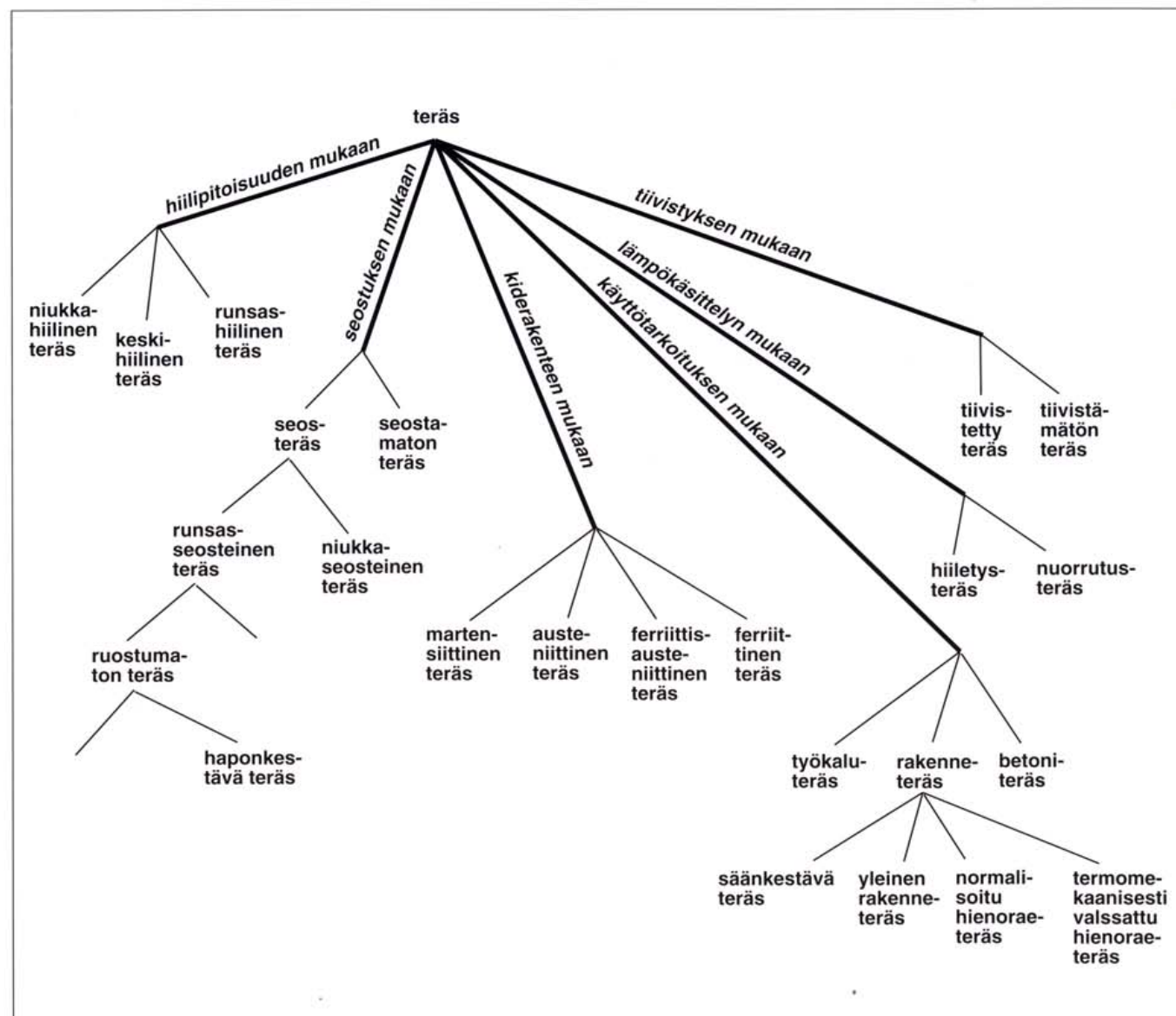


3.2.4 Teräslajit

Terästen luokitus

Teräket voidaan jaotella koostumuksen, ominaisuuksien tai käyttötarkoituksen mukaan (kuva 20).



Kuva 20. Terästen jaottelu.

Teräslajit määritellään ja luokitellaan standardissa SFS-EN 10020. Standardi jakaa teräkset seosainepitoisuuden mukaan seostamattomiin teräksiin ja seosteräksiin. Ominaisuuksien ja käyttö-tarkoituksen mukaan sekä seostamattomat että seosteräkset jaetaan edelleen erilaisiin pääluokkiin.

Seostamattomien terästen pääluokat ovat standardin SFS-EN 10 020 mukaan seuraavat:

- Seostamattomat perusteräkset. Perusteräkset ovat teräksiä, jotka valmistetaan normaaleilla teräksenvalmistuksen menetelmillä ja jotka eivät vaadi erikoiskäsittelyä kuten esimerkiksi lämpökäsittelyä. Niille on asetettu myös tietyt raja-arvot esimerkiksi murtolujuuden, myötörajan ja hiilipitoisuuden suhteen.
- Seostamattomat laatuteräkset. Seostamattomat laatuteräkset on tarkoitettu vaativiin käyttökohteisiin ja sen vuoksi ominaisuusvaatimukset ovat tiukemmat kuin perusteräksillä.
- Seostamattomat erikoisteräkset. Erikoisteräkset ovat puhtaampia kuin laatuteräkset ja niille asetetut tiukat vaatimukset voidaan täyttää vain erittäin tarkoin säädellyllä kemiallisella koostumuksella ja huolellisella valmistuksella. Esimerkiksi kaikki seostamattomat jänneteräkset kuuluvat tähän luokkaan.

Seosterästen pääluokat ovat seuraavat:

- Seostetut laatuteräkset. Seostettuja laatuteräksiä käytetään vastaavissa käyttösovelluksissa kuin seostamattomia laatuteräksiä ja ne luokitellaan seosteräksiksi, kun jonkin alkuaineen pitoisuus ylittää sen rajan, joka on annettu kyseisen alkuaineen maksimipitoisuudeksi. Seostettujen laatuterästen minimimytörlujuus on alle 380 N/mm² ja seostettujen erikoisterästen yleensä sitä suurempi. Seostettuja laatuteräksiä ovat esimerkiksi hitsattavat hienoraeteräkset, jotka täyttävät tietyt ehdot seosainepitoisuuden, iskutheyden ja myötörajan suhteen, ja sellaiset säänkestävät teräkset, joiden ainoa vaadittu seosaine on kupari. Seostetut laatuteräkset on lueteltu standardin SFS-EN 10020 kohdissa 5.2.1.2.1—5.2.1.2.5.
- Seostetut erikoisteräkset. Seostetuille erikoisteräksille on ominaista tarkoin hallittu kemiallinen koostumus. Näiden terästen ominaisuudet ilmoitetaan usein erilaisten ominaisuuksien yhdistelminä ja tarkoin rajattuna. Seostettuja erikoisteräksiä ovat esimerkiksi ruostumattomat teräkset ja erikoisrakenneteräkset, kuten korkealujuuksiset hienoraeteräkset ja säänkestävät teräkset.

Siltoihin liittyvät teräsrakenteiden materiaalitiedot ovat kulloinkin voimassa olleiden standardien mukaiset. Uusien EN-standardien vertailu aikaisempiin standardeihin ja standardien vastaavuudet erityisesti terästen tärkeimpien mekaanisten ominaisuuksien osalta on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Silloissa yleisimmin käytettäviä teräslajeja ovat kuumavalssatut seostamattomat rakenneteräkset (SFS-EN 10025) eli ns. yleiset rakenneteräkset, kuumavalssatut hitsattavat hienoraerakenneteräkset (SFS-EN 10113) eli lujat hitsattavat teräkset ja ilmastokorroosiota kestävät rakenneteräkset (SFS-EN 10155) eli ns. säänkestävät teräkset. Lisäksi käytetään ruostumattomia teräksiä ja valuteräksiä.

Rakenneteräksset

Rakenneterästen merkinnät on esitetty kohdassa 1.2. Niitä koskeva standardi on SFS-EN 10027-1. Rakenneteräksset merkitään siltasuunnitelma-

asiakirjoihin SFS-EN-standardien mukaan. Vertailu yleisimpiin aikaisemmin käytettyihin standardeihin on esitetty taulukossa 3. Vastaavuudet ovat likimääräisiä. Tarkassa vertailussa on käytettävä alkuperäisiä standardeja ja valmistajan ohjelehtiä.

Taulukko 3. Rakenneterästen nimikkeet aikaisempien standardien ja uusien SFS-EN-standardien mukaan.

Rakenneteräksset		Säänkestävät teräksset	
SFS 200	SFS-EN 10025 (1994)	SFS-EN 10155 (1993)	Valmistajan tuotemerkinnät
Fe 33	S185	S355JOWP	Cor-Ten A
Fe 37 B	S235JRG2	S355J2G1W	Cor-Ten B
Fe 37 D	S235J2G3	S355J2G2W	Cor-Ten B-D
Fe 44 B	S275JR		
Fe 44 D	S275J2G3		
Fe 52 C	S355JO		
Fe 52 D	S355J2G3		
Normalisoidut hienoraeteräksset		Termomekaanisesti valssatut hienoraeteräksset	
SFS 250	SFS-EN 10113-2 (1993)	SFS-EN 10113-3 (1993)	
-	S275N	S275M	
-	S275NL	S275ML	
Fe 355 C	-	S355M	
Fe 355 D	S355N	S355ML	
Fe 355 E	S355NL	S420M	
Fe 390 C	-	S420ML	
Fe 390 D	S420N	S460M	
Fe 390 E	S420NL	S460ML	
-	S460NL		

Standardissa SFS-EN 10027-1 on esitetty vahvistetut terästen nimikkeet ja tunnuksset, joita on noudatettu varsinaisissa terästen toimitusehtoja koskevista standardeista.

- Rakenneterästen nimike sisältää kirjaintunnuksen S ja numerotunnuksen, joka on ohuimman paksuusalueen myötölujuuden vähimmäisarvo (yksikkönä N/mm²).
- Nimikkeen lisätunnuksilla voidaan ilmoittaa rakenneteräksen iskutkeysluokka, tiivistystapa ja toimitustila.

Rakenneteräksen iskutkeysluokka ja vastaava lisätunnus:

Iskutkeys iskuenergia	Koelämpötila °C		-20	-30	-40	-50	-60
	+20	+0					
27 joulea	JR	JO	J2	J3	J4	J5	J6
40 "	KR	KO	K2	K3	K4	K5	K6
60 "	LR	LO	L2	L3	L4	L5	L6

Rakenneteräksen tiivistystapa ja toimitustila (koskee vain standardia SFS-EN 10025):

G1 = Tiivistämätön	Toimitustila valmistajan valittavissa
G2 = Tiivistämätön ei ole sallittu	Toimitustila valmistajan valittavissa
G3 = Typeä sitovilla aineilla tiivistetty	Toimitustila normalisoitu tai normalisointivalssattu
G4 = Typeä sitovilla aineilla tiivistetty	Valmistajan valittavissa

Rakenneterästen lisätunnukset:

N = Normalisoitu tai normalisointivalssattu
M = Termomekaanisesti valssattu
L = Matala käyttölämpötila
W = Säänkestävä

Yleiset rakenneteräkset ovat seostamattomia tai niukkaseosteisia hiili- ja hiilimanganiteräksiä. Teräkset voidaan jakaa kahteen ominaisuuksiltaan ja käyttötarkoitukseltaan erilaiseen ryhmään: hitsattaviin rakenneteräksiin ja koneteräksiin.

Hitsattavat rakenneteräkset on tarkoitettu sekä hitsattuihin että hitsaamattomiin rakenteisiin. Terästen tärkeimmät käyttöominaisuudet ovat lujuus, sitkeys ja hitsattavuus.

Koneteräkset on tarkoitettu rakenteisiin ja osiin, joita ei hitsata ja jotka useimmiten valmistetaan työstämällä. Niiden tärkeimmät ominaisuudet ovat lujuus ja lastuttavuus. Käyttökohteita ovat esimerkiksi ruuvit, akselit ja tapit.

Teräksen laatuluokat määräytyvät lähinnä teräksen hitsattavuuden ja iskutheyden perusteella. Yleiset rakenneteräkset on luokiteltu standardissa SFS-EN 10 025 (1994). Sillanrakennuksessa käytettiin vuosina 1986—92 laatuluokkien B, C ja D mukaisia teräksiä, joista luokka D takasi parhaan iskutheyden alhaisissa lämpötiloissa. Standardissa SFS-EN 10 025 niitä vastaavat luokat JR, JO ja J2.

Hitsattavat hienoraeteräkset on luokiteltu standardeissa SFS-EN 10113-2 (normalisoidut/normalisointivalssatut) ja SFS-EN 10113-3 (termomekaanisesti valssatut). Hienoraeteräkset ovat alumiinitiiivistettyjä eli sulassa teräksessä oleva kaasumainen happi on sidottu alumiinilla. Alumiini aiheuttaa samalla teräksen raekoon pienenemisen piitiiivistettyyn teräkseen verrattuna. Hienoraeteräksiin on hienorakeisuuden varmistamiseksi lisätty myös pieniä määriä yhtä tai useampaa seuraavista: niobia, vanadiinia tai titaania. Nämä estävät teräksen raekoon kasvua korkeissa lämpötiloissa teräksen valmistusprosessin tai esimerkiksi hitsauksen yhteydessä. Raekoon pienentyessä teräksen lujuus ja iskutheys paranevat. Hienoraeteräkset soveltuvat erityisen hyvin kohteisiin, joissa syntyy helposti haurasmurtumia (kohteisiin, joissa on suuret ainepaksuudet, suuria hitsejä, asennushitsejä, korkeajännitystilaa, iskumaisia kuormia tai matala lämpötila).

Hienoraeterästen hitsattavuus on parempi kuin yleisten rakenneterästen. Korotetun työlämpötilan käyttö on tarpeen vain paksuja valmisteita hitsattaessa tai esim. asennusoloissa, joissa suuren hitsausenergian käyttö tai hitsiaineen vetypitoisuuden rajoittaminen voivat tuottaa vaikeuksia. Vähäisempiä hitsauksen työlämpötilan korotustarpeita on termomekaanisesti valssatuilla hienoraeteräksillä.

Säänkestävät teräkset on luokiteltu standardissa SFS-EN 10155 (1993). Iskutheysluokka ja tiivistysaste esitetään rakenneterästen tapaan.

Säänkestävät teräkset ovat hitsattavia rakenneteräksiä, joiden käyttö perustuu alhaiseen syöpmiseen ilmastollisessa rasituksessa. Teräksen pintaan syntyy seosaineiden vaikutuksesta suojaava, tavallista tiiviimpi ruostekerros. Suojakerroksen syntyminen edellyttää, että rakenteet vuoroin kuivuvat ja vuoroin kastuvat. Suolapitoinen ympäristö häiritsee suojakerroksen syntymistä.

Säänkestävät teräkset hitsataan samalla tavoin kuin muut saman lujuusluokan teräkset. Hitsauspuikkojen tulee olla nimenomaan säänkestävien terästen hitsaukseen tarkoitettuja.

Ruostumattomiksi teräksiksi kutsutaan seosteteräksiä, joiden tärkein seosaine on kromi ja kromipitoisuus on vähintään 10,5 %. Ruostumattomiksi teräksiksi luokiteltavia metalliseoksia on yli 200. Ruostumattomat teräkset jaetaan kiderakenteen perusteella austeniittisiin, ferriittisiin ja martensiittisiin ruostumattomiin teräksiin tai niiden yhdistelmiin. Eniten käytettyjä ovat austeniittiset teräkset. Yleisimmin käytetty ruostumaton teräs on kromi-nikkeliseosteinen austeniittinen teräs esimerkiksi SFS 725 (AISI 304, SS 2333), joka soveltuu useimpiin käyttökohteisiin.

Ruostumattomien terästen korroosionkestävyys perustuu teräksen pinnalla olevaan suojaavaan oksidikerrokseen. Ruostumattomien terästen korroosionkestävyyden parantamiseksi teräksiin lisätään molybdeenia. Molybdeenipitoisia austeniittisiä ruostumattomia teräksiä kutsutaan usein haponkestäviksi teräksiksi. Molybdeeniseostuksen myötä paranee myös pistekorroosionkestävyys kloridipitoisessa ympäristössä. Haponkestävän teräksen tyypillisin laatu on SFS 757 (AISI 316 ja SS 2343).

Valuteräkset eivät periaatteessa juurikaan eroa vastaavista kuumamuokatuista teräksistä. Valuteräkset lämpökäsitellään, joten myös niiden mekaaniset ominaisuudet ovat samaa luokkaa kuin kuumamuokatuilla teräksillä.

3.2.5 Teräsrakenteiden liitokset

Teräksen liittäminen voidaan tehdä hitsaamalla, liimaamalla tai mekaanisin liitoksin.

Hitsausliitokset

Hitsaus on selvästi yleisin teräksen liittämismenetelmä. Useimpia teräksiä voidaan hitsata. Hitsattavuudella tarkoitetaan sitä, että helposti saadaan syntymään hyvä, virheetön ja perusaineen lujuutta vastaava hitsausliitos. Hitsauksessa syntyneet muutokset teräksen rakenteessa voivat heikentää teräksen lujuutta, muodonmuutoskykyä tai iskusitkeysominaisuuksia. Rakenteeseen voi hitsauksessa syntyä myös kuuma- tai kylmähalkeamia tai lamellirepeämiä. Käytännön korjaushitsauksissa aiheutetaan lähes aina suurempia jäännösjännityksiä kuin tavanomaisessa konepajahitsauksessa. Jäännösjännityksiin vaikuttavat

- lisääineen ja hitsiaineen lujuus
- hitsauksen lämmöntuonti
- työlämpötila
- hitsin muoto ja liittyminen perusaineeseen
- hitsausjärjestys
- jälkikäsittelyt.

Jäännösjännityksiä pienentävät

- rakenteen lievä ylikuormitus
- jännitystenpoistoherkutus
- puristusjännityksen aikaansaaminen kriittisiin kohtiin (esim. pistekuumat, hiekka- ja kuulapuhallus sekä kylmävasarointi).

Hitsauksessa on oleellista, että tunnetaan teräksen koostumus sekä käytetään oikeita hitsausaineita ja oikeita työtapoja /7/. Kun teräksen kemiallinen koostumus tunnetaan, voidaan hitsattavuus arvioida nk. hiiliiekvivalentin avulla. Hiiliiekvivalentti lasketaan kaavasta

$$C_{\text{ekv}} = C + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15$$

C = hiilipitoisuus (%)

Mn = mangaanipitoisuus

Cr = kromipitoisuus

Mo = molybdeenipitoisuus

V = vanadiinipitoisuus

Ni = nikkelpitoisuus

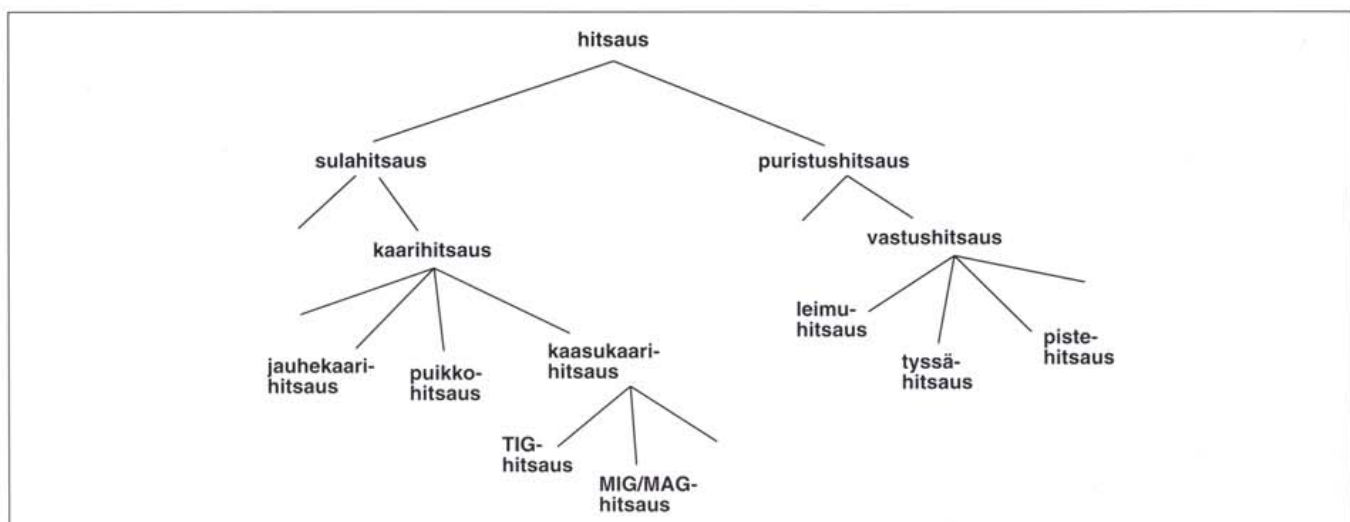
Cu = kuparipitoisuus.

Kun hiiliiekvivalentti on pienempi kuin 0,41, ei hitsattaessa yleensä tarvita erityistoimia. Kun hiiliiekvivalenttiarvo on 0,41—0,45, on käytettävä kuivia emäspäälysteisiä puikkoja. Kun arvo on yli 0,45, hitsaus vaatii usein esikuumennuksen /7/. Esikuumennuksella saavutetaan kaksi etua: railo saadaan kuivaksi ja karkeneminen estyy, koska jäähtymisnopeus hidastuu. Näillä toimilla voidaan vähentää kylmähalkeiluriskiä.

Hitsausmenetelmät voidaan jakaa sulahitsausmenetelmiin ja puristushitsausmenetelmiin (kuva 21). Sulahitsausmenetelmissä liitos saadaan aikaan sulattamalla liitospinnat. Siltapaikalla hitsaus tehdään yleensä puikkohitsauksena. Puristushitsausmenetelmissä liitos saadaan aikaan tuomalla liitokseen lämpöä ja samalla puristamalla liitospintoja voimakkaasti toisiaan vasten. Vaarapultit kiinnitetään leimuhitsauksella.

Puikkohitsaus on MIG/MAG-hitsauksen ohella eniten käytetty hitsaustapa. Puikkohitsaus soveltuu menetelmänä ja lisääineiden laajan valikoiman vuoksi hyvin monentyyppisten metallien ja metalliseosten hitsaukseen varsinkin työmaoloissa. Konepajoissa käytetään enimmäkseen MIG/MAG- ja jauhekaarihitsausta. MIG/MAG-hitsausta voidaan käyttää myös työmaalla, jos käytetään suojakaasun leviämistä tehokkaasti estäviä tuulisuojia.

Terässiltojen hitsien laatuvaatimukset on esitetty yleisissä laatuvaatimuksissa /1/.



Kuva 21. Hitsausmenetelmät.

Ruuviliitokset

Ruuviliitoksen käyttö perustuu ruuvin varren leikkauskapasiteettiin. Ruuviliitos voidaan periaatteessa avata, mutta kierremuodot kiinnityskierteissä on suunniteltu sellaisiksi, että niissä tapahtuu kiristyshetkellä muodonmuutos, joka estää ruuvien itsestään aukeamisen.

Teräsrakenteissa käytettävät kiinnitysruuvit ovat teräväkierteisiä. Kierrejärjestelmistä on Suomessa käytössä metrinen järjestelmä, ja sen käytöstä ovat sopineet myös esimerkiksi USA ja Iso-Britannia. Käytännössä on kuitenkin toisena kierrejärjestelmänä kansainvälisessä käytössä UN-kierre. Molemmilla järjestelmillä on sama pääkierreprofiili, ns. ISO-profiili, mutta aivan erilaiset sarjat halkaisijoissa ja kierteen nousuarvoissa.

Teräsrakentamisessa käytetään yleensä kuusioruuvia, kuusiomutteria ja pyöröaluslaattaa.

Soviteruuvia käytetään usein korjaustöissä ja aina kun niitti korvataan ruuvilla. Soviteruuviliitoksen vapaa reikä on korkeintaan 0,3 mm ruuvin vartta väljempi. Muiden ruuviliitosten vapaa reikä on noin 10 % ruuvin halkaisijaa suurempi.

Kitkaliitoksissa ruuveilla tai muilla kiinnittimillä aikaansaadaan liitososien välille niin suuri puristusvoima, että leikkausvoimat liitoksessa siirtyvät kitkan välityksellä osasta toiseen. Kitkaliitosten laa-

tuvaatimukset on esitetty SYL 4:n /1/ kohdassa 4.3.5.

Muut liitokset

Niittiliitoksia käytettiin siltojen teräsrakenteissa yleisesti 1960-luvulle asti. Niitti on erillinen liitososa, joka pannaan liitososiin tehtyyn reikään ja lukitaan siihen muotoilemalla siihen vastakanta. Kun niitin halkaisija on suurempi kuin 10 mm, niittaus tehdään kuumana.

Siltarakenteita voidaan vahventaa teräslevyillä. Vahvikelevy liimataan rakenteen pintaan, joka voi olla joko terästä tai betonia. Teräs- tai betonipinnasta poistetaan maali, ruoste tai sementtiliima suihkupuhtistamalla ennen liimausta. Levy asennetaan paikalleen joko kiilaamalla se rakennetta vasten tai käyttämällä mekaanisia kiinnittimiä. Liimaus tehdään yleensä epoksilla, joka levitetään lastalla liimattaville pinnoille, jotka puristetaan toisiaan vasten, tai injektoidaan paikalleen kiinnitetyn levyn ja rakenteen saumaan.

Liimauksen onnistumiseksi liimattavien pintojen on oltava puhtaita. Liimauksen etuna on, että kaikkia metalleja ja materiaaleja voidaan liimata toisiinsa yksinkertaisin työvälinein. Heikkoutena on esimerkiksi, että liimauksen lujuutta ei voida luotettavasti testata ainetta rikkomattomin menetelmin.

3.3 Alumiini

3.3.1 Alumiinin valmistaminen ja ominaisuudet

Alumiinia valmistetaan bauksiitti-nimisestä kivilajista, joka sisältää useita eri mineraaleja. Alumiinioksidi erotetaan bauksiitista ja pelkistetään alumiiniksi sähkövirran avulla suolasulaelkrolyysissä. Alumiiniromua voidaan kierrättää ja sitä ottavat vastaan romuliikkeet. Alumiinin valmistus mineraalista vaatii paljon energiaa, mutta kun alumiini valmistetaan romusta, energian kulutus putoo 95 %.

Syntyvän metallin alumiinipitoisuus on 99,5—99,8 %. Seostamalla alumiiniin muita aineita on onnistuttu kehittämään suuri joukko alumiiniseoksia, joiden monipuoliset ominaisuudet ovat laajentaneet alumiinin käyttöä niin, että sitä tuotetaan metalleista teräksen jälkeen eniten.

Alumiinin käyttö perustuu sen keveyteen, korroosionkestävyyteen ja siistiin ulkonäköön. Alumiinin työstettävyyden on hyvä; sitä voidaan muokata, hitsata, valaa, juottaa ja lastuta helposti.

Alumiiniseosten käytössä pitää ottaa huomioon, että alumiiniseosten kovuus on pienempi kuin rautametallien kovuus. Kovuutta vaativiin kohteisiin käytetään karkenevia alumiiniseoksia. Tavanomaisten alumiinien lämpöliike on kaksi kertaa suurempi kuin rakenneteräksellä.

Alumiiniseosten maalauksessa pitää ottaa huomioon alumiinin pinnan asettamat vaatimukset pinnan karheuden, pesumenetelmän ja maalinaliinan suhteen. Pintakäsittelyn soveltuvuus alumiinille tarkistetaan maalin tuoteselosteesta.

3.3.2 Alumiiniseokset

Rakentamisessa käytettäville alumiinituotteille (puolivalmisteille) annetaan haluttu muoto joko muokkaamalla tai valamalla. Alumiiniseokset jaetaan metallin käsittelytekniikan perusteella muokattaviin seoksiin ja valuseoksiin. Seosaineen osuus voi olla jopa 20 %.

Lujittumisen perusteella alumiiniseokset voidaan jakaa karkeneviin ja karkenemattomiin seoksiin. Karkenevat seokset lujittuvat lämpökäsittelyssä. Karkenevia alumiiniseoksia ovat AlMgSi-, AlCuMg- ja AlZnMg-seokset. Karkenemattomien seosten lujutta voidaan lisätä ainoastaan kylmämuokkauksen avulla, ja niitä ovat AlMn-, AlMg- ja AlSi-seokset.

3.3.3 Alumiinituotteiden valmistus ja työstäminen

Alumiiniseokset valmistetaan tuotteiksi muokkaamalla tai valamalla. Muokattavat seokset valetaan ensin ahioksi, joista puolivalmisteet valmistetaan esimerkiksi valsaamalla, pursottamalla, takomalla tai vetämällä. Puolivalmisteita ovat levyt, tangot, nauhat, putket tai takeet. Lopputuotetta varten puolivalmisteet jatkokäsittellään esimerkiksi muovaavalla työstöllä, lastuamalla, lämpökäsittelyillä, erilaisilla liittämismenetelmillä ja pintakäsittelyillä.

Valuseoksista tehdyt tuotteet valetaan suoraan lopulliseen muotoonsa. Valamiseen käytetään painevalua, kokillivalua, hiekkavalua tai keskipakovalua. Käytettävä valumenetelmä ja seoksen valettavuus rajoittavat valettavan kappaleen muotoa.

Alumiiniseoksesta valmistetun tuotteen merkintään liitetään tunnus, joka osoittaa tuotteen toimitustilan. Suomessa käytettävät alumiiniseosten toimitustilat on esitetty standardissa SFS-EN 515. Alumiinilevyjen ja -nauhojen yleiset tekniset toimitusehdot on kuvattu standardissa SFS-EN 485-1. Tärkeimmät rakennusalaalla käytettävien alumiinituotteiden toimitustilat ovat

- F: kuumamuokattu tai valettu
- O: pehmeäksi hehkutettu
- H: muokkauslujitettu kylmämuokkaamalla (H 1 ainoastaan muokkauslujitettu, H 2 muokkauslujitettu ja osittain hehkutettu).

Muototankojen muokkaustilat (erkautuskarkenevat seokset) ovat

- W: liuotushehkutettu
- T: lämpökäsittely stabiiliin tilaan.

Alumiinia voidaan työstää yleisesti käytetyillä kone- ja käsityökaluilla. Lastuavassa työstössä voi-

daan käyttää suuria kierrosnopeuksia. Työstetty alumiinipinta on sileä ja särmätön.

Alumiinin lastuavat työstömenetelmät ovat sahaaminen, poraaminen, stanssaaminen, jyrsiminen ja kierteitys. Muovaavat työstömenetelmät ovat muototankojen puristaminen, taivutus ja syväveto. Sahauksessa voidaan käyttää kovametalliterällä varustettuja pöytä- ja käsisirkkeleitä.

3.3.4 Alumiinirakenteiden liitokset

Alumiiniosia voidaan liittää hitsaamalla, mekaanisilla kiinnittimillä (ruuveilla, niiteillä ja nautoilla), juottamalla ja liimaamalla. Sillankorjauksessa käytettävät rakenteet tulisi suunnitella niin, että kaikki hitsaustyö tehdään konepajassa ja työmaalla liitokset tehdään ruuviliitoksina.

Alumiinikappaleita voidaan hitsata kaikilla tunnetuilla hitsausmenetelmillä. Yleisesti käytetään miltei yksinomaan MIG- ja TIG-hitsausta. Hitsauksessa valitaan lisäaine hitsattavan seoksen perusteella. Valintaperusteina ovat hitsin lujuus, korroosionkestävyys, kuumahauraustaipumus, helppo hitsattavuus tai värisävyerot anodisoinnin jälkeen. Tavallisimmin käytetään lisäaineina seoksia AlMg5 tai AlSi5, joista AlMg5 kestää paremmin korroosiota. Puikkohitsausta tulisi välttää, koska raiioon ja lähialueille jäävät epäpuhtaudet lisäävät korroosioalttiutta.

Alumiinirakenteiden ruuviliitoksissa käytettävät ruuvit ovat alumiinia, ruostumatonta terästä tai sinkittyä terästä. Alumiiniruuveja valmistetaan eri seoksista, syövyttävissä ympäristöissä käytetään seosta AlSi1Mg. Sinkittyjen teräsruuviin täytyy olla kuumasinkittyjä. Sillankorjaustöissä eristetään teräsruviliitoksissa alumiini ja teräs toisistaan maalilla tai eristävällä aluslevyllä (muovisella tai neopreenikumisella), varsinkin jos kyseessä on suolattu tieosuus tai meri- tai teollisuusympäristö. Eristelevy valitaan siten, että se säilyttää muotonsa pitkäaikaisessa rasituksessa ja ettei rakoja pääse muodostumaan.

Liitosten suunnittelussa otetaan huomioon myös galvaanisen korroosion ja rakokorroosion estäminen. Nämä voidaan ehkäistä esimerkiksi siten, että vältetään eri alumiiniseosten tai eri metallien käyttöä samassa rakenteessa. Jos eri metalleja joudutaan yhdistämään, ne eristetään sähköisesti toisistaan maalaamalla tai eristelelevyllä. Anodi/katodi-suhde tehdään suotuisaksi (suuri anodi / pieni katodi) esimerkiksi ruviliitoksissa valitsemalla ruuvi jalommasta materiaalista kuin rakenne. Liitosten yhteydessä ei myöskään saisi syntyä rakoja, vesitaskuja tai teräviä nurkkia.

3.4 Muut metallit

3.4.1 Kupari

Kuparimetalleja ovat kupari ja sen seokset, joiden kuparipitoisuus on 50 % tai yli. Kuparin lisäaineina käytetään happea ja fosforia, mikä ilmoitetaan metallin tunnuksessa seuraavasti:

- hapeton kupari Cu-OF (K1E)
- happikupari Cu-ETP
- niukkafosforinen kupari Cu-DLP (K1)
- runsasfosforinen kupari Cu-DHP (K2).

Kuparimetallin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa seosaineilla. Jos sinkki on ainoa seosaine, seosta nimitetään seostamattomaksi messingiksi. Seosuhde ilmaistaan seoksen tunnuksessa esim. Cu Zn20 (Ms 80), jossa sinkkiä on 20 %. Seoksen lastuttavuus paranee, jos seokseen lisätään lyijyä: esim. Cu Zn39 Pb3, jolloin seoksessa on kuparia 58 %, sinkkiä 39 % ja lyijyä 3 %.

Kuparimetallien lujuusominaisuuksiin voidaan vaikuttaa muokkaamalla ja hehkuttamalla. Lujuusominaisuusyhdistelmä eli tila ilmaistaan numerolla seostunnuksen jäljessä, esim. Cu-DLP-02, joka tarkoittaa pehmeäksi hehkutettua. Kuparia voidaan pehmentää paikallisesti kaasuliekillä.

Kuparimetalleista valmistetaan levyjä ja nauhoja, putkia, tankoja, lankoja ja muototankoja eli profiileja.

Kuparimetalleja voidaan liittää juottamalla, hitsaamalla ja saumaamalla sekä ruuveilla, niiteillä ja kiinnitysrousilla. Hitsaus työmaalla ei ole suositeltavaa. Lyijymessinkiä ei voi hitsata. Ulkotiloissa on käytettävä vähintään 80 % kuparia sisältäviä tai ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä.

Sillankorjaustöissä käytetään seuraavia kuparimetalleja:

- liikuntasauvojen vahvennuslevyt Cu-DLP-02 tai Cu-DLP-03
- suojusputkien vetolangat Cu-DLP-04
- näkyvien pintojen peitelevyt Cu-DLP-04 tai Cu Zn20-04.

Kuparimetallipinnalta valuva vesi irrottaa pinnasta suoloja ja oksideja, jotka saattavat värjätä alapuolisia rakenteita vihreäksi. Jos tästä on haittaa, se on eliminointava esim. tippunokalla. Pinnalta valuva kuparipitoinen vesi voi aiheuttaa myös muiden metallien galvaanista korroosiota.

Kupari patinoituu ulkona vihreäksi ympäristötekijöistä riippuvalla nopeudella. Sillankorjaustöissä kuparimetalleja ei suojata esim. maalaamalla, mutta sähköparien syntyminen on estettävä maalilla tai neopreenikumilla. Tippuputkia ei pidä tehdä kuparista, koska putki saattaa joutua kosketukseen raudoituksen kanssa, jolloin raudoitustanko syöpyy.

3.4.2 Sinkki

Sinkki on tavallisissa lämpötiloissa melko kova ja hauras metalli, mutta pehmenee jo 100 °C:ssa. Sitä esiintyy luonnossa erilaisina mineraaleina, joista tärkeimmät ovat sulfidit ja sinkkikarbonaatti. Sinkki valmistetaan mineraaleista pasuttamalla tai elektrolyytisesti.

Sinkkiä käytetään raudan ja teräksen pinnoittamiseen, painevaluun sekä seosaineena metalliseoksissa, joista tärkeimmät ovat kuparivaltaiset messingit. Sinkkiä ei voida käyttää jännityksen alaisena, sillä sinkki viruu selvästi murtolujuutta pienemmillä jännityksillä jo huoneenlämpötilassa.

Kuumasinkityksessä sula sinkki reagoi teräksen kanssa muodostaen rautasinkkikerroksen. Teräksen koostumus vaikuttaa pinnoitteen rakenteeseen ja ominaisuuksiin. Kuumasinkkipinnoitteiden paksuus vaihtelee muutamasta kymmenestä mikrometristä muutama sataan mikrometriin.

Sähkösaostuksessa sinkkipinnoite aikaansaadetaan sähkövirran avulla eli elektrolyytisesti teräksen pintaan. Pinnoitteet ovat vain muutaman mikrometrin paksuisia eivätkä anna rakenteelle suojaa edes ilmastollisessa rasituksessa.

3.4.3 Lyijy

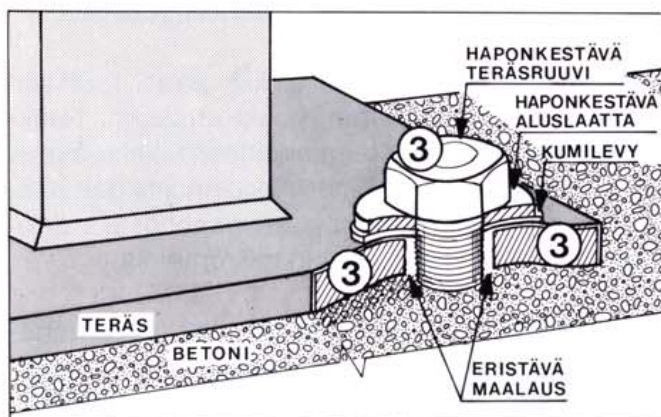
Lyijy on raskas ja pehmeä aine. Se kestää voimakasta ympäristörasitusta mutta on jätteenä ympäristölle haitallinen.

3.5 Metallien yhteensopivuus

Eri metallien yhdistämistä ei voida aina välttää. Materiaalien yhteensopivuuteen korroosionkestävyyden kannalta vaikuttavat yhdistettävien metallien potentiaali- eli jalousaste-eron (kuva 24) lisäksi ympäristö ja metallien keskinäinen pinta-alasuhte.

Syövyttävässä, esimerkiksi kloridipitoisessa ympäristössä, kasvaa galvaanisen korroosion nopeus. Tämä tarkoittaa sitä, että metalliparit, jotka voidaan yhdistää esimerkiksi maaseutuilmastossa, eivät kestäkään suolatuilla tieosuuksilla.

Jos yhdistettävistä metalleista epäjalomman metallin (anodin) pinta-ala on pienempi kuin jalomman (katodin), epäjalompaan metalliin kohdistuu suuri korroosiovirran tiheys ja korroosio on hyvin nopeata. Tämän vuoksi, jos esimerkiksi kiinnike on eri metallia kuin varsinainen rakenne, valitaan kiinnike jalommasta metallista, tavallisesti ruostumattomasta teräksestä (kuva 22).



Kuva 22. Kaidepylvään oikea kiinnitystapa.

Jos rakenteessa olevat metalliparit eristetään toisistaan maalaamalla, maalataan molemmat metallit tai ainakin jalompi metalli.

Kuparin, messingin ja ruostumattomien terästen syöpyminen ei yleensä kiihdy näiden metallien keskinäisissä liitoksissa eikä niiden liittyessä muihin metalleihin. Kupari ja messinki kiihdyttävät alumiinin, sinkin sekä kuumasinkityn teräksen ja suojaamattoman teräksen syöpymistä. Ruostumatonta terästä voidaan useimmiten liittää yhteen alumiinin ja sinkityn teräksen kanssa, poikkeuksena kloridipitoinen ympäristö, kuten suolattu tieosuus tai meri-ilma.

Hiiliteräksen ja säänkestävän teräksen syöpyminen kiihtyy liitoksessa ruostumattomaan teräkseen, kupariin tai messinkiin.

Kuumasinkityn teräksen ja suojaamattoman hiiliteräksen (rakenneteräksen) liitoskohdassa kasvaa sinkityksen korroosionopeus.

Alumiini ei kiihdytä tavallisen tai säänkestävän teräksen korroosiota. Alumiinia voidaan liittää myös kuumasinkittyyn teräkseen ja ruostumattomaan teräkseen, jos ympäristössä ei ole klorideja.

Yhdistettäessä säänkestävä teräs ja kuumasinkitty teräs sinkin korroosionopeus kasvaa. Säänkestävä teräs muuttuu lisäksi liitoskohdan läheisyydessä vaaleammaksi kuin muualla rakenteessa.

Sähkösinkittyä terästä ei sillankorjaustöissä saa käyttää.

Taulukko 4. Metallien yhteensopivuus ilmastollisessa rasituksessa.

Tarkasteltava metalli on vasemmanpuoleisessa sarakkeessa. Arvostelu perustuu yhden vuoden kenttäkokeen tuloksiin ja on siten vain suuntaa antava.

Käytetty luokitus:

- 0 ei galvaanisen korroosion vaaraa eli tarkasteltavan metallin korroosionopeus ei kasva vaikka se on yhteydessä mainittuihin metalleihin
- I tarkasteltavan metallin korroosionopeus kasvaa
- II tarkasteltavan metallin korroosionopeus kasvaa voimakkaasti.

Lisäksi tarkasteltavan metallin korroosionopeudet eri korroosiotapauksissa on ilmoitettu eri kirjoitustyyliä seuraavasti:

- suora: $x \leq 1 \mu\text{m/a}$
- *kursiivi*: $1 < x < 5 \mu\text{m/a}$
- **lihava**: $x \geq 5 \mu\text{m/a}$

Tarkasteltava metalli		Maaseutuilmast	Kaupunki-ilmast	Meri-ilmast
Hiiliteräs	O: I: II:	sinkki, alumiini, säännestävä teräs ruostumaton teräs, kupari, anodisoitu alumiini	lyijy, sinkki, alumiini, säännestävä teräs ruostumaton teräs, kupari, anodisoitu alumiini	lyijy, sinkki, alumiini, säännestävä ruostumaton teräs, kupari
Ruostumaton teräs	O: I: II:	kupari	kupari	kupari
Kupari	O: I: II:	hiiliteräs, lyijy, anodisoitu alumiini ruostumaton, nikkeli	hiiliteräs, lyijy, anodisoitu alumiini ruostumaton, nikkeli	hiiliteräs, <i>ruostumaton teräs</i> , lyijy, anodisoitu alumiini
Sinkki	O: I: II:	alumiini <i>ruostumaton</i> , anod. alumiini <i>hiiliteräs</i> , kupari	alumiini, magnesium ruostumaton, anod. alumiini <i>hiiliteräs</i> , kupari, lyijy	alumiini, anod. alumiini <i>ruostumaton teräs</i> <i>hiiliteräs</i> , kupari, lyijy
Alumiini	O: I: II:	lyijy, sinkki, anodisoitu alumiini hiiliteräs, ruostumaton teräs kupari, säännestävä teräs	sinkki, anodisoitu alumiini <i>hiiliteräs</i> , ruostumaton teräs lyijy, <i>säännestävä teräs</i> kupari	sinkki, anod. alumiini <i>ruostumaton</i> hiiliteräs, kupari, lyijy, säännestävä
Anodisoitu alumiini	O: I: II:	lyijy hiiliteräs, ruostumaton teräs, kupari, säännestävä	lyijy ruostumaton teräs <i>hiiliteräs, kupari</i>	ruostumaton teräs, <i>lyijy</i> hiiliteräs, kupari
Säännestävä teräs	O: I: II:	ruostumaton teräs	ruostumaton teräs	ruostumaton teräs

4 METALLIRAKENTEIDEN VAURIOT

4.1 Korroosio

4.1.1 Teräksen korroosio

Terässiltojen tai siltojen teräsosien kuntoon eniten vaikuttava tekijä on teräksen korroosio. Korroosiolla tarkoitetaan metallin syöpymistä ympäristön kanssa tapahtuvien reaktioiden seurauksena. Korroosioreaktioiden nopeuteen vaikuttaa se, missä ympäristössä korroosio kehittyy.

Korroosioilmiöt ovat sähkökemiallisia ilmiöitä. Metallin pinnalla on aina epäjatkuvuuskohtia, joiden potentiaali on erilainen. Potentiaalierot muodostavat kosteudessa korroosiopareja. Korroosiovirta on siis sähkövirtaa. Metallin hapettuu (liukenee) sähköparin epäjalommalla osalla eli anodilla. Korroosioparin jalompi osa on katodi (kuva 23).

Korroosioreaktioita syntyy, jos kaikki seuraavat ehdot täyttyvät:

- metallin pinnalla on riittävästi kosteutta
- metallin pinnalla on epäjatkuvuuskohtia (anodi- ja katodialueita)
- korroosioreaktiot voivat tapahtua samanaikaisesti anodi- ja katodialueilla.

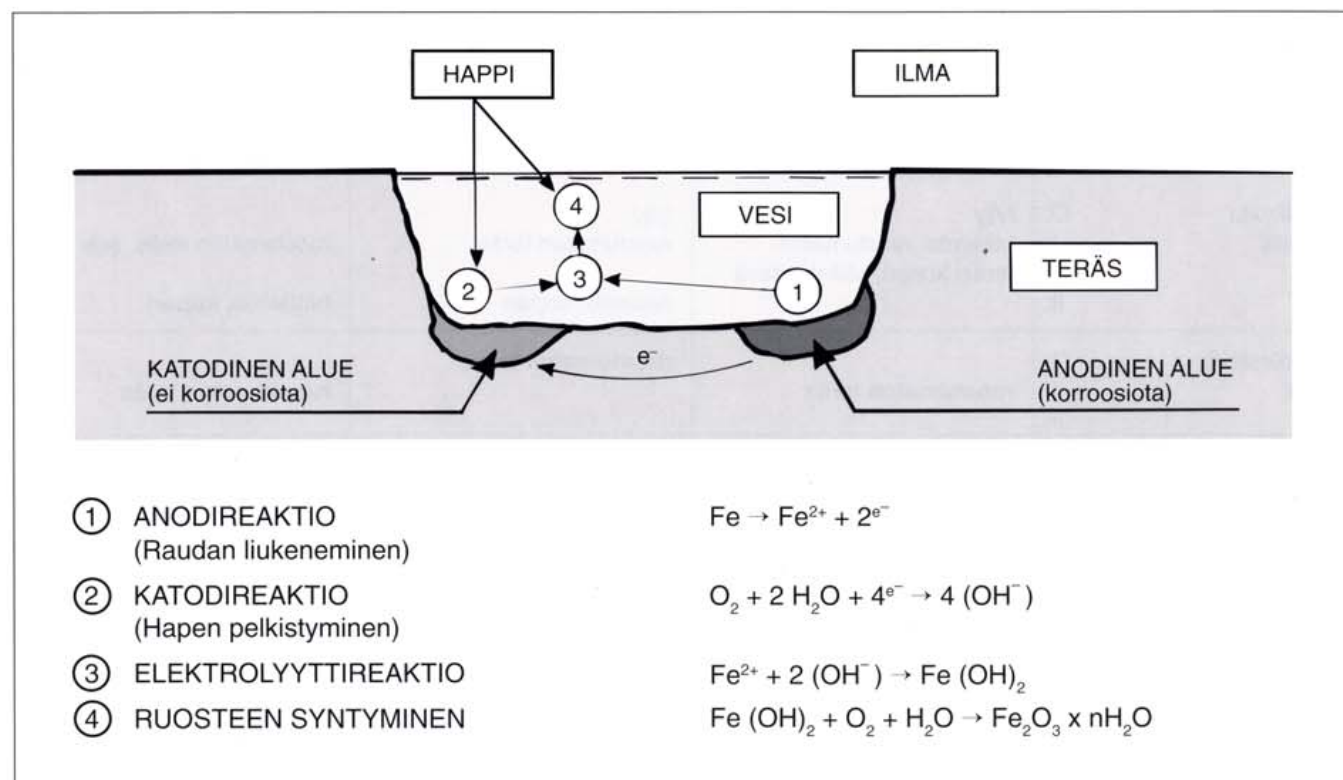
Molemmat jälkimmäiset ehdot ovat ilman korroosionestotoimia aina olemassa, joten korroosio-

ta syntyy aina, kun suojaamattomaan teräspintaan on tiivistynyt kosteutta. Tiivistynyt vesi toimii tällöin elektrolyytinä.

Korroosionopeuteen vaikuttaa elektrolyytin koostumus; suolat ja muut epäpuhtaudet lisäävät korroosionopeutta suuresti. Muita korroosionopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. Korroosiota ei synny alle 0°C:n lämpötilassa, ellei pinnalla ole esimerkiksi maantiesuolaa.

Ilman suhteellinen kosteus, jossa teräksen korroosiota merkittäväällä nopeudella syntyy, on yleensä 60—70%. Korroosiota syntyy tätäkin alhaisemmassa kosteudessa, jos pinnalla on kosteutta keräävää likaa tai suolaa.

Korroosioilmiöt voivat tapahtua tasaisesti koko pinnalla (tasainen eli yleinen korroosio) tai paikallisesti. Tasainen korroosio on tyypillinen suojaamattomien teräspintojen korroosiomuoto ilmastollisessa rasituksessa. Paikallisen korroosion muotoja ovat pistekorroosio, rako- eli piilokorroosio, galvaaninen korroosio, raerajakorroosio, korroosioväsyminen ja jännityskorroosio.



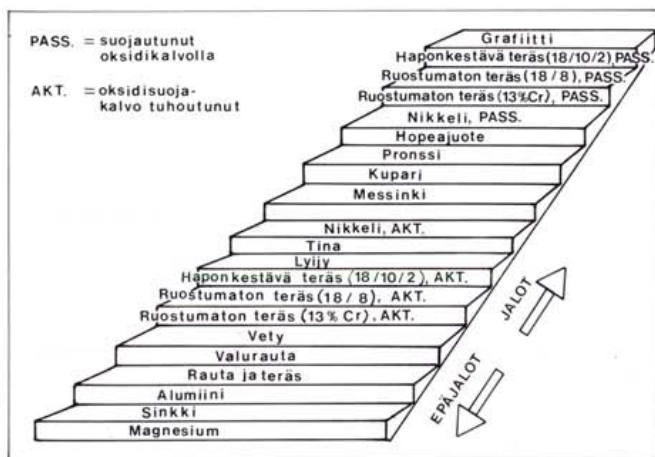
Kuva 23. Korroosioreaktiot teräspinnalla ja ruosteen syntyminen.

Pistekorroosiota syntyy metallin pinnalla olevan suojakerroksen tuhoutuessa paikallisesti esimerkiksi kloridi-ionien vaikutuksesta. Pistekorroosio on tyypillinen ruostumattoman teräksen korroosimuoto. Pistekorroosion estämiseksi valitaan aine, joka ei ole taipuvainen pistemäiseen syöpmiseen; Mo-seostus parantaa ruostumattoman teräksen pistekorroosionkestävyyttä (nk. haponkestävät teräkset). Myös rakenteen pinnan puhtaanapito ehkäisee pistekorroosiota.

Rako- eli piilokorroosiolla tarkoitetaan metallin pinnan syöpymistä kahden pinnan välisessä raossa. Raossa ei hapenpuutteen takia pääse syntymään suojaavaa oksidikalvoa. Lisäksi metallin pinta happea vähemmän sisältävillä alueilla on anodinen verrattuna alueisiin, joissa happea on enemmän. Tällöin syntyy korroosiopari. Rakokorroosio syntyy esimerkiksi seuraavissa tapauksissa:

- niitti-, ruuvi- ja hitsausliitosten raoissa, jotka ovat noin 0,025—0,1 mm
- tiivisteliitoksissa, jos tiivistemateriaali on vettä absorboivaa tai jos tiiviste ei täysin peitä tiivistepintaa
- jos metallin pinnalla on kiinteitä partikkeleita, kuten likaa, hiekkaa tai korroosiotuotekerroksia.

Galvaanista korroosiota syntyy, kun kaksi metallia on sähköisessä kontaktissa toisiinsa. Tällöin epäjalomman metallin syöpyminen kiihtyy ja jalomman metallin syöpyminen pysähtyy lähes täysin. Galvaanisessa korroosiossa syöpyminen on sitä nopeampaa, mitä kauempana metalliparin metallit ovat toisistaan nk. galvaanisessa jännitesarjassa (kuva 24). Galvaanista korroosiota käsitellään enemmän kohdassa 3.6.



Kuva 24. Rakennemetallien jännitesarja eli jalous merivedessä vetyelektrodiin verrattuna.

Jännityskorroosiossa vaikuttaa yhtä aikaa vetojännitys ja syövyttävä ympäristö. Korroosioväsymistä puolestaan aiheuttavat rakenteiden jännitysvaihtelut yhdessä korroosiorasituksen kanssa. Jännityskorroosion ja väsymiskorroosion osuutta siltojen teräsrakenteiden vaurioissa ei ole tutkittu.

Korroosion estämiseksi teräspinnat täytyy suojata. Teräsrakenteiden tavallisin suojaustapa on eristäminen ympäristöstä pinnoittamalla. Siltarakenteiden pinnoitteena on yleensä maali tai kuuma- tai ruiskusinkitys.

Korroosionopeutta voidaan pienentää rakenneratkaisuilla ja kunnossapidolla siten että

- vaikutetaan elektrolyytin koostumukseen pitämällä pinnat puhtaina hiekoitusjätteistä, lumisohjosta ja muusta liasta
- huolehditaan siitä, että pinnoitteiden kunto säilyy riittävän hyvänä
- eristetään eri metalleista tehtyjen rakenneosien liitospinnat toisistaan kumilla, muovilla tai maalilla
- poistetaan tai tasoitetaan anodin ja katodin välinen potentiaaliero eli tehdään materiaalivalinnat vaurioituneita rakenneosia uusittaessa oikein; pintakäsittely tehdään niin, että ulkonäkö soveltuu vanhoihin rakenteisiin.

4.1.2 Alumiinin korroosio

Alumiinille tyypillisiä korroosionmuotoja ovat pistekorroosio, rakokorroosio ja galvaaninen korroosio. Pistekorroosiota aiheuttavat esimerkiksi kloridit, nokihiukkaset tai kupari-ionit. Rakokorroosiota esiintyy tavallisimmin rakenteen ahtaissa raoissa sekä likakerroksen tai eristeen alla. Galvaanista korroosiota aiheuttavat alumiinia jalommat metallit, erityisesti kupari. Korroosion nopeus on 0,1–0,5 µm vuodessa, mutta paikallisesti voi pistekorroosion maksimisyvyys olla huomattavasti suurempi.

Alumiinin ja alumiiniseosten korroosionkestävyys on ilmasto-olosuhteissa hyvä. Pistesyöpyminen on aluksi tavallista, mutta syöpymien eteneminen hidastuu vähitellen. Pitkäaikaisessa ilmastorasituksessa alumiinipinta himmenee ja karhenee vähitellen. Teollisuusilmastossa alumiinipinta voi tulla jopa mustaksi.

Luonnonvesissä alumiinin kestävyys riippuu veden liuenneista aineista. Alumiini kestää pehmeitä vesiä paremmin kuin kovia, päinvastoin kuin sinkitty teräs tai kupari. Karbonaattien, kloridien ja kuparin esiintyminen yhdessä on vaarallisempaa kuin niiden esiintyminen erikseen.

Merivedessä kestävät muokatuista seoksista parhaiten AlMg-seokset. Koska näiden seosten lujuus on hyvä ja ne ovat helposti hitsattavia, ne ovat yleisimmin käytettyjä alumiiniseoksia merivesiympäristössä. Myös AlMn-seosten korroosionkestävyys on erittäin hyvä, mutta niiden käyttöä rajoittaa alhaisempi lujuus. AlMg- ja AlMn-seoksilla on korroosionopeus merivedessä tavallisesti alle 5 µm vuodessa. Ensimmäisenä vuonna keskimääräinen korroosionopeus on 5 µm, mutta sen jälkeen se hidastuu siten, että kymmenvuotisen altistuksen keskimääräiseksi nopeudeksi tulee 0,8–1,5 µm vuodessa.

Alumiinin käyttäytyminen maaperässä riippuu maaperän kosteudesta, happamuudesta, liuenneista suoloista ja happipitoisuudesta. Korroosion kannalta vaarallisimpia ovat vanhat merenpohjan alueet ja täytemaat. Tuhkaa ja hiilimurskaa sisältävät täytemaat ovat erityisen syövyttäviä.

Parhaiten kestävät magnesiumseosteiset alumiinilaadut. Kaikki alumiini- ja alumiiniseosrakenteet pitäisi kuitenkin suojata ennen upotusta maahan. Suojapinnoitteina voidaan käyttää esimerkiksi bitumia tai muovia.

4.1.3 Kuparin korroosio

Kuparimetallien korroosionkestävyys on hyvä. Korroosionkestävyys perustuu metallin pintaan syntyvään suojakerrokseen. Ulkoilmassa kupari muuttuu ensin punaiseksi, mutta tummuu vähitellen ja muuttuu suotuisissa oloissa lopulta vihreäksi patinaksi. Kuparin korroosionopeus on meri- ja teollisuusilmastossakin vain noin 1–3 µm vuodessa. Kupari kestää hyvin vedessä, myös merivedessä. Maaperässä kuparin korroosionkestävyys on hyvä, tavallisesti korroosionopeus on noin 1 µm vuodessa. Happamassa ja suolapitoisessa maaperässä voi korroosionopeus kuitenkin olla jopa 50 µm vuodessa.

Laastit ja betonit eivät käytännön kokemusten mukaan syövytä kuparia. Metallin pinnan värjäytyminen on kuitenkin mahdollista.

4.1.4 Sinkin korroosio

Sinkki on terästä epäjalompi metalli. Sinkin korroosionkestävyys on kuitenkin parempi kuin teräksen, sillä sinkin reagoi ilman kosteuden, hapen ja hiilidioksidin kanssa sen pinnalle syntyy suojaavia alkalikarbonaatteja. Epäpuhtaassa ilmassa suojakerrosten korroosionestokyky heikenee. Sinkin vuotuinen korroosionopeus on maaseutuilmastossa alle 1 µm, kaupunki-ilmastossa 1–2 µm ja teollisuusilmastossa jonkin verran suurempi.

Suolaus kiihdyttää sinkin korroosiota, jos suolaa jää rakenteen pintaan, esimerkiksi rakenteissa oleviin rakoihin tai taskuihin tai likakerrostumiin. Myös tuore betoni ja laasti syövyttävät sinkkiä. Tämä ilmenee mm. kaidepylväiden juurien ruostumisena pylvään ja betonin rajakohdassa.

Kuumasinkityissä putkisilloissa veden virtausnopeus vaikuttaa sinkin korroosionopeuteen. Pehmeä vesi syövyttää sinkkiä enemmän kuin kova vesi. Suomessa vesi on yleensä pehmeää eli kovuussuoloja on vähän. Myös vesien happamoituminen lisää korroosionopeutta.

4.1.5 Lyijyn korroosio

Lyijyä syövyttävät emäksiset aineet. Tämän vuoksi lyijy ei siedä kalkki- eikä sementtipohjaisia aineita. Käytännössä lyijyn syöpymisellä ei ole siltakoh-teissa merkitystä.

4.2 Rakenteelliset vauriot

Siltojen teräsrakenteille tyypillisiä rakenteellisia vaurioita ovat säröt, murtumat ja muodonmuutokset. Vaurioiden tarkastusmenetelmiä ovat näköhavainnot, mittaukset, pintatestaus sekä näytteiden otto ja laboratoriokokeet /5, luku 4/. Teräsrakenteiden vaurioiden selvittämiseen tarvitaan lisäksi erikoistutkimuksia, varsinkin silloin, kun vauriot ovat silmälle näkymättömiä. Erikoistutkimuksia ovat mm. magneettijauhe- ja tunkeumanestetutkimus sekä ultraäänimittaus, joilla etsitään säröjä teräsrakenteista. Lisäksi vaurioiden syiden selvittämiseen voidaan tarvita mm. näytteenottoon perustuvia laboratoriotutkimuksia. Erikoistutkimus tilataan yleensä tutkimuslaitokselta tai asiaan perehtyneeltä konsultilta.

Vaurioita aiheuttavat mm.

- toistuva ylikuormitus
- teräksen korroosio
- teräksen väsyminen
- törmäykset
- perustusten liikkeit.

4.2.1 Säröt

Säröt ovat teräsrakenteiden ja niiden liitosten vedetyllä alueella esiintyviä, tavallisesti toistuvan kuormituksen aiheuttamasta materiaalin väsymisestä johtuvia materiaalin repeämiä. Teräsmateriaalissa, etenkin hitseissä, on useimmiten mikroskooppisia alkusäröjä, joista väsymissäröt voivat saada alkunsa. Myös detaljien huono suunnittelu ja huono hitsaustyö voivat saada aikaan riittävän suuren jännityshuipun särön ydintymiselle. Myös korroosio voi aiheuttaa rakenteeseen jännityshuippuja, joista särö saa alkunsa.

Toistuvan kuormituksen aiheuttamien jännitysvaihteluiden kuormittaessa rakenneosaa säröt voivat kasvaa näkyviksi halkeamiksi ja jopa kokonaisten hitsien repeämiksi ja rakenneosien väsymismurtumiksi. Säröilyä edistävät myös materiaali- ja liitoselementit kuten esimerkiksi laminaarisuus.

Väsymissäröjä esiintyy usein rakenteissa, joissa muodonmuutokset ovat erityisen suuria (esim. riippusilloissa) tai joihin kohdistuu jäykemmistä rakenteista pakkomuodonmuutoksia. Tällaisia rakennedetaljeja voivat olla mm. riipputankojen ja jäykistyspalkkien liitokset sekä betonikannen liitosalueet teräspalkistoon ja teräspalkkien jäykisteisiin. Rakenneosien voimakas värähtely voi myös lisätä merkittävästi väsyttävää kuormitusta.

Kantavat rakenteet, kuten pää-, sekundääri- ja poikkipalkit sekä riipputangot, joissa näkyviä säröjä on havaittu, tulisi korjata heti. Säröt voivat edetessään johtaa nopeasti rakenteen tai jopa koko sillan kantokyvyn menetykseen.

Sekundäärisissä rakenteissa, kuten jäykisteissä, havaitut säröt eivät ole yhtä vaarallisia. Niissäkin säröt ovat kuitenkin oire rakenteen huonosta toiminnasta. Säröt voivat edetä esim. jäykistehitseistä palkkien uumaosiin tai ne voivat edetessään heikentää rakenneosien vakautta. Säröjen kehittymistä on seurattava ja ne on korjattava riittävän nopeasti.

4.2.2 Murtumat

Siltojen teräsosat voivat murtua mm. väsymissä-röilyn, korroosion tai niiden yhteisvaikutuksen seurauksena. Tyypillisiä murtumia ovat liitinelimien, niittien ja ruuvien murtumiset korroosion ja pysyvän jännitystilän seurauksena. Riippusilloissa ovat riippuköysien yksittäisten säikeiden murtumiset yleisiä pintakäsittelyn vaurioiden aiheuttaman syöpymän takia. Yksittäisten säikeiden murtuminen ei ole vielä vaarallista, jos ilmiö voidaan pysäyttää pintakäsittelyä parantamalla. Jatkuessaan säikeiden murtuminen voi johtaa koko riippuköyden uusimiseen.

4.2.3 Muodonmuutokset

Siltojen teräsosien muodonmuutokset ja pahimassa tapauksessa murtumat aiheutuvat joko ulkoisista tekijöistä, kuten ajoneuvojen törmäyksistä ja perustusoloissa tapahtuneista muutoksista, tai sisäisistä tekijöistä, kuten yksittäisten rakenneosien murtumisesta tai liitosten liukumisesta.

Tyypillisiä törmäysvaurioita ovat ylikorkeiden ajoneuvojen ristikko- ja kaarisiltojen yläpuolisiin porttaalisauvoihin aiheuttamat vauriot. Myös ajoneuvojen törmäysten ja tieltäsuistumisten takia voivat esim. riipputangot ja kaiteet vaurioitua.

Tukien painumat ja riippusilloissa myös vastapainoankkureiden siirtymät voivat aiheuttaa siltojen palkistoihin pysyviä muodonmuutoksia. Näitä voi aiheutua myös ylliraskaista kuljetuksista rakenteen teräsjännityksen ylittäessä myötörajan.