tavallisesti myös viiste kierteen alkuun.
- Kiinnitetään kierreteriä ja kohdistetaan se kappaleeseen kuten kuvassa 24.



Kuva 24. Kierreterän suuntaaminen teroitustulkin avulla. (Ansaharju & Maaranen 2001, 276.)

- Lastuamismuutena käytetään 1/3 kyseisen terän ja materiaalin mukaisesta rouhinnan lastuamismuutesta.
- Kytetään valittu nousu ja ajetaan hyvin ohut lastu kierteitettävältä osalta ja tarkistetaan nousu syntyneeltä uralta.

- Mikäli käytössä ei ole kierrekelloa, tulee nousun lukkomutteri pitää lukittuna kunnes koko kierre on työstetty valmiiksi.
- Ilman kierrekelloa sorvattaessa kone pysäytetään jokaisen lastuamiskerran jälkeen kierteen lopussa. Terä irrotetaan kappaleesta ja ajetaan päinvastaisella pyörimissuunnalla (pakilla) takaisin kierteen alkuun kuten kuvassa 25.



Kuva 25. Kierreterän liikeradat ulko- ja sisäpuolista kierrettä sorvattaessa.

(Ansaharju & Maaranen 2001, 276.)

- Valitaan lastuamissyvyyden asetustapa kuten kuvassa 26 vaihtoehto a) soveltuu pienille ja pieninousuisille kierteille. Tällöin lastuamissyvyys asetetaan pelkällä poikittaiskelkalla. b) Soveltuu suuremmille kierteille. Lastuamissyvyys asetetaan poikittais- ja 0-asentoisen kääntökelkan avulla siten, että metrisillä kierteillä terää syötetään sivusuunnassa 0,7 x sisään syöttö ja Whitworth-kierteillä 0,6 x sisään syöttö. Esimerkiksi jos poikittaiskelkalla asetetaan lastuamissyvydeksi 1mm, syötetään terää pituus suunnassa 0,7mm. Näin terä leikkaa pääasiassa vain toisella kyljellään. Viimeistelylastulla ei terää siirretä sivusuunnassa, jotta saadaan virheetön kierteen profiili.



Kuva 26. Terän syöttösuunta. (Raivio 1977, 175.)

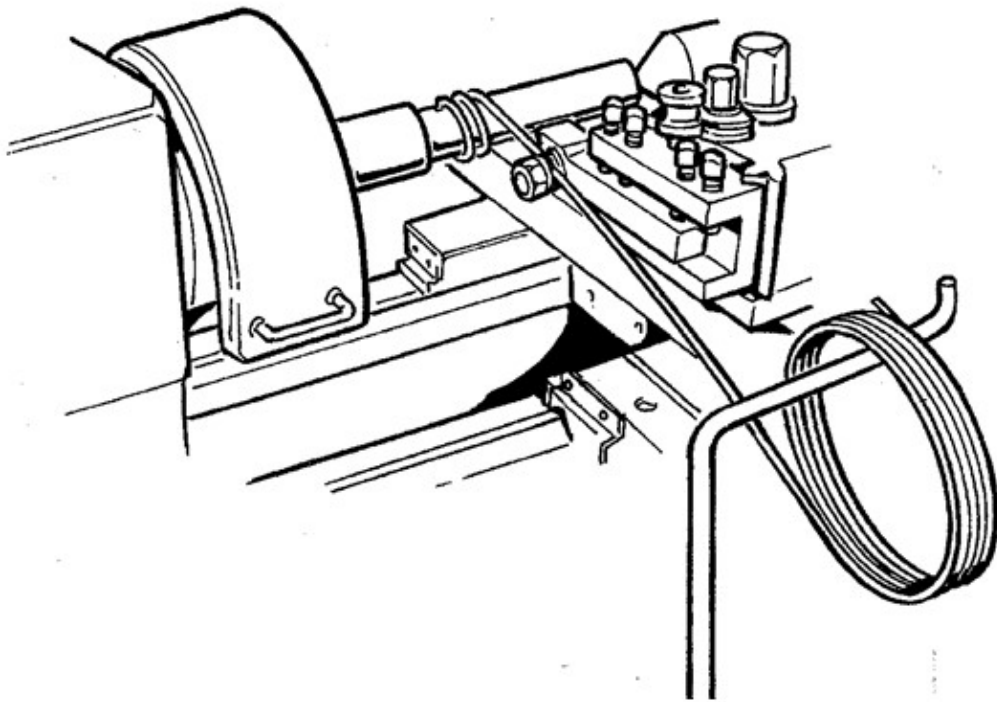
- Lopuksi kierre mitataan, tarkastetaan ja poistetaan mahdolliset jäysteet esimerkiksi kevyesti hienolla hiomanauhalla.

(Raivio 1977, 173-182; Ansaharju & Maaranen 2001, 272-286.)

4.4.3 Jousen valmistaminen

Kärkisorvissa voidaan myös valmistaa jousia yksinkertaisen tuurnan avulla jousiteräslangasta eli ns. pianolangasta. Kuvassa 27 on kuvattu jousen valmistus. Sopiva tuurnan halkaisija on noin 0,8 x haluttu jousen sisähalkaisija

sillä jousi palautuu hieman. Tuurnassa on reikä johon jousiteräslanganpää laitetaan. Lanka kulkee teränpitimen kautta, jossa se on kiristetty esimerkiksi kahden messinkipalan väliin siten, että se liukuu mutta kiertyy tiiviisti tuurnan ympärille. Kiepillä olevassa jousilangassa on jännityksiä siten, että puristusjousi syntyy paremmin jousilangan kiertäessä tuurnalle eripäin kuin se on kiepillä kuten kuvassa 27. Vetojousi tehdään päinvastoin. Puristusjousessa syöttö valitaan halutun jousen nousun mukaan. Vetojousessa syöttö on sama kuin käytettävän langan halkaisija. Jousi tehdään pienellä pyörimisnopeudella ja konesyötöllä hieman pidemmäksi kuin tarvittu jousi, jotta jää työvaraa viimeistellä jousen päät. Jousi tulee löysätä pyörittämällä karaa käsin taaksepäin ennen jousilangan katkaisua. Puristusjousen päät viimeistellään hiomalla ne sopivan tuurnanpäällä esimerkiksi penkkihiomakoneessa. (Ansaharju & Maaranen 2001, 304-306.)



Kuva 27. Puristusjousen valmistaminen kärkisorvissa. (Ansaharju & Maaranen 2001, 305.)

4.4.4 Esimerkkejä

Peruskoneistustaidoilla ja edellä esitellyillä menetelmillä pystytään laivoilla kärkisorvissa korjaamaan useita erilaisia vaurioita, sekä huoltamaan erilaisia koneiston osia, joista tässä muutama esimerkki.

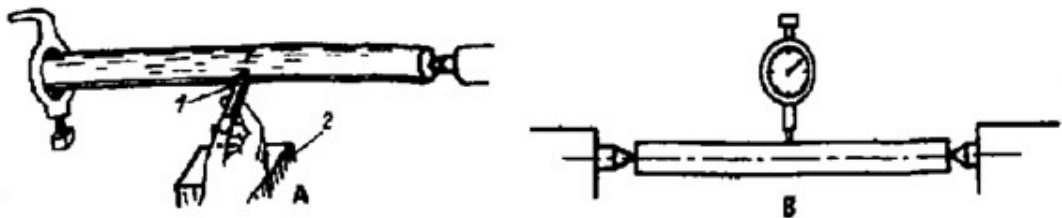
Venttiileiden huolto: esimerkiksi laivoilla yleisesti käytettyjen istukkaventtiileiden tavallinen huoltokohde on käytössä epäpuhtauksien myötä kuluneet tiivistepinnat. Sorvilla pystytään helposti oikaisemaan venttiilin seklan tiivistepinnat sorvaamalla mahdollisimman ohuita lastuja, kunnes pinta on tasainen. Myös venttiilin pesän tiivistepinnan käsinhiontaan, eli läppäykseen, on sorvissa helposti tehtävissä pesään hyvin keskittyvä hiontatyökalu. Pesän puoleisen tiivistepinnan varsinainen työstäminen sorvissa ei kuitenkaan yleensä ole kannattavaa, koska venttiilin rungon irrottaminen putkilinjasta sekä kiinnittäminen ja keskittäminen sorviin ovat paljon aikaa vieviä työvaiheita.

Laakerivaurioiden korjaukset: kiinnileikannut laakeri vioittaa usein myös laakeripesää tai akselia, jolloin pelkkä laakerin vaihto ei riitä korjaavaksi toimeksi. Mikäli laakeripesä on vaurioitunut, esimerkiksi pumpun tai sähkömoottorin päätylaipassa (laakerikilvessä), voidaan vaurion korjausta harkita seuraavasti. Kolmileukaistukkaan näitä komponentteja ei yleensä saa kiinnitetyksi mutta mikäli esimerkiksi pelkkä laakerikilpi on kiinnitettävissä sekä mittakellolla keskitettävissä joko sorvin nelileukaistukkaan tai tasolaikkaan, voidaan laakeripesä holkittaa. Vaurioitunut pesä sorvataan reikäterällä tällöin ns. ylikokoon tarvittava määrä, jotta se keskittyy alkuperäiseen asemaansa ja holkille saadaan sopiva seinämän vahvuus. Tämän jälkeen sorvataan pesään sopiva holkki, jossa sisäreikä on sopivalla sovitteella laakerille. Holkki voidaan kiinnittää pesään esimerkiksi laakerilukitteella tai lämpösovitteella.

Akselin vaurioiden korjaaminen: tyypillisiä vaurioita akseleissa kiinnileikanneen laakerin jättämien jälkien lisäksi ovat vääntyminen, kierteet, kiilaurat sekä kulumisen etenkin tiivisteiden kohdalta. Akselia tarkastaessa ja korjattaessa sopivin kiinnitysmenetelmä on usein kärkienväliin kiinnitys, kuten aiemmin kuvassa 15 on esitetty. Monien edellä mainittujen vaurioiden korjausta voidaan harkita tapauskohtaisesti. Vaurioituneet kierteet ja kiilaurat voivat olla korjattavissa täyttämällä vauriokohta sopivalla lisäaineella ja koneistamalla kohta tämän jälkeen uudestaan. Samalla tavoin voidaan korjata myös esimerkiksi tiivisteiden kuluttama ura akselissa. Vauriokohtaa täytettäessä ja täyteainetta valittaessa tulee kuitenkin huomioida myös täyttäessä aiheutuvan lämmön vaikutus akselin suoruuteen ja lujuuteen. Kiinnileikanneen laakerin jättämät jäljet ovat toisinaan korjattavissa sorvaamalla ilman täyttöä. Akselin suoruutta voidaan tarkistella kärkien välissä kiinnittämällä mittakello sorvin

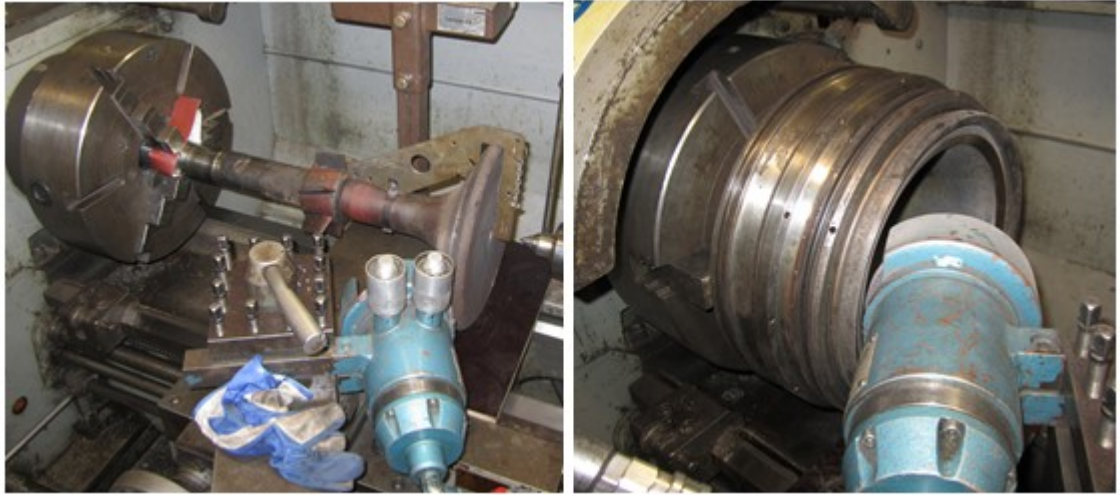
kelkkaan. Tällöin tulee kuitenkin huomioida myös sorvin asetustarkkuus ja välykset.

Akselien oikaisu: havaittuja heittoja akseleissa voidaan yrittää oikaista. Käyriä akseleita oikaistaan mm. lyömällä, puristamalla, kuumentamalla ja painamalla sekä hitsausliekin ”pisteillä” kuumentamalla. Oikaistavaan akseliin merkitään kärkien välissä pyörittämällä korkeimmat kohdat kuten kuvassa 28 vasemmalta. Pienempien heittojen merkitsemiseen käytetään mittakelloa, kuvassa oikealla, apuna voi käyttää myös viivainta. Ohuet akselit halkaisijaltaan alle 20mm oikaistaan tason päällä lyömällä esimerkiksi lyijyvasaralla. Akselin halkaisijan ollessa yli 20mm. oikaisu tehdään prässissä painamalla tarvittaessa lämpöä apuna käyttäen. Halkaisijaltaan suurten akseleiden ja putkien pienet käyritymät voidaan oikaista hitsausliekillä. Siltä puolelta, jolla mittakello näyttää suurinta mittaa lämmitetään nopeasti perättäisillä pisteillä kovaa liekkiä käyttäen. Pisteiden välin tulee olla sellainen etteivät niiden punoittavat alueet kosketa toisiaan. Mikäli oikaistava halkaisija on suuri, tehdään pisteitä sekä peräkkäin että rinnakkain. Huomioitava myös että, akseli voi karkaistua asetyleeni voitoisen liekin jälkeen nopeasti jäähtyessään. (Raivio 1977, 154.)



Kuva 28. Pyörivän akselin keskisyyden tarkastus. (Raivio 1977, 154.)

Pakoventtiin kunnostus. Kuvassa 29 on esimerkki supporttihakoneen käytöstä huollon yhteydessä. Vasemmalla kuvassa venttiin tiivistepinnan hionta ja oikealla puolella seetin tiivistepinnan hionta. Hiottavat kappaleet on kiinnitetty istukkaan ja supporttihakone on kiinnitetty teränpitimeen, jonka kulma on asetettu mittakellon ja pakkaan kiinnitettävän kulma mallin avulla. Varsinainen hionta tehdään mahdollisimman pienillä sorvin kierroksilla ja suurehkoilla hiontakoneen kierroksilla pyörimissuuntien ollessa vastakkaiset.

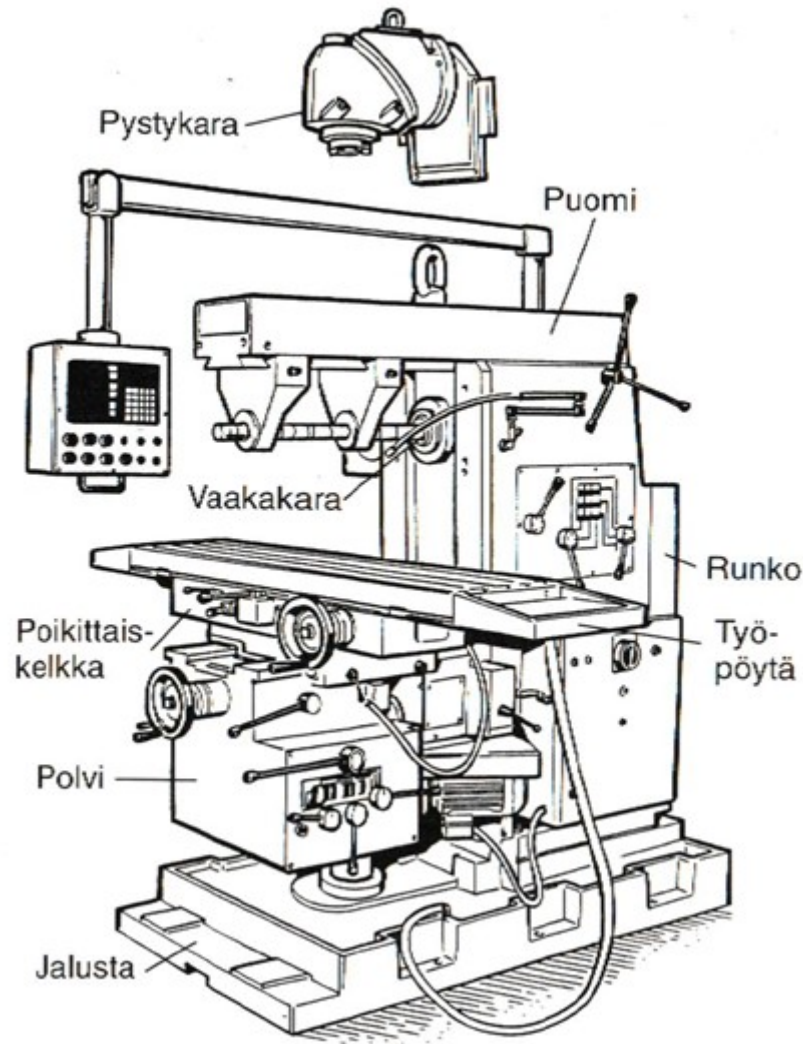


Kuva 29. Tiivistepintojen hionta supporttihiomakoneella. (M/S Hesperia 2010)

5 JYRSINTÄ

Jyrsimet ovat laivoilla melko harvinaisia ja tavallisesti mikäli ilmenee tarvetta kappaleen jysinnälle, lähetetään se maihin koneistettavaksi. Lisäksi käytännön jysintäkokemus laivaväellä on usein vähäistä. Näin ollen tässä työssä käsitellään jysintää vain pintapuolisesti.

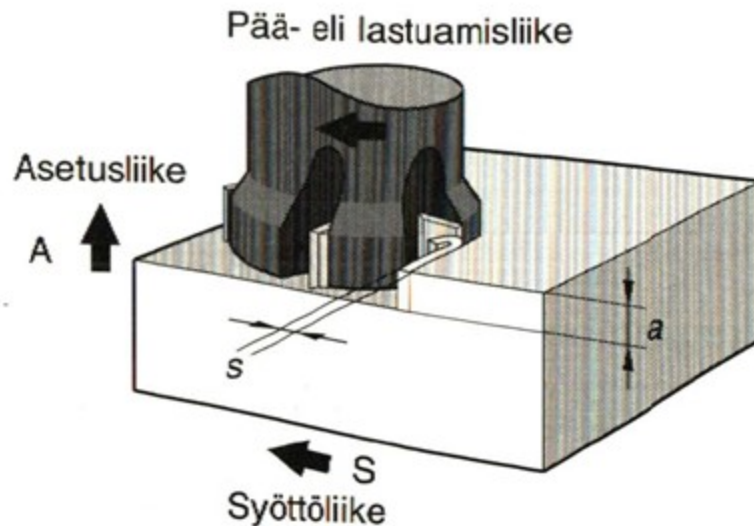
Jysintä on työstömenetelmä, jossa monihampainen pyörivä työkalu muotoilee työkappaleen poistamalla siitä lastuamalla ainetta. (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 82.) Jysinkoneella valmistetaan lähinnä tasomaisia kappaleita mutta myös erilaisia uria, olakkeita, käyriä pintoja ja hammas pyöriä. (Keinänen & Kärkkäinen 2006, 145)



Kuva 30. Jyrsinkoneen pääosat. (Keinänen & Kärkkäinen 2006, 146.)

Jyrsinkoneiden luokittelu: jyrsinkoneita on useita erilaisia, joista tässä yhteydessä mainittakoon seuraavat. Yleis- ja tasojyrsinkoneet, jotka ovat vaakakarisaisia. Erona näillä on yleisjyrsinkoneen pöytä, joka voidaan kääntää vinoon, mikä mahdollistaa monipuolisemmat käyttömahdollisuudet. Pystyjyrsinkone, jossa nimensä mukaisesti pääkara on pystyssä. Karaa voidaan kääntää sivusuunnassa haluttuun kulmaan ja usein sillä voi myös porata. Kaikkiin taso- ja yleisjyrsinkoneisiin kuuluu erillinen pystypää, jolla pääosa jyrsinnästä nykyään suoritetaan, koska silloin voidaan käyttää teräpäitä joissa on vaihtopalat.

Jyrsinnän periaate: jyrsintä on lastuava työstömenetelmä, jossa jyrsimen paikallaan pysyvä pyörivä terä tekee pää- eli lastuamisliikkeen. Kappale, joka on kiinnitetty liikkuvaan työpöytään, tekee asetus- ja syöttöliikkeen, yleensä koneellisesti. (Keinänen & Kärkkäinen 2006, 145.)



Kuva 31. Jyrsinnän periaate. (Ansaharju & Maaranen 2001, 319.)

6 LASTUAMISNESTEET

Lastuavassa työstämisessä käytetään usein lastuamisnestettä pienentämään kitkaa ja poistamaan lämpöä työstökohdasta, jolloin pinnanlaatu, mittatarkkuus sekä työkalujen kestoikä paranee. Lastuamisnesteen tehtäviin kuuluu myös huuhdella työstössä syntyvät lastut pois työstökohdasta. Lastuamisnesteen kolme päätyyppiä ovat öljyt, veteen sekoitettavat emulsiot ja liuokset. (Keinänen & Kärkkäinen 2006, 111.)

Laivoilla työstökoneiden käyttö on satunnaista. Lisäksi merenkäynnin ja vastaavien ympäristötekijöiden vuoksi ei työstökoneissa yleensä ole lastuamisnestettä käytössä, vaikka niissä lastuamisnestejärjestelmät olisivatkin. Näin ollen valtaosa laivoilla tehtävästä työstämisestä tehdään niin sanotusti kuivana, mikä on nykyään myös teollisuudessa usein tavoitteena lastuamisnesteen haittavaikutuksien vuoksi. Lastuamisnesteen käyttöä tulee kuitenkin harkita tapauskohtaisesti etenkin suuremmissa työstötehtävissä ja tiettyjä materiaaleja työstettäessä sekä etenkin esimerkiksi kierteiden valmistamisessa. Kiinteiden lastuamisnestejärjestelmien lisäksi voidaan pienemmissä töissä lastuamista parantaa myös erinäisillä leikkuupastoilla ja leikkuusprayllä. Sekä esimerkiksi annostelemalla lastuamisnestettä tarvittaessa pumppupullosta, tällöin tosin tulee huomioida, ettei lämpö saa nousta korkeaksi missään vaiheessa, jotta vältetään terän rikkoutuminen lämpötilavaihteluiden johdosta.

Lastuamisnesteen haittatekijät painottuvat lähinnä varsinaiseen konepajateollisuuteen ja kiinteisiin lastuamisnestejärjestelmiin, jolloin suurimpana ovat

terveysongelmat kuten ihoärsytys, silmienärsytys ja hengitystiesairaudet jotka johtuvat pääosin nesteen liian korkeasta alkalisuudesta, liuottimista, nesteseen liuenneista metalleista sekä nesteen vanhetessa muodostuneista mikrobeista. Kierrättävissä järjestelmissä tulisikin nesteen laatua tarkkailla säännöllisesti jolloin esimerkiksi nesteen pH-arvo tulisi olla yleensä 8,5...10. Vuotoöljyt ja bakteeritoiminta laskevat pH-arvoa kun taas korkeampi pH-arvo lisää iho-oireita. Muihin haittavaikutuksiin lukeutuvat nesteen hankinnasta ja hävittämisestä aiheutuvat kustannukset sekä mahdollinen korroosio. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 123-132.)

Lastuamisnesteen valintaan vaikuttavat eniten työstettävä materiaali sekä työstötapa. Oheisessa taulukossa on lueteltu tyypillisimmille työstettäville materiaaleille sopivat lastuamisnesteet. Lisäksi tulee huomioida, että pieni lastuamisnopeus vaatii tehokasta voitelua kitkan vuoksi kun taas suuri lastuamisnopeus vaatii enemmänkin tehokasta jäähdytystä. Tavallisesti nesteeksi valitaan emulsio joka runsaan vesimäärän takia on tehokas jäähdytysominaisuuksiltaan. Lisäksi tulee huomioida, ettei magnesiumseoksia koneistettaessa tule käyttää vesipohjaisia lastuamisnesteitä syttymisvaaran vuoksi. (Ansaharju & Maaranen 2001, 28; Keinänen & Kärkkäinen 2006, 111.)

TERÄLLÄ KONEISTAMINEN	
Hiiliteräkset	emulsio, kemiallinen neste
Runsasseosteiset teräkset	emulsio, kemiallinen tahna
Valuraudat	kuivana, emulsio
Cu-metallit	kuivana, emulsio
Al-metallit	kuivana, sprii, petroli

KIERTEITYS	
Teräkset	öljy
Valurauta	kuivana, petroli
Cu-metallit	kuivana, petroli
Al-metallit	kuivana, petroli

Taulukko 7. Lastuamismesteet koneistaessa. (Ansaharju & Maaranen 2001, 29.)

7 TYÖTURVALLISUUS

Työstökoneilla on useita yhteisiä työturvallisuuden kannalta huomioitavia asioita kuten pyörivät koneenosat, terät, lastut ja kappaleiden kiinnitykset. Kaikki edellä mainituista aiheuttavat vakavia vaaroja, jotka korostuvat etenkin laivaympäristössä, josta matka hoitoon pahimmillaan voi olla liian pitkä selviytymisen kannalta vammojen ollessa usein akuuttia hoitoa vaativia. Tässä osiossa on listattu asioita, joihin tulisi erityisesti kiinnittää huomiota ennen koneistamisen aloittamista sekä myös koneistamisen aikana.

Henkilökohtainen suojaus

- Sopiva työasu: yksi suurimmista vaaroista työstökoneilla on takertuminen koneenelimiin. Huomioitavaa on myös mahdolliset pitkät hiukset, korut ja muut ns. roikkuvat osat jotka tarttuvat yllättävän nopeasti pyöriin koneistoihin. Erityistä huomiota on myös syytä kiinnittää työasun hihoihin.

- Jalkineina turvakengät: työskentely laivalla vaatii tämän tosin tavallisesti muutenkin.
- Sopivat käsineet: työstettävissä kappaleissa on usein teräviä särmiä.
- Suojalasit: suojalaseja tulee käyttää aina koneistettaessa, vaikka koneessa itsessään suojat olisikin.
- Koneita ei tule käynnistää mikäli ei tunne koneen toimintaa, vieraiden koneiden toimintaan ja käyttöohjeisiin tulee perehtyä huolellisesti.
- Ennen käynnistystä tulee myös perehtyä hätäpysäytyksen toimintaan ja sisäistää se.
- Lisäksi tulee tapauskohtaisesti harkita hengitys sekä kuulonsuojaimien käyttöä.

Työympäristö ja koneet

- Merenkäynnin aikana ei koneisteta
- Viallista laitetta ei käytetä, myös kaikki rajakytkimet ja suojalaitteet tulee olla toiminnassa
- Yleinen siisteys ja järjestys työstökoneen ympäristössä.
- Ennen käynnistystä tulee varmistua, ettei mikään konesyöttö ole kytketty.
- Paineilmaa ei saa käyttää työstökoneiden puhdistukseen, silmien ja sivullisten lisäksi vaarantaa se myös työstökoneen toiminnan epäpuhtauksien tunkeutuessa suojien läpi koneen elimiin.
- Vialliseksi havaittu laite tulee välittömästi poistaa käytöstä tai estää käyttö muutoin.
- Sorvattaessa pitkää aihiota, joka ulottuu pääkaran peräpäähän ulkopuolelle, tulee ulkonevan osan pääty suojata erityisellä pitkän aihion suojalla.
- Valaistuksen työstökohteessa tulee olla hyvä mukaan lukien riittävät paikallisvalaisimet.
- Lastut kerätään lastukoukulla ja harjalla, ei käsin.
- Viilaus sorvissa tehdään aina vasenkätisesti, eli viilankahva vasemmassa kädessä.

(Raivio 1977, 25-30; Ansaharju & Maaranen 2001, 38-43; Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 18-19.)

8 VARASTOINTI JA HUOLTO

Työstökoneen huolellisella varastoinnilla ja huollolla on suuri merkitys koneen elinkaaren kannalta. Lisäksi se vaikuttaa suoraan myös koneen työtarkkuuteen, työturvallisuuteen ja käytettävyyteen.

8.1 Varastointi

Laivalla työstökoneiden käytön ollessa satunnaista voivat tietyt työstökoneet olla pitkiäkin aikoja käyttämättä, jolloin ne altistuvat monien ympäristötekijöi-

den myötä tarpeettomalle kulumiselle. Tämä on kuitenkin vältettävissä. Tärkeimpänä pitäisin käytön jälkeistä huoltoa, josta tarkemmin koneen käytön aikaisessa huollossa. Tämän lisäksi tulee erityisesti huomioida koneen liikkuvien osien lukitseminen välittömästi käytön jälkeen. Esimerkiksi lukitsematon sorvin kärkipylkkä tai löysälle jätetty penkkiporakoneen työtaso voivat saada todella paha jälkeä aikaan merenkäynnissä. Myös työstökoneen käytössä tarvittaville työkaluille tulisi järjestää omat paikat, joista ne ovat helposti saatavilla. Niiden tulee kuitenkin kestää merenkäynnin rasitukset ilman erillistä kiinnittämistä. Hyvänä lisänä pitäisin koneen peittämistä käytön jälkeen. Tämä voidaan hoitaa esimerkiksi koneen taustaan kiinnitetyllä palon kestäväällä kankaalla joka vedetään koneen päälle käytön jälkeen.

8.2 Huolto

Työstökoneet eivät pääsääntöisesti kuulu laivan huollettavien laitteiden joukkoon, lisäksi työstökoneiden käyttäjäkunta voi olla hyvin laajakin, mistä seuraa usein huoltojen täysi laiminlyönti. Työstökoneissa on kuitenkin paljon liikkuvia ja kuluvia osia jotka vaativat huoltoa koneen turvallisen ja tarkan toiminnan takaamiseksi. Huoltojen seuraamiseen voisi olla vaihtoehtona esimerkiksi koneen välittömään läheisyyteen kiinnitetty ns. konekortti. Konekorttiin voidaan merkitä suoritettujen huoltojen lisäksi koneen suorituskyky työstörajoineen, käytettävät öljyalaadut, voitelukohteet, yleisimmät varaosat kuten hihnat ja muut koneen käytön sekä huollon kannalta oleelliset tiedot. Tarvittavat huollot jakaisin kahteen ryhmään, käytönaikaisiin huoltoihin sekä tarkastuksiin ja esimerkiksi vuosittaiseen isompaan määräaikaishuoltoon. Koneiden käyttöohjeissa on tavallisesti hyvin yksityiskohtaiset huolto-ohjeet sekä voiteluainesuositukset.

Käytönaikainen huolto

Yhtenä tärkeimpänä on jokaisen käyttökerran jälkeen tehtävät toimet. Kuitenkin mikäli tätä käytäntöä ei ole käytössä on kaikki seuraavat työt suositeltavaa tehdä ennen koneen käyttöönottoa.

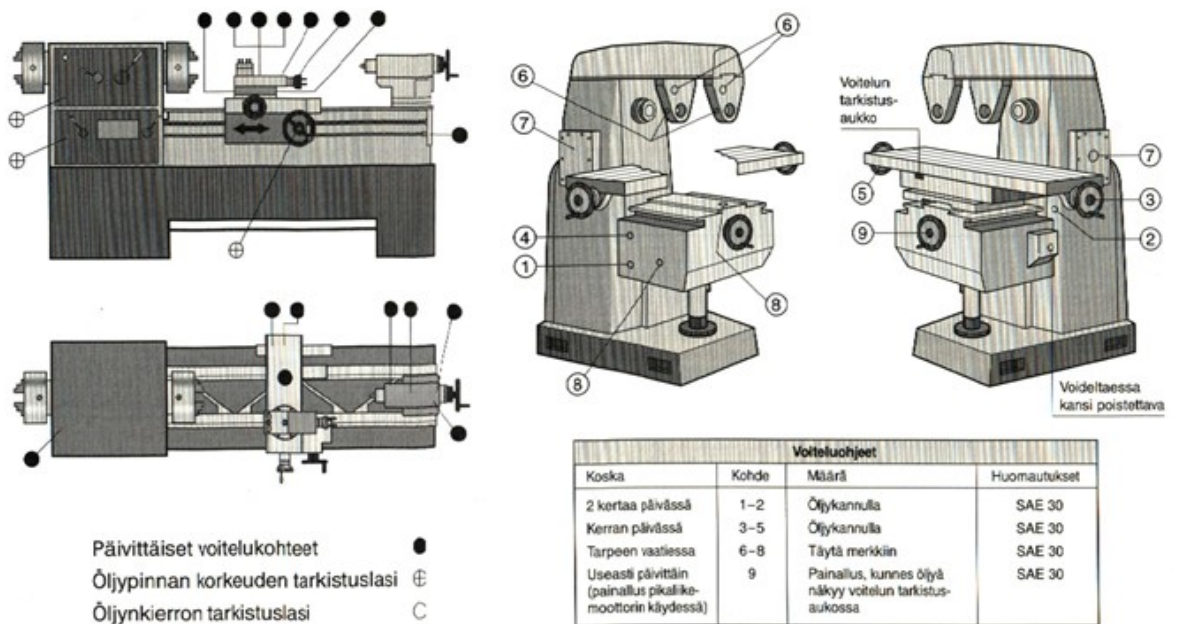
Aloittaessa ja työn aikana:

- Voitelu öljyjen määrän tarkistus mittalaseista
- Johteiden puhdistaminen tarvittaessa
- Voitelukohteiden öljyäminen (Kuva 32)
- Turvalaitteiden tarkastus

- Koneen käydessä öljynkierron tarkastus
- Voitelu käytönaikana tarvittaessa

Lopettaessa:

- Työstökoneen puhdistus, harjalla ja rätillä
- Liukupintojen pyyhkiminen konepyyhkeellä
- Liukupintojen suojaaminen ohuella koneöljykerroksella
- Voitelukohteiden öljyäminen
- Työympäristön siivous ja työkalujen laitto omille paikoilleen
- Työn aikana kuluneiden työkalujen huolto (Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 20-21.)



Kuva 32. Sorvin ja jrsinkoneen voitelukaavio. (Ansaharju & Maaranen 2001, 56-57)

Määräaikaishuolto

Huoltoväli määräytyy pääosin koneen käytön mukaan. Koneen ohjekirjoista yleensä löytyvät yksityiskohtaiset huolto-ohjeet sekä huoltovälit. Käytännössä kuitenkin olisi suositeltavaa suorittaa määräaikaishuolto kerran vuodessa, sekä silloin kun havaitaan sille tarvetta. Määräaikaishuoltoon kuuluu yleisesti vähintään seuraavat kohdat.

- Koneen kaikkien öljyjen vaihto, samalla myös öljysäiliön ja mahdollisen filtterin/magneetin puhdistus/vaihto. Mikäli sakan seassa on runsaasti metallihiukkasia, tulee niiden alkuperä selvittää ja korjata vika.
- Mikäli käytössä on jäähdytysjärjestelmä, puhdistetaan se ja uusitaan nesteet.

- Liikkuvien osien välyksien tarkastus ja tarvittaessa säätö
- Varolaitteiden toiminnan tarkastus
- Käyttömoottorin ja sähkölaitteiden huolto
- Mahdollisten hihnojen tarkastus ja tarvittaessa säätö tai vaihto
- Muut ohjeiden mukaiset tehtävät
- Huollon sekä mahdollisesti huoltaessa huomattujen asioiden kirjaaminen konekorttiin tai käytössä olevaan muuhun huollon seurantajärjestelmään.

(Ansaharju & Maaranen 2001, 59; Kolehmainen, Luukkonen, Toivonen & Wederhorn 1984, 21.)

9 ON-SITE-KONEISTUKSET

On-site (in situ) koneistuksella tarkoitetaan koneistamista paikanpäällä eli suurimpana erona perinteiseen koneistamiseen on se, että perinteisessä koneistamisessa kappale kiinnitetään työstökoneeseen kun taas On-site koneistuksessa työstökone kiinnitetään työstettävään kappaleeseen. Menetelmän suurimmat edut ovatkin, ettei työstettävää kappaletta tarvitse irrottaa laitteistosta ja kuljettaa koneistettavaksi, mistä seuraa merkittäviä säästöjä niin suoraan kustannuksellisesti kuin myös lyhyemmän seisokkiajan myötä. Esimerkiksi vaurioituneen kammentapin korjaaminen On-site menetelmin kestää tavallisesti kolmesta seitsemään päivään, kun taas koko kampiakselin vaihto veisi kolmesta kuuteen viikkoa. (Wärtsilä Engine services)

Laivoilla koneistojen ollessa suuria ja usein kiinteiden rakenteiden ympäröimiä on On-site koneistus monesti kustannustehokkain, ellei jopa ainoa vaihtoehto osien koneistamiseen. Koneistuskohteista tavallisimpia ovat laivan rungossa olevat kiinteät akseleiden läpiviennit kuten peräsimen ja potkuriakselin, konepetien ja tasojen koneistukset, sekä suuret koneen osat kuten esimerkiksi pääkoneen komponenttien vauriot jotka pystytään koneistamaan paikanpäällä ilman suurempia purkutöitä. (PK-Tekniikka Oy)

On-site työstömenetelmät yleistyvät jatkuvasti ja palveluja tarjoavat yritykset myös kehittävät paikalliskoneistusmenetelmiä jatkuvasti. Laivalle on-site koneistus on käytännössä aina ostopalvelu, jonka tarjoajia on nykyään ympärimaailman runsaasti ympärivuorokauden saatavilla. On-site vauriokorjaus sisältää tavallisesti koneistamisen lisäksi myös kaikki muut tarvittavat toimenpiteet, kuten kaikki vaurioon liittyvät mittaukset, sekä tarvittaessa esimerkiksi akselin oikaisemisen vaadittuihin toleransseihin. Pinnankovuuden mittauksen, jota seuraa tarvittaessa lämpökäsittely. Sekä myös tarvittavat testit murtumien

havaitsemiseksi. Mikäli vaurio on suuri, tarvitaan usein myös materiaalin lisäystä termisellä ruiskutuksella. Lisäksi myös kaikki mahdolliset koneen rungon vauriot korjataan on-site menetelmin siten että lopputulos täyttää luokituslaitoksen vaatimukset ja käytännössä vastaa alkuperäistä laatua. (Nicol & Andrew Group)

10 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tavoite oli koota yhteen tavallisimpien laivalla tehtävien koneistustöiden ohjeistus. Työn edetessä tämä tarkentui enemmän siihen, mikä palvelisi laajimmin ja parhaiten kohderyhmänä olevaa laivan konepuolen henkilöstöä, eli kertauksena olemassa oleville opeille sekä työkaluna työstökoneiden monipuolisempaan käyttöön. Työn sisällöstä on pyritty jättämään pois kaikki koneistukseen liittyvät alkeet siinä määrin kuin se opinnäytetyön luonteen rajoissa on mahdollista, jotta työ olisi mahdollisimman informatiivinen lukijalle joka jo omaa peruskoneistustaitoa.

Lähteinä työssä on käytetty pääosin koneistusalan oppikirjallisuutta, jota onkin olemassa runsaasti. Kuitenkin pian niihin perehdyttyäni huomasin vain melko lyhyen aikavälin kirjallisuuden palvelevan nimenomaan koneistustarpeita merellä. Oppikirjoja päivitetään pääsääntöisesti maapuolen teollisuuden tarpeiden mukaan jolloin täysin tietokonepohjainen koneistaminen valtaa kirjojen tietopohjaa perinteiseltä koneistamiselta kirja kirjan jälkeen. Toisessa ääripäässä, vanhemmissa kirjoissa käsiteltävien koneistuskalustojen oppeja ei taas voi nykypäivänä laivoilla oleviin työstökoneisiin juurikaan soveltaa.

Työlle asettamani tavoitteet täyttyivät mielestäni kohtalaisen hyvin ja uskon työn olevan sisältönsä puolesta lukemisenarvoinen niin konepuolta opiskeleville, kuin jo pidemmän työuran tehneillekin.

LÄHTEET

- Aaltonen K., Andersson P. & Kauppinen V. (1997). Koneistustekniikat konepajantuotantotekniikka. Porvoo: WSOY.
- Ansaharju T. & Maaranen K. (2001). Koneistus. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- Ihalainen E., Aaltonen K., Aromäki M. & Sihvonen P. (1995). Valmistustekniikka. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.
- Keinänen T. & Kärkkäinen P. (2006). Konetekniik perusteet. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Kolehmainen M., Luukkonen J., Toivonen T. & Wederhorn E. (1984). Kone- ja metallialan perusoppi 4. Keuruu: Otava.
- Maaranen K. (2002). Koneistustekniikka Oppikirja. Porvoo: WSOY - Bookwell Oy.
- Motor-Services Hugo Stamp, Inc. On-site Crankshaft Repairs. Haettu 22. 5 2016 osoitteesta <http://www.mshs.com/onsite-insitu-crankshaft-repair.htm>
- Nicol & Andrew Group. (ei pvm). Marine Parts & Repairs. saatavissa <http://www.onsitemachining.com/marine.html> [21.5.2016]
- PK-Tekniikka Oy. saatavissa <http://www.pk-tekniikka.fi/palvelut/telakkateollisuus/> [20.5.2016]
- Raivio N. A. (1977). Metallinsorvarin kirja. Keuruu: Otava.
- Sandvik Coromant. Teräaineet. saatavissa <http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/materials/introduction/Pages/default.aspx> [25.5.2016]
- Wärtsilä Engine services. In-situ machining service and repair: saatavissa <http://www.wartsila.com/docs/default-source/Service-catalogue-files/Engine-Services---4-stroke/wartsil%C3%A4-in-situ-machining.pdf> [21.5.2016]