

Teräs

Perustietoa arkkitehtipiskelijälle

Teräs

Perustietoa arkkitehtipiskelijälle

Johdanto

Tämä oppikirja on tarkoitettu perusoppaaksi arkkitehtiopiskelijoille.

Tekninen tieto on oleellinen osa kokonaisvaltaista arkkitehtonista ajattelua. Ensimmäisinä opiskeluvuosina omaksuttu tieto ja käsitykset muodostavat tärkeän pohjan koko ammattikuvan muodostumiseen.

Kirja sisältää keskeisiä perustietoja teräsrakenteiden suunnitteluun. Kirjan tarkoitus on toimia käsikirjana ja myös oppaana harjoitustöitä tehtäessä.

Kirjan tiedot perustuvat laajahkoon lähdeaineistoon, josta on pyritty kokoamaan yksinkertaistettu kokonaiskuva teräksestä, sen ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista.

Kirjan on toimittanut ja kirjoittanut arkkitehti, yliopisto-opettaja Päivi Väisänen Teknillisestä korkeakoulusta.

Työn valvojina ovat olleet toimitusjohtaja Markku Leino Teräsrakenneyhdistys ry:stä sekä professori Antti-Matti Siikala Teknillisestä korkeakoulusta.

Tekstiä ovat kommentoineet myös erityisasiantuntija Unto Kalamies Teräsrakenneyhdistys ry:stä, DI Jukka Säynäjäkangas Outokumpu Tornio Works'ista sekä professori Tor-Ulf Weck, professori Pentti Mäkeläinen ja professori Aino Niskanen Teknillisestä korkeakoulusta. Kiitokset heille.

Luonnos on kiertänyt luettavana myös Rautaruukissa, ja aineistoa on saatu eri tahoilta. Kiitokset kaikille.

Kirjaa on tukenut Rautaruukki Oyj.

Toimitus:
Päivi Väisänen, arkkitehti SAFA,
yliopisto-opettaja, TKK

Taitto:
Teemu Seppänen, arkkit. yo

© TKK Arkkitehtiosasto
Rakennusoppi 2007

ISBN 978-951-22-8651-5

Kirjapaino:
Vammalan kirjapaino Oy,
Vammala 2007

Teräs

Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle

1. Raudan ja teräksen historiaa

- 6 Rautamalmin rikastamisen historiaa
- 12 Rauta- ja teräsarkkitehtuurin historiaa

2. Rauta ja teräs

- 25 Valurauta
- 27 Teräs
- 28 Teräsrakenteen ominaisuuksia
- 31 Korroosio
- 33 Teräksen ekologisuus
- 34 Teräslajien valmistus
- 35 Hiilipitoisuus
- 35 Kiderakenne
- 40 Seosaineet
- 41 Korroosion esto
- 42 Ruostumattomat ja säänkestävät teräkset
- 44 Teräksen pintakäsittelyt
- 52 Teräksen työstö
- 56 Teräsosien liitostavat
- 59 Teräksen käyttö rakentamisessa
- 61 Teräsrakenteet
- 67 Ohutlevyrakenteet
- 73 Täydentävät rakenteet
- 75 Korjausrakentaminen

3. Alumiini

- 78 Alumiini

4. Kupari

- 82 Kupari
- 84 Lähteitä ja kirjallisuutta
- 86 Kuvaluettelo

Terminologiaa

Rauta Fe (Ferrum) on epäjalo metalli, joka reagoi monen alkuaineen kanssa etenkin kuumennettaessa. Rauta ei esiinny yleensä puhtaana, vaan siinä on aina hiiltä C (Carbonum).

Valurauta = hiilipitoisuus on yli 1,7 %

Teräs = hiilipitoisuus on alle 1,7 %

Raakarauta = puolivalmis, jalostamaton rauta

Musta rauta, meltorauta = erittäin matalahiilinen ja pehmeä teräs

Takorauta = sitkeä ja muokattava teräs, alhainen hiilipitoisuus

Keittorauta, keittoteräs = ahjossa melloitettu sitkeä, kuonapitoinen teräs

Takkirauta eli harkkorauta = masuunista valutettu pelkistetty rauta, joka on valettu alustavasti harkon muotoon, hiilipitoisuus yli 4,5 %.

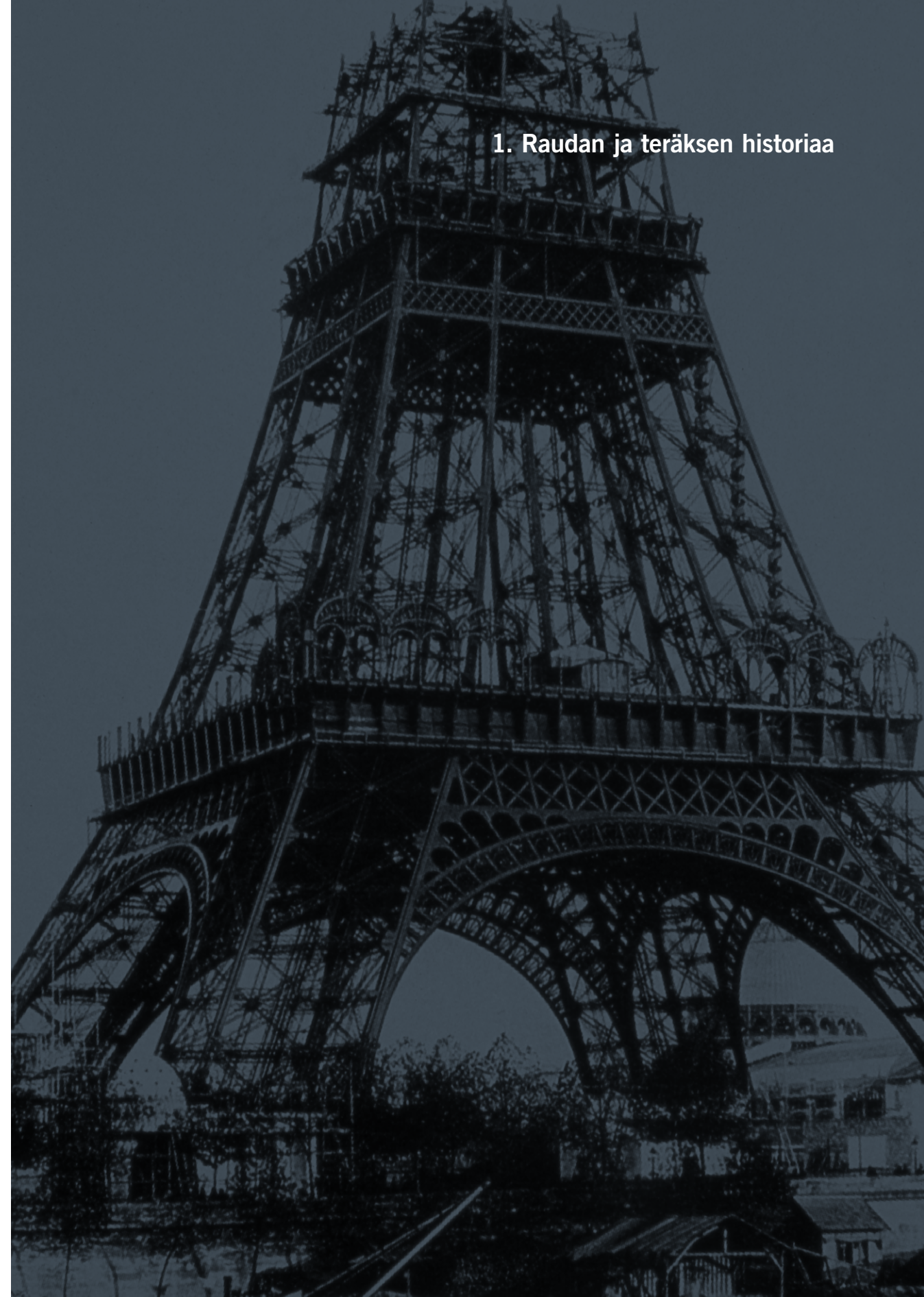
Kankirauta ja nippurauta = teollisesti melloitettu teräs, joka on esivalssattu paksummiksi (kankirauta) tai ohuemmiksi (nippurauta) tangoiksi, hiilipitoisuus alle 0,5 %.

Rikastaminen = rautamineraalit erotetaan malmin sivukivistä

Pelkistys = rautaoksideista poistetaan happi kaksin poltosta syntyvän hiilimonoksidin avulla

Mellotus = hiilen poistokäsittely

1. Raudan ja teräksen historiaa



Rautamalmin rikastamisen historiaa

Rautakausi

Rautakausi alkoi, kun rautaa opittiin käyttämään aseisiin ja työkaluihin. Rautaa on käytetty kauan myös rakennusten osina, mutta itsenäinen rakennusmateriaali siitä tuli vasta teollisen vallankumouksen aikana. Oikeastaan elämme edelleen rauta-aikaa, koska rauta on nykyisenkin kulttuurin keskeinen perusta.

Ensimmäiset vaatimattomat todisteet raudan käytöstä ovat Sumerista ja Egyptistä noin 6000 vuotta sitten. Rautaa kerättiin meteorien jäännöksistä.

Raudan valmistamisen keksivät Lähi-idässä asuneet heettiläiset noin 3400 vuotta sitten. Sieltä raudanvalmistus levisi vähitellen Kreikkaan ja Roomaan. Pohjois-Euroopassa se alkoi noin 2500 vuotta sitten.

Suomen vanhimmat tunnetut raudanvalmistuspaikat ovat yhtä vanhoja kuin ensimmäiset rautaiset tuontiesineet. Raudanvalmistustaito omaksuttiin maan eri osissa samoihin aikoihin. Tieto saattoi tulla monelta suunnalta sen mukaan, mihin kullakin ryhmällä oli entuudestaan yhteyksiä.

Suomessa raudan yleistymiseen vaikutti ratkaisevasti se, että lähes joka talossa voitiin valmistaa yksinkertaisia työkaluja kotoisesta järvimalmista. Pronssi oli kallista tuontitavaraa ja sen omistaminen ja välitys oli ainakin läntisen pronssikulttuurin piirissä keskittynyt yläluokalle. Kotoinen rauta mursi kauppavallan ja muutti samalla yhteiskuntarakennetta, kun jokainen sai mahdollisuuden parantaa elintasoaan raudan avulla.



Kreikkalainen tulen ja sepäntaidon jumala Hefaistos ahjonsa ääressä.

Koska rauta on huomattavasti lujempaa kuin pronssi, elintason muutos oli merkittävä. Vasta rautaiset aurat tekivät pohjoisen maista viljeltäviä.

Sepäntyötä kuten muutakin käsityöläisyyttä alettiin ohjata ja säännöstellä valtion toimesta 1500-luvulta lähtien. Silti Suomen maaseudulla oli yksityisiä kotitarvepajoja ammattiseppien pajojen rinnalla 1900-luvulle asti.

Raudan lähteet

Rautameteorit ovat vanhin rautalähde. On arveltu että Kalevalan Sampo saattoi olla rautameteor.

Järvimalmia on haravoitu Suomessa soiden ja järvien pohjasta jo 2500 vuotta sitten. Järvimalmi syntyy siten, että rauta siivilöityy hiekkaharjun läpi ja saostuu pillerin muotoiseksi joutuessaan kosketuksiin hapekkaan pintaveden kanssa. Järvimalmin kivianespitoisuus on pienempi kuin vuorimalmissa, mutta fosforia siinä on paljon.

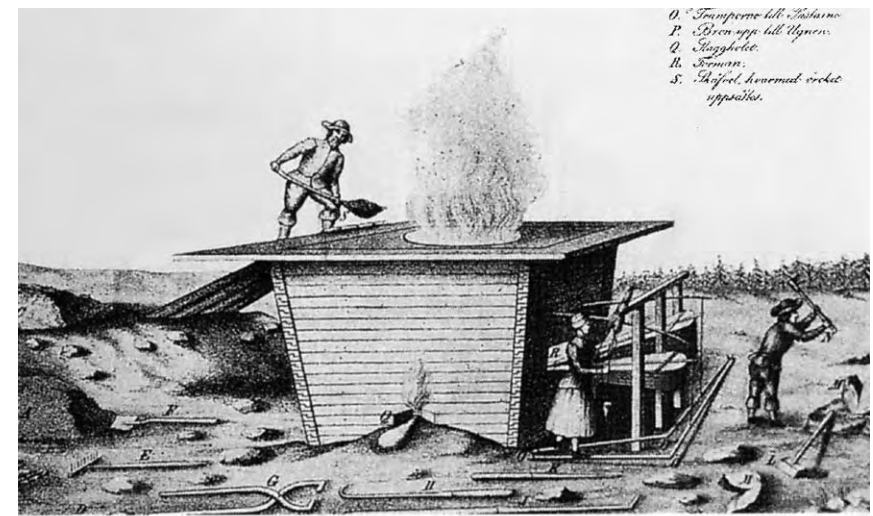
Maan kuoressa on rautaa noin 4,7%. Tärkeimmät rautamalmit ovat rautaoksideja (hematiitti, magnetiitti ym.). Vuorimalmia on louhittu Ruotsissa 1200-luvulta lähtien. Ruotsalainen vuorimalmi sisältää rautaa jopa 70% (yleensä 45-50%).

Raudan valmistuksessa käytetty puuhiili poltettiin miiluisia. Työ teetettiin aina paikallisilla talonpojilla.

Suora pelkistys

Suora pelkistys eli reduktio on vanhin raudanvalmistustapa. Nuotiossa kuumennettu eli pasutettu malmi ja hiili ladotaan yhtäaikaa kuumen pelkistysuunin yläosaan. Palavaan hiileen puhalletaan ilmaa palkeiden avulla. Malmi reagoi hiilimonoksidin kanssa jo suhteellisen alhaisessa lämpötilassa (1100 – 1300 °C), jolloin raudan muut oksidit jäävät pelkistymättä. Näin raudasta tulee suhteellisen puhdasta ja vähähiilistä. Uunin pohjalle, kuonan alle, kertyy pieni huokoinen rautakimpale (ns. rautasieni), jota voidaan takoa sellaisenaan. Takominen tiivistää raudan ja poistaa loput kuonat.

Suoraan pelkistykseen käytetty vanhin uunityyppi oli kertakäyttöinen, kivillä vuorattu maakuoppa. Varhaiskeskiajalla kehitettiin harkkoyhti eli hyttiuuni, päältä avoin ja kivistä muurattu pystyuuni, jota voitiin käyttää useita kertoja. Talonpoikaisia hyttiuuneja käytettiin vielä 1700-luvulla, kunnes rautaruukkien tuottama edullinen ja parempilaatuinen rauta yleistyi. Pisimpään kansanomaisen raudanvalmistus säilyi Itä- ja Pohjois-Suomessa eli 1900-luvun alkuun.



Harkkoyhti Taalainmaalla 1730-luvulla.

Epäsuora pelkistys

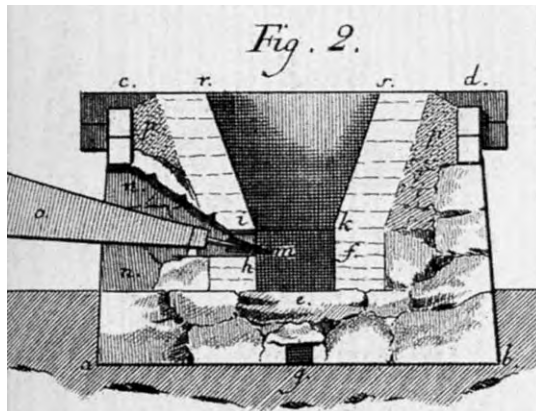
Epäsuora pelkistys kehitettiin Manner-Euroopassa vuoden 1400 paikkeilla. Ruotsissa se otettiin käyttöön 1500-luvulla. Epäsuorassa pelkistyksessä hiili ei ota suoraan osaa reaktioon.

Kun harkkoyhtiä kasvatettiin ylöspäin, syntyi masuuni. Masuuni oli tehokkaampi kuin hyttiuuni, koska sitä voitiin käyttää yhtäjaksoisesti vaikka vuosi. Näin saatiin enemmän rautaa kuin hyttiuunissa, jossa puhallus keskeytettiin kunkin rautarän jälkeen. Raudasta tuli myös tasalaatuisempaa.

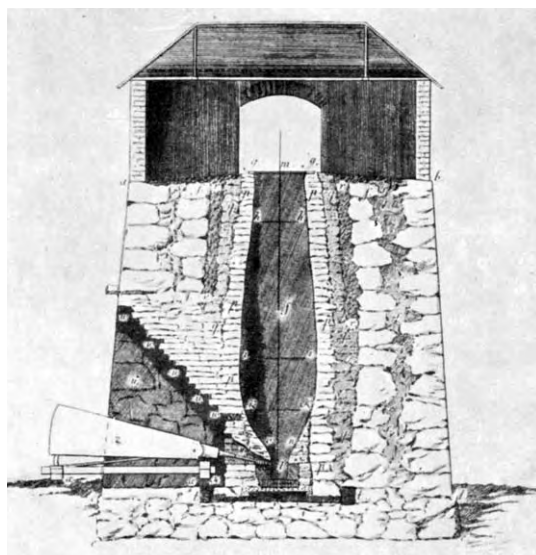
Masuunin korkeassa lämpötilassa rauta sulaa. Samalla siihen liukenee muitakin aineita, kuten hiiltä 4-5 %. Näin raudasta tulee haurasta eikä sitä voi heti takoa.

Sula rauta valettiin ennen masuunista harkoiksi eli takkiraudaksi. Takkirauta käytettiin valurautana tai se jatkojalostettiin takoraudaksi. Järvimalmista tehtiin yleensä valurautaa, koska masuunikäsittelyssä sen fosforipitoisuus jäi korkeaksi, aiheuttaen kylmähaurautta.

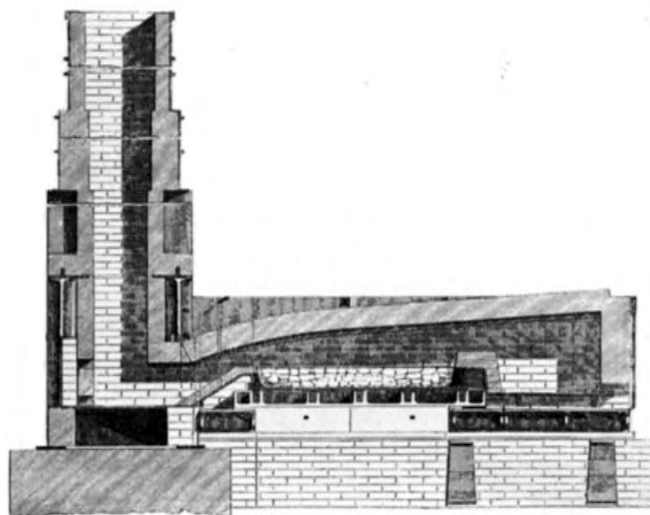
Mellotus eli rautakappaleen kuumennus ahjossa polttaa raudasta hiiltä, jolloin rauta sitkistyy. Tuloksena on takorautaa eli terästä.



Harkkohytti



Masuuni



Putlausuuni

Teollinen vallankumous

Metsien väheneminen miilujen ja masuunien kitaan oli aikoinaan vakava ongelma. Kivihiltä ei voitu käyttää raudan valmistukseen, koska siinä on liikaa rikkiä, joka liukenee rautaan haurastuttaen sitä.

Puuhiilen takia Ruotsi oli Euroopan suurin raudanviejä ja Englanti sen tärkein ostaja, kunnes Abraham Darby III kehitti koksen Coalbrookdalessa vuoden 1710 paikkeilla. Näin Englannista tuli omavarainen raudan suhteen ja massatuotanto saattoi alkaa.

Koksi valmistetaan kivihilestä kuumentamalla sitä hapettomassa tilassa eli kuivatislaamalla. Koksen myötä ahjo muuttui putlausuuniksi (Henry Cort 1784), jossa polttoaine ei ollut enää välittömässä kosketuksessa raakaraudan kanssa. Putlausuunin avulla valmistettiin entistäkin sitkeämpää ja lujempaa terästä.

Teollistumisen kannalta oleellisen tärkeitä keksintöjä olivat myös höyrykone (James Watt 1782), höyryveturi (George Stephenson 1829) ja valssauslaitos, jolla valssattiin ratakiskoja (mm. Henry Cort).

Näiden keksintöjen ansiosta teollisuus ei ollut enää riippuvainen metsistä, koskivoimasta tai vesireiteistä, vaan saattoi aloittaa suurtuotannon lähes missä tahansa junaradan ulottuvilla, esimerkiksi kaupungissa. Tällä oli suuret vaikutukset myös yhteiskunnallisesti.

Teollistumisen varhaisvaiheita Suomessa

Jo 1500-luvulla Suomeen perustettiin kokeiluluontoisesti ensimmäiset rautaruukit Kvarnby ja Mustio. Suomessa oli metsää hiilenpolttoon sekä koskivoimaa. Taustalla olivat myös Ruotsin suurvaltapyrkimykset ja asevarustelu. Suomen malmilöydökset jäivät kuitenkin kaikkina aikoina pieniksi eikä laatukaan ollut yhtä hyvää kuin Ruotsissa.

Suomen ruukkiteollisuus käynnistyi laajemmin 1600-luvulla. Kotimaista malmia käytettiin kun sitä oli saatavana, mutta suuri osa rannikkoseudulle perustetuista ruukeista toimi Ruotsista tuodun malmin ja raudan jatkojalostajina. Itä-Suomessa käytettiin pääosin järvimalmia.

Ammattimiehet tulivat usein ulkomailta ja toivat työtavat mukanaan (saksalaistaonta, yksi ahjo, vallontaonta, kaksi ahjoa). Masuunit ja ahjot sijaitsivat usein eri paikkakunnilla ja ruukit toimivat yhteistyössä. 1600-luvun työyhteisliittymiä olivat esimerkiksi Mustio-Antskog-Fiskars sekä Billnäs-Fagervik-Skogby.

1700-luvun puolivälissä raudan kysyntä kasvoi ja synnytti lisää ruukkeja (Björkboda, Leineperi, Mariefors ym.). 1800-luku oli Itä-Suomen järvimalmiruukkien kukoistusaikaa, jota vielä Saimaan kanava vauhditti. Ruukkien alamäki alkoi 1800-luvun lopulla, kun ulkomaisen raudan tullit laskivat ja uudet rautatiet helpottivat edullisemman raudan kuljetuksia.

Ruukit olivat luonteeltaan omavaraistaloutta ja useimmiten ne keräsivät ympärilleen ruukinkylän. Nykyisin ne ovat lähinnä arkkitehtonisia nähtävyyksiä ja "manufaktuuriin" (käsiteellinen) valmistus jatkuu joissakin niistä enää rajoitetusti.



Järvimalmin nostoa

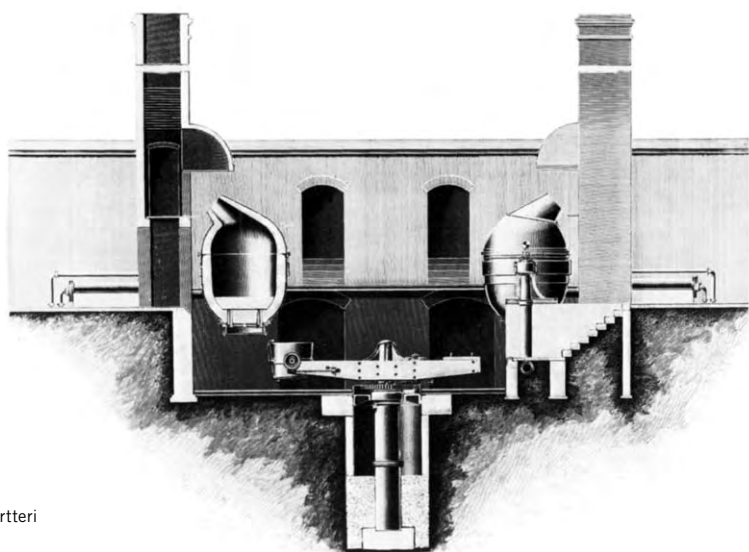
Varhaiset koneet ja tuotteet

Käsintakomisen sijaan tulivat paikoin jo 1600-luvulla koneelliset vasarapajat. Kankipajoissa taottiin vientituotteet kanki- ja nippurauta. Manufaktuuripajoissa tehtiin nauvoja ja muita rautakaluja, hienotaepajoissa veitsiä ja saksia. Fagervikin ruukki oli 1750-luvulla jopa Euroopan suurin tinatun kattopellin valmistaja.

Seostuskokeiluja jalometalleilla tehtiin ensi kertaa Englannissa vuonna 1818. Seosterästen kaupallinen menestys työkaluteräksinä alkoi kuitenkin vasta 1800-luvun viimeisellä neljänneksellä.

Suomen ensimmäiset valimot ja konepajat perustettiin 1800-luvun alkupuolella, osa niistä itsenäisiksi kaupunkieihin. Varhaisia tuotteita olivat esimerkiksi Fiskarsissa valmistetut valurautapilarit Finlaysonin tehdasrakennukseen Tampereelle 1837 sekä höyrykone siipiratasalus Helsingforsiin 1838.

Rakennusteräksiä alettiin valssata ensin Keski-Euroopassa, esimerkiksi lattarautaa 1700-luvun lopulla, kulmarautoja 1830-luvulla ja I-palkkeja 1850-luvulla. Aaltopelti kehitettiin Englannissa 1850-luvulla. Valssatun raudan suuri veto- ja puristuslujuus mahdollistivat yhä pidempiä jännevälejä. Raudan laadun paraneminen, koneiden kehitys ja rakentamisen tarpeet innostivat ja ruokkivat toisiaan.



Bessemerin konvertteri

Tekniikka kehittyy

Masuuneista tuli 1800-luvulla suurempia, pari-kolmekymmentä metriä korkeita ja monimutkaisempia. Masuunikaasuja alettiin ottaa talteen ja kylmän puhallusilman tilalle tuli kuumapuhallus.

Bessemerin konvertteri tuli putlausuunin tilalle 1850-luvulla ja se tuotti terästä ratkaisevasti edullisemmin, enemmän ja suurempina kappaleina. Voidaan jopa sanoa, että vasta nyt laajamittainen teräsrakentaminen tuli mahdolliseksi. Mellotuksessa ilmaa puhallettiin päärynänmuotoisen konvertterin pohjasta sulan raakaraudan läpi, jolloin siinä olevat fosfori, hiili ja pii alkoivat palaa.

Thomas-konvertteri (1879) toimi samaan tapaan kuin edellinen, mutta lopputulokseen jäi vähemmän epäpuhtauksia.

Siemens-Martin-uuni kehitettiin Keski-Euroopassa 1864. Teräs valmistettiin ilman ja kaasun avulla raakaraudasta ja romusta pitkässä ja matalassa lieskaunissa.

Suomeen uutuudet tulivat viiveellä. Ensimmäinen putlausuuni ja valssilaitos asennettiin Högforsin ruukkiin vuonna 1853. Putlausuuneja asennettiin erityisesti järvimalmiruukkuihin. Ensimmäinen Siemens-Martin-uuni otettiin käyttöön Taalintehtaalla 1879. Vuoteen 1913 mennessä Siemens-Martin-uuneja oli Suomessa jo kahdeksan.

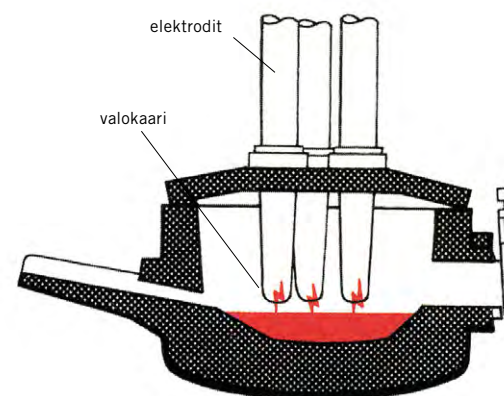
Nykyajan terästehtaat

Kuumennuksessa siirryttiin 1900-luvulla öljyyn ja sähköön. Toiminnan ydin on edelleen masuuni, tosin erilainen ja paljon suurempi kuin vanhat masuunit.

Koska puhallusilmasta liukenee teräkseen haitallista tyyppiä, mellotuksessa siirryttiin puhtaaseen happeen. Vanhat ilmapuhallukseen perustuvat menetelmät jäivät pois 1970-luvun loppuun mennessä. Asiaan vaikuttivat myös vanhojen laitteistojen käyttöikä sekä sähkön ja öljyn hintakehitys.

Sähköuunimenetelmä omaksuttiin Ruotsista ensimmäisen maailmansodan aikana Imatralla ja Nokiolla. Nykyisin sähkö- eli valokaariuunissa sulatetaan ensisijaisesti romurautaa. Valokaariuuneja on Suomessa Imatran ja Tornion terästehtailla sekä Karhulan ja Lokomon valimoissa.

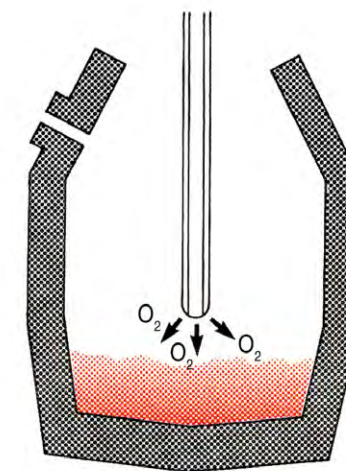
Happipuhallus- eli LD -menetelmä (nimi Linzin ja Donawitzin kaupunkien mukaan) kehitettiin Itävallassa 1950-luvun alussa. Taloudellisena rakenneterästen valmistusmenetelmänä se mahdollisti nykyaikaisen laajamittaisen terästeollisuuden synnyn. LD-konverttereita on Suomessa Raahan ja Koverharin terästehtailla.



Valokaariuuni

Ruostumattoman teräksen koostumus keksittiin Ranskassa vuonna 1904, mutta sen kaikkia ominaisuuksia ei heti havaittu. Pitkä kehitystyö, jota tehtiin yhteistyössä terästehtaiden laboratorioissa Englannissa (Sheffield) ja Saksassa (Krupp), johti ensimmäisiin valukappaleisiin ja kaupallisiin sovelluksiin vuonna 1912. USA:ssa ruostumattoman teräksen valmistus alkoi 1920-luvulla. Aluksi sulatettiin rautaa ja matalahiilistä ferrokromia valokaariuunissa. AOD-menetelmä kehitettiin 1960-luvulla ja siinä mellotus tapahtuu hapen ja inertin kaasun seoksella (argon ja typpi). Suomessa AOD-menetelmää käyttävät Tornion jalotehdas sekä Karhulan teräsvalimo.

Suorapelkistys on viime aikoina alkanut herättää kiinnostusta masuuniprosessin korvaajana. Suorapelkistys tapahtuu niin alhaisessa lämpötilassa (700-1050°C) että rauta ei sula. Tällöin raudan hiilipitoisuus jää alhaisemmaksi kuin masuunissa valmistetussa raakaraudassa. Pelkistyksen jälkeen rauta on kiinteässä muodossa, joko rautasiemenä tai pulverina. Käytössä on eri suorapelkistysmenetelmiä, jotka eroavat toisistaan uunin rakenteen ja polttoaineen suhteen, kuten kuilu-uuni-, rumpu-uuni- ja leijupatjamenetelmä sekä rautakarbidiin valmistus. Uusin kehitteillä oleva menetelmä on sulapelkistys, jossa käytetään raaka-aineina hienoa rautaoksidirikastetta ja kivihiiltä. Vuonna 2002 valmistettiin suorapelkistysmenetelmillä noin 7% maailman raakaraudasta.



LD-konvertteri

Rauta- ja teräsarkkitehtuurin historiaa

Rauta osana rakennetta

Raudan kehitys rakennusmateriaaliksi alkoi noin 2500 vuotta sitten kreikkalaisten käyttämästä rautasinkilöistä, joilla varmistettiin kivirakenteiden liitoksia. Roomalaiset omaksuivat myös tämän tavan.

Kallista rautaa käytettiin aluksi niukasti ja vain siellä, missä sitä aivan välttämättä tarvittiin. Rautaisia suoria vetotankoja on käytetty tiiliholveissa gotiikasta lähtien. Myös rautavahvikkeita, jotka ottavat vastaan vetojännityksiä kivi- tai puurakenteiden sisällä, on käytetty jo satoja vuosia. Näin on varmistettu esimerkiksi suurten kupolien koossapysymistä, kuten Hagia Sofiassa (523–537) ja Pietarinkirkossa (kupolin toteutus Michelangelon suunnitelmien pohjalta Giacomo della Porta 1588-90).

Esimerkkejä raudoituksin vahvistetuista kivirakenteista ovat Louvren pylväikkö (Perrault 1670), Pariisin Pantheon (Soufflot ja Rondelet 1780) ja Helsingin Tuomiokirkko (Engel 1819, rak. 1832-52); samalla kivirakenteita voitiin ohentaa.

Raudoitukset johtivat osaltaan teräsbetonin keksimiseen 1800-luvun puolivälissä.



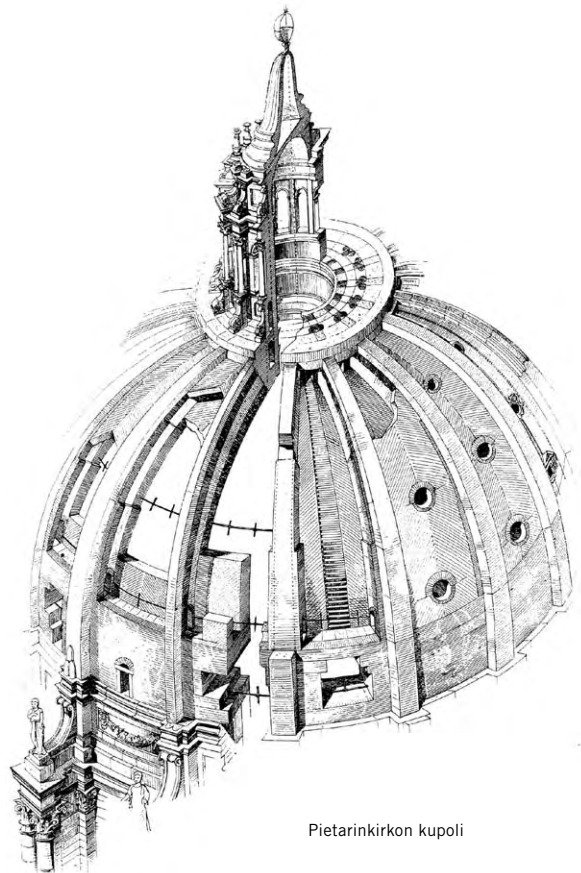
Kreikkalainen kiviliitos

Rauta itsenäisenä rakennusmateriaalina

Itsenäiseksi rakennusmateriaaliksi rauta alkoi kehittyä vasta, kun opittiin valmistamaan tarpeeksi laadukasta terästä suurissa erissä. Tämän teki mahdolliseksi teollinen vallankumous 1700-luvulla.

Puun ja raudan välinen kilpailu alkoi ja sai aikaan nopean kehityksen, jossa sekä insinööritaidot että rakennusmuodot ja tilaratkaisut edistyivät. Puurakentaminen oli kuitenkin vallalla koko 1700- ja osittain 1800-luvun. Rautarakentaminen lainasi pitkään piirteitä puurakentamisesta.

Teollinen vallankumous toi käsityöläisen tilalle rakennusinsinöörin, joka alkoi korvata "mestareiden" ammattitaitoa kokeellisilla ja analyyttisillä laskelmilla. Ensimmäisen kerran laskelmia käytettiin Pariisin Pantheonissa 1780, mutta varsinainen muutos suunnittelumetodeissa tapahtui 1850-1870, jolloin opittiin laskemaan yksinkertaisia rakenteita matemaattisesti.



Pietarinkirkon kupoli

Raudasta tehtiin ensin mm. siltoja ja teollisuuden rakenteita, joista saatuja oppeja sovellettiin muuhun arkkitehtuuriin. Raudan ja teräksen laadun parantuessa niitä voitiin käyttää yhä rohkeammin. Itsenäisenä vertikaalirakenteena rautaa ja terästä alettiin käyttää 1830-luvulla. Vaikka teräs materiaalina kehittyi, myös halvempaa valurautaa käytettiin sen rinnalla koko 1800-luvun ajan.

Muutos takoraudasta teräkseen 1800-luvun lopulla mahdollisti korkeammat sallitut kuormitukset ja jännitykset sekä suuremmat valssatut kappaleet. Leveälaiippaisia palkkeja alettiin tehdä vuonna 1900 ja korkealujuusterästä 1910. Ruostumaton teräs tuli markkinoille 1920-luvulla, mutta kantavina rakenneteräksinä sitä on alettu käyttää vasta 1990-luvulla.

1800-luvun loppuun mennessä rauta ja teräs yleistyivät yhä suurempina rakennuksina ja rakennelmina, kunnes teräsbetoni alkoi vallata markkinoita 1900-luvun taitteessa. Teräksen käyttö lisääntyi silti, mutta sen luonne muuttui peiteltymmäksi: se oli osana rakennetta kuten betoniraudoituksena. Paljaita kantavia rauta- ja teräsrakenteita nähtiin enää vain siltojen ja teollisuushallien rakenteissa, kunnes niiden uusi nousu alkoi 1960- ja 1970-luvuilla.

Uusia rakennustyyppejä, uutta arkkitehtuuria

Höyrylaivan ja junan keksiminen johti uusiin rakennustyyppeihin, jotka olivat vailla historiallisia esikuvia. Niitä olivat rautatieasemat, satamavarastot, kauppahallit, katetut galleriat, kasvihuoneet, näyttelyrakennukset, uudet kirjastot ja sairaalat jne.

Uusi rakennusmateriaali mahdollisti suuria ja vaikuttavia rakennelmia. Hoikka runkorakenne avasi katot ja julkisivut laajoille lasipinnoille; tällä oli myös käytännöllistä merkitystä etenkin ennen sähkövalon keksimistä.

Äärimmillään rautarakenteiden estetiikka perustui rationaaliseen ja pelkistettyyn rakenteeseen, jolloin insinöörin ja arkkitehdin työtä ei voinut enää erottaa toisistaan.

Tuloksena oli uutta ja ennen näkemätöntä arkkitehtuuria, täysin erilaista kuin samoihin aikoihin vallinnut raskasilmäinen pastissiarkkitehtuuri. Aikalaisten ei ollut aina helppo nähdä näiden uusien luomusten arvoa, mutta nykyisin monia niistä pidetään modernin arkkitehtuurin avaintöksinä.

Esivalmistetut rakenneosat

Teollinen vallankumous edellytti paljon koneenosia, kysynnästä seurasi suuri valimoiden määrä, ja niin syntyi kapasiteettia myös esivalmistettujen rakenneosien valmistukseen. Ne alkoivat levitä 1700-luvun puolivälissä eri puolille Eurooppaa. Suomessa Fiskars alkoi valmistaa niitä 1830-luvulla.

1700-luvun lopulla teollisuus alkoi tarvita monikerroksisia varasto- ja teollisuusrakennuksia, joiden vapaa lattiapinta maksimoitiin hoikkien valurautapilareiden avulla. Ullakko voitiin ottaa käyttöön valurautaisten kattotuolien ansiosta. Rautaa pidettiin aluksi myös palonkestävänä ja hygieenisenä. Englannissa rakennettiin jopa täysrautaisia kirkkoja, kunnes kokemusten kautta opittiin tuntemaan raudan ja teräksen käyttäytymistä tulipalossa.

Kun raudasta ja teräksestä alettiin tehdä kokonaisia rakennuksia, ne oli edelleen koottava pienistä osista, koska mm. nostotekniikka oli puutteellista. Jotta osat osuivat paikalleen, niiden oli oltava mittatarkkoja ja helposti liitettäviä. Teräsosat voitiin tehdä etukäteen valmiiksi kiinnitysreikiä myöten ja liittää nopeasti toisiinsa, usein vain syntyvään rakenteeseen tukeutuen.

Rautaisten rakennusosien esivalmistus ja massatuotanto johtivat luontevasti rakennejärjestelmiin, standardisointiin ja modulaarisiin mittajärjestelmiin, seikkoihin joihin nykypäivän teollinen rakentaminen yleisesti nojaa.

Valurauta



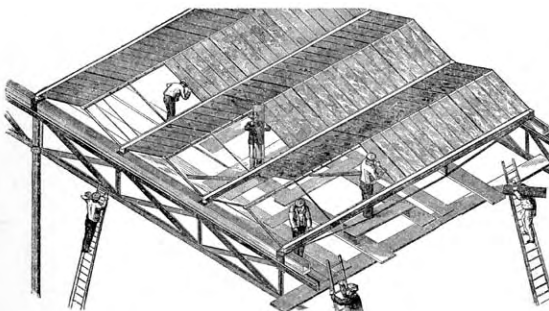
Coalbrookdalen silta (1777-79) on maailman ensimmäinen valurautasilta. Liitokset ja kiinnitykset lainattiin puurakentamisesta. Kaarevat muodot ovat omiaan valuraudalle, joka kestää vain puristusta. Sillan jänneväli on noin 30m.



Belanger: Halle au Blé, Pariisi (1811). Vaikea kattamistehtävä ratkesi uuden materiaalin, valuraudan avulla.



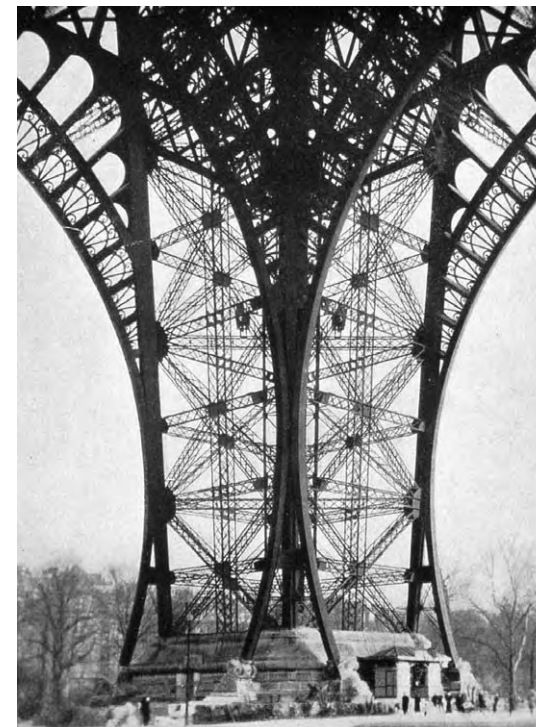
Kristallipalatsi (Joseph Paxton 1851) oli teollisen rakentamisen manifesti. Tämä jättiläisrakennus pystytettiin esivalmistetuista osista vain 6 kuukaudessa.



Galleria Vittorio Emanuele, Milano (1865-67). Valurauta ja lasi mahdollistivat myös kaupunkitilojen kattamisen ja tekivät gallerioista suosittuja ympäri Eurooppaa.



Henri Labrouste: Bibliothèque Nationale (laajennus 1875). Labrousten kirjastot uusine valaistusratkaisuineen olivat myöhempien kirjastojen esikuvia.



Eiffel-torni (Gustave Eiffel 1889) tehtiin vakauden vuoksi valuraudasta ja se painaa 7000 tonnia. Jos sen kaikki materiaali puristettaisiin tornin jalustan rajaamalle alueelle (125 x 125 m), rautalevyn paksuus olisi vain 7 cm.



Dauphine -metroaseman sisäänkäynti Pariisissa. Hector Guimard (1900)

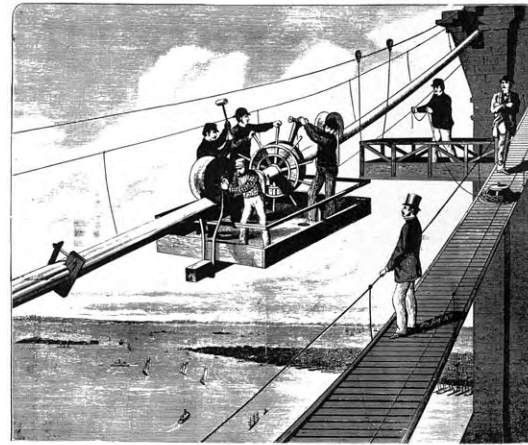


Renzo Piano & Richard Rogers: Pompidou-keskus, Pariisi (1987)

Takorauta



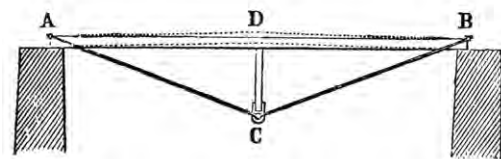
Thomas Telford: Menai Strait (1826). Sitkeämpi takorauta mahdollisti ketju- ja riippusillat. Jänne 174m.



August Roebling: Brooklyn Bridge (1870). Jännityskaapelit punottiin paikalla valmiiksi erityisen kelkan avulla.



Brooklyn Bridge



Camille Polonceau vahvisti ansaspalkkia vaijerin avulla ja kehitti siitä paljon käytetyn kattotuolin vuonna 1836.



Euston Station (1835-39)

Korkeat kerrostalot



Hissin keksiminen oli korkeiden kerrostalojen edellytyksiä (Otis 1851). Aluksi hissit toimivat hydraulisesti höyryvoimalla.



William le Baron Jenney: Home Insurance Building (1884, korotus 1890). Monikerrokset rautarungot tulivat mahdollisiksi, kun raudan laatu oli kehittynyt kyllin sitkeäksi kestäämään liitoksissa.



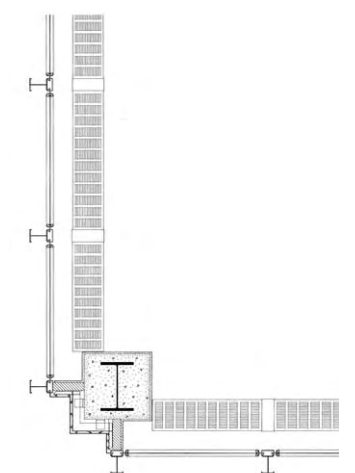
Holabird & Roche: The Tacoma Building, Chicago (1887). Rautarunko koottiin niittaamalla ja ilman telineitä ahtaassa kaupunkitilassa.



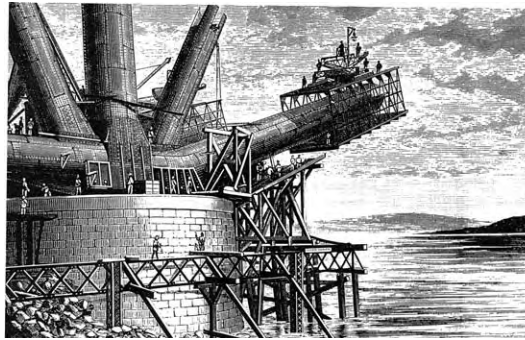
Empire State Building rakenteilla. Se valmistui 1931 ja oli pitkään maailman korkein rakennus.



Mies van der Rohe: The Seagram Building, New York (1958). Julkisivusta on tullut verhomainen, ei-kantava rakenne (curtain wall). Kuuluista nurkkadetalji on seurausta teräs-laippapalkkirakenteesta.



Teräs



Firth of Forth (1883-90) on paikalla rakennettu ulokepaikkisilta ja on ensimmäisiä kokonaan teräksestä rakennettuja siltoja. Kooltaan se vastaa noin kuutta kyljellään olevaa Eiffel-tornia.



Dutert & Contamin: Galerie des Machines, Pariisi (1889). Tämän valtavan teräshallin suurin jänneväli oli 115 m.

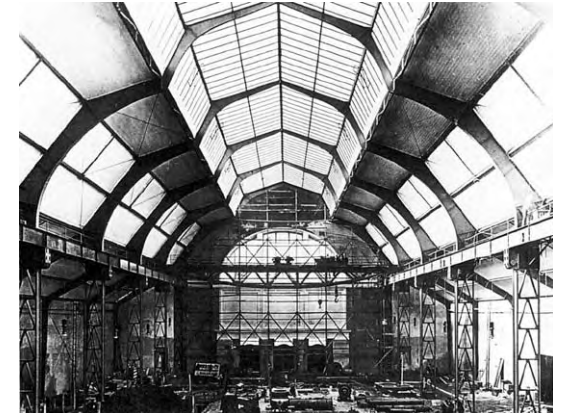


Victor Horta: Maison du Peuple (1898); teräskaaria jugend-tyyliin.



Henrik Petrus Berlage: Amsterdamin pörssi (1903). Niitit ja avoprofiilit antavat vielä oman ilmeensä arkkitehtuuriin.

Peter Behrens: Saksan paviljoni, Brüsselin maailmannäyttely (1910). Hitsaus oli uutta ja se mahdollisti jäykät kulmat ja kehärakenteet sekä sileän ja saumattoman ilmeen.



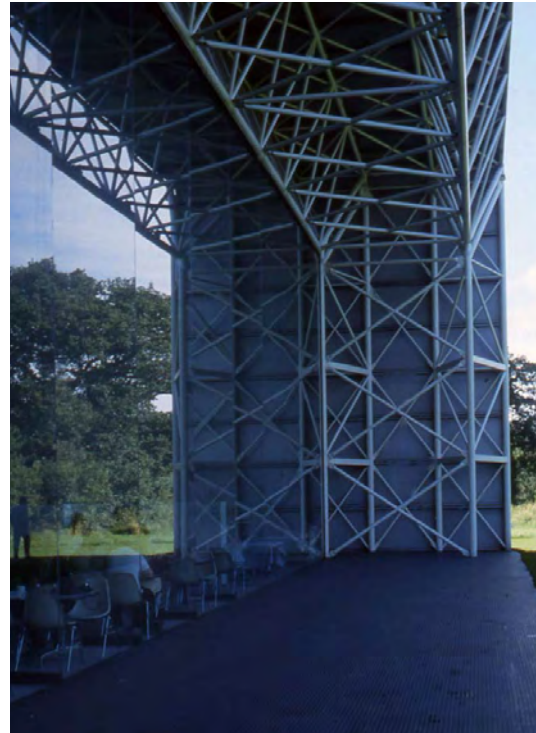
Buckminster Fuller: Montreal-paviljoni (1967). Terässauvat liitoskappaleineen muodostavat yhdessä suuren avaruusristikkokuplan.



Bengt Lundsten: Långnäs meriterminali (1962); ripustetun rakenteen suomalainen versio.

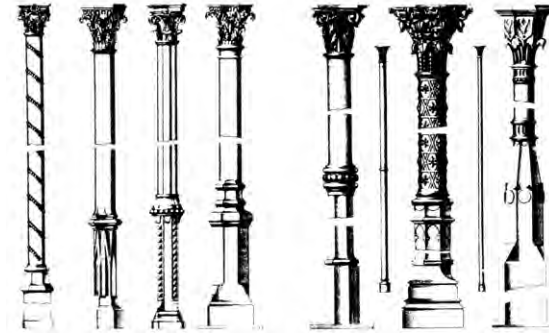


Behnisch & Partner: Münchenin olympiastadion (1972). Riippusillat ovat jo vuosikymmeniä innoittaneet muitakin rakentamista.

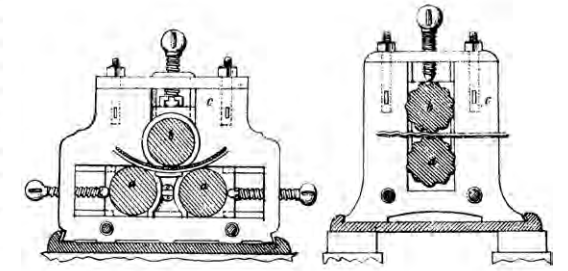


Norman Foster: Sainsbury Center (1978). Suuresta jännevälisestä huolimatta hitsattu avaruusristikkokehä antaa keveän vaikutelman.

Teollinen järjestelmärakentaminen



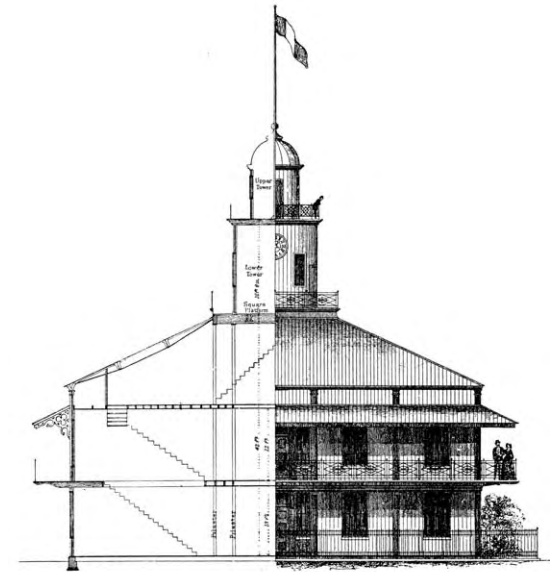
Esivalmistetut valupilarit voivat rakennuksissa vähemmän tilaa kuin puiset tai kiviset. Koristeelliset muodot oli helppo toteuttaa valuraudasta.



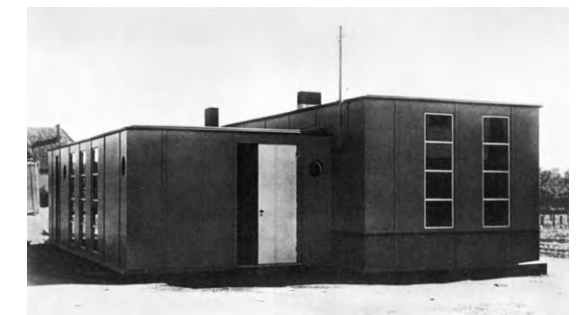
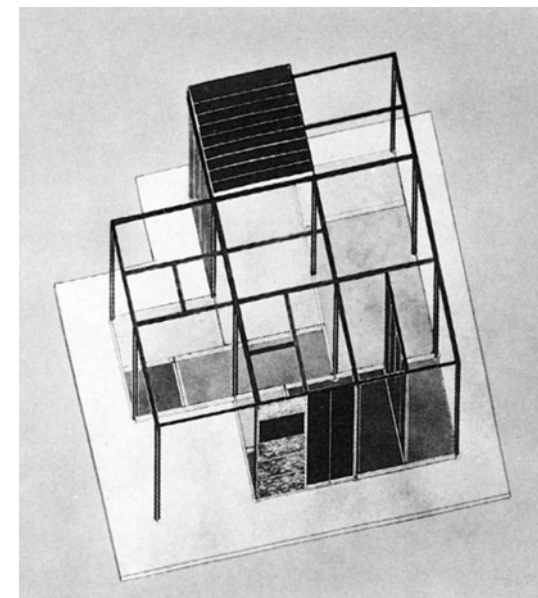
Galvanoitu metallilevy keksittiin vuonna 1840. Aaltolevy oli jäykkä ja mahdollisti pitkät jännevälit (seinät, katot, lattiat).



G.T. Greene: Boat Store, Sheerness (1869) on esimerkki teollisesta järjestelmärakentamisesta, jonka kaikki osat ovat esivalmistettuja. Käyttötarkoitus ei vaatinut koristeluja.



Tämä rautarakenteinen tullirakennus valmistettiin Manchesterissä ja pystytettiin Peruun, Payta'an 1854. Esivalmistettuja aaltopeltitaloja vietiin Englannista 1800-luvulla runsain määrin ympäri maailmaa siirtomaihin, armeijan tarpeisiin, nopeasti kasvaviin kaupunkeihin jne.



Georg Muehe & Richard Paulick: Terästalo, Törten, Dessau (1926-27). Teräs innosti yleisesti muitakin Bauhaus -henkisiä arkkitehtejä 1920-luvun Saksassa.

Ruostumaton ja sään kestävä teräs (1920-)



William van Allen: The Chrysler Building (1930)



Rogers & Partners: Lloyd's of London, (1978 – 1986)



Eero Saarinen: Office block, Illinois (1963). Ensimmäisiä esimerkkejä COR-TEN –julkisivusta.

2. Rauta ja teräs



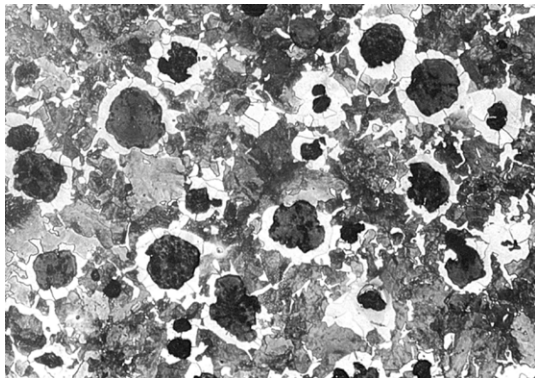
Valuraudan ja teräksen ero:

Valurauta = hiilipitoisuus on yli 1,7 %

Teräs = hiilipitoisuus on alle 1,7 %



Suomugrafiittivalurauta

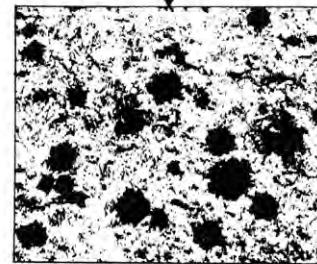


Pallografiittivalurauta



Valkoinen valurauta

Hehkutus



Adusoitu rauta

Valkoisen valuraudan muuttaminen adusoiduksi raudaksi.

Valurauta

Valurauta luokitellaan sen murtopinnan värin mukaan:

- *valkoisessa valuraudassa* kaikki hiili on sitoutunut karbideina rautaan, jolloin tuloksena on erittäin kovaa valurautaa,
- *harmaassa valuraudassa* irtoshiili on grafiittisuomuina rautakiteiden välissä, jolloin valurauta on edelliseen verrattuna pehmeämpää ja sitkeämpää.

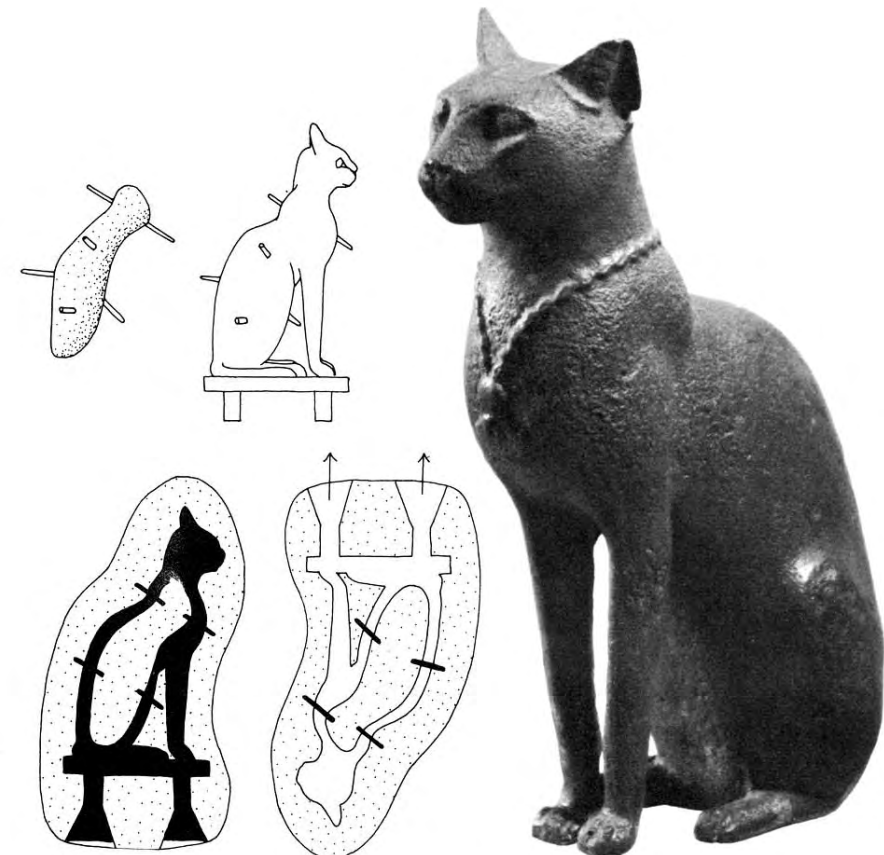
Valurautaa on helppo valaa, mutta jähmetyttyään se on haurasta ja kovaa. Se kestää hyvin puristusta mutta huonosti vetoa (puristuslujuus on 2,5...5 kertaa suurempi kuin vetolujuus). Murtolujuus on alle 10 N/mm². Valuraudan kimmomoduli vaihtelee, eikä sillä ole muodonmuutoskykyä. Suurissa lämpötiloissa (yli 400°C) valuraudan tilavuus kasvaa, mutta jäädyttyään se ei palaudu.

Valurautakappaleet ovat raskaita, koska niissä ei saa olla suuria poikkipintaeroja eikä niitä voi muovata. Kovuudesta johtuu, että valurautaa on vaikea työstää mekaanisesti, esim. porata. Harmaa valurauta on hitsattavaa.

Valuraudan hauraus johtuu mm. korkeasta hiilipitoisuudesta sekä raudan hitaasta ja epätasaisesta kiteytymisestä jäähtymisen aikana. Haurautta voidaan vähentää lämpökäsittelyn (adusointi yli 900°C) tai lisäaineiden avulla, jolloin valuraudan kiderakenne muuttuu. Esim. pallografiittivalurautaa käytetään lujana ja sitkeänä koneenosissa. Teräksen sitkeyttä se ei kuitenkaan saavuta.

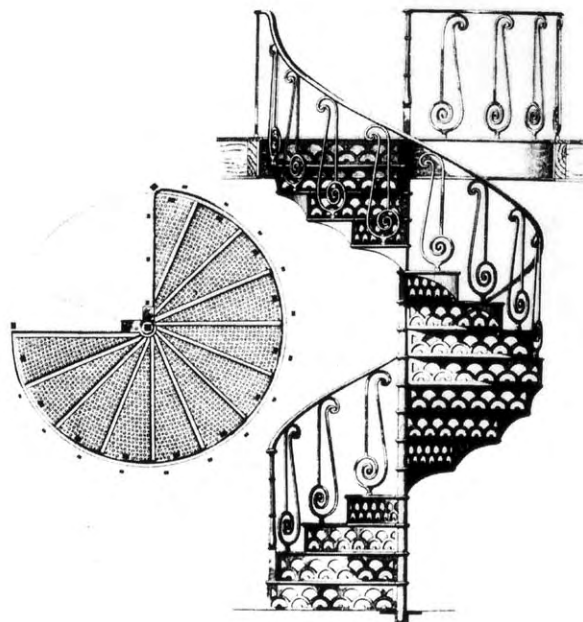
Valaminen

Valaminen soveltuu mutkikkaiden muotojen valmistukseen. Valumuotti valmistetaan yleensä puhtaasta kvartsihiekkasta ja sideaineesta. Valussa sula aine kaadetaan muottiin. Sintraus tarkoittaa sitä, että valurauta laitetaan jauheena muottiin ja sulatetaan siinä.





Herman Gesellius: Woorion talo, Helsinki (1908)



Valimotuotteita, MacFarlane, Skotlanti (n. 1890)

Teräs

Yleistä

Teräs on tärkein käyttömetalli. Suuri lujuus on teräksen ominaisuus, jonka ansiosta teräs poikkeaa muista rakennusaineista kuten tiilestä, betonista ja puusta. Teräksen mekaanisia ominaisuuksia on mahdollista säätää koostumuksen ja valmistusprosessin avulla.

Teräslajeja on olemassa jo useita tuhansia. Suurin osa niistä on kehitetty 20 viime vuoden aikana.

Teräksiä voidaan luokitella monella eri tavalla. Yleisin on luokittelu käyttötarkoituksen mukaan:

- rakenneteräkset (koneteräkset ja varsinaiset rakenneteräkset)
- työkaluteräkset (joilla työestetään muita teräksiä)
- erikoisteräkset (ruostumattomat, haponkestävät, säänkestävät, hankaavaa kulutusta ja pistoa (luodinkesto) kestävät teräkset ym.)

Rakentamiseen käytetään mm

- perusteräksiä,
- ilmastokorroosiota kestäviä teräksiä,
- ruostumattomia austeniittisiä, ferriittisiä ja marteniittisiä teräksiä.

Teräslajimerkinnät

Terästuotteita standardisoidaan eli asianomaiset viralliset järjestöt määräävät niiden laadun ja mitat. Standardeja ovat esimerkiksi teräslaji-, aineenkoestus- ja mittastandardit.

Kansainvälinen standardisointijärjestö ISO on valmistanut suositusstandardeja, joiden pohjalta kansalliset standardisointijärjestöt ovat laatineet omat standardinsa. Kansallisia standarditunnuksia ovat esimerkiksi SFS (Suomi), DIN (Saksa), SS (Ruotsi), ASTM, ANSI (USA). Kansallinen tunnus liitetään standardeihin esimerkiksi seuraavasti: SFS-EN 10025-2, DIN-EN 10025-2, SFS-EN ISO 14713.

Teräslajimerkinnät ovat vaihdelleet paitsi maittain, myös eri aikoina, mikä voi tuottaa ongelmia teräksen valinnassa ja käytössä.

Suomi on sitoutunut EN-standardisointiin, minkä perusteella eurooppalaiset standardit yhdentyvät.

Käyttöön tulleet ENV –esistandardit ovat toistaiseksi vaihtoehtoisia kansallisten suunnittelustandardien kanssa. Suomessa siirrytään kokonaan EN –Eurokoodeihin rakenteiden suunnitteluissa vuoteen 2010 mennessä.

Teräslajimerkintä koostuu kirjaimista ja/tai numeroista, jotka symboloivat teräkseltä vaadittavia ominaisuuksia ja laatua. Merkinnät selitetään standardissa. Esimerkkejä: S355J2, S355J3, 1.4404, 1.4462. Standardisoimattomista teräksistä on käytetty valmistajan kaupanimeä.

Terästuotteen määrittelyyn kuuluvat oleellisesti mittastandardi, teräslajistandardi ja aineodistus. Esimerkki kuumavalssatusta teräslevystä:

Teräs	S355J2
Teräslajistandardi	SFS-EN 10025-2
Mittastandardi	Levy SFS-EN 10029
	Nauha SFS-EN 10051
Aineodistus	SFS-EN 10204-2.2

Ruostumattomilla levyillä, ohutlevyillä, tangoilla, putkilla, profiileilla jne. on omat materiaalistandardit ja mittastandardit.



Valusangon kaato

Teräsrakenteen ominaisuuksia

Puhtaan raudan (Fe) sulamispiste on noin 1530°C ja tiheys 7,86 g/cm³ (vertaa betoni 2,3 g/cm³). Runsaammin seostettujen ruostumattomien terästen sulamispiste on 50...100°C alhaisempi.

Edut ja haitat

Teräksen etuja

- kevyt ja luja; lujuus-painosuhte hyvä
- pienet rakennemat, keveät rakenteet
- liitokset ja kiinnitykset helppoja (hitsattavuus teräkselle ominainen)
- myöhemmät suurehkot muutokset helppoja
- homogeeninen materiaali
- voidaan valmistaa halutuilla ominaisuuksilla
- kosteuden vaihteluilla ei ole merkitystä
- palamaton aine
- hyvä kulutuskestävyys
- korrosio etenee yleensä suhteellisen hitaasti

Haittoja

- kallis
- teräksen lujuuden mahdollistamat hoikat rakenteet voivat johtaa stabiiliusongelmiin (rakennesuunnittelija ratkaisee)
- pehmenee korkeissa lämpötiloissa
- haurastuu kylmässä (tosin ei ole ongelma jos valitaan oikean iskutestien omaava teräs)
- pinnan korrosio-ongelmat
- työstämistä työmaalla pyritään välttämään, joten suunnitelmamuutokset voivat olla vaikeita rakentamisen jo alettua

Aineenkoestus

Teräksen kemiallista koostumusta valvotaan sekä valmistuksen yhteydessä että valmiista tuotteista. Lujuusominaisuudet määritetään aineenkoestuskoekeskeiden avulla. Terässtandardeissa on tarkempi selvitys kullekin teräkselle asetetuista vaatimuksista. Teräksen laatuluokka määritetään iskutestien perusteella.

Vetokoe tehdään koesauvalle yleensä huoneenlämpötilassa ja sen avulla määritetään

- myötöraja
- myötölujuus N/mm² tai MPa
- murtolujuus N/mm²
- murtovenymä
- murtokurouma
- suhteellisuusraja
- kimmomoduuli

Iskukokeessa (Charpy V) määritetään iskutestien siten, että päistä tuettu koesauva isketään heilurivasaralla keskeltä poikki ja mitataan murtamiseen kulunut energia. Transitiokäyrä kuvaa samalle teräkselle eri lämpötiloissa tehtyjä iskukokeita. Transitiolämpötila on tavallisesti 27 J (tai 40 J) energiaa vastaava lämpötila, jossa teräs murtuu. Testauslämpötila ja tuleva terästuotteen käyttölämpötila eivät ole sama asia, vaikka ne korreloivat.

Taivutuskokeessa koesauvaa taivutetaan yhteen suuntaan ja tutkitaan mahdolliset murtumat. Muokkauslujuutta mitataan taivuttamalla koekappaleita niin monta kertaa, että se katkeaa.

Kovuuskokeessa (Brinell, Rockwell, Vickers) teräksen pintaan painetaan tietyllä voimalla joko karkaistu teräskuula tai timanttikartio ja mitataan painanteen halkaisija. Kovuus liittyy erityisesti kulutusteräksien ominaisuuksiin.

Väsytyksokokeessa rasitetaan koekappaleita hyvin monta kertaa, ei kuitenkaan myötörajaan asti (vertaa miten lipputanko tai koneperustus liikkuu).

Taipuminen

Muodonmuutos voi olla palautuva (kimmainen) tai pysyvä (plastinen).

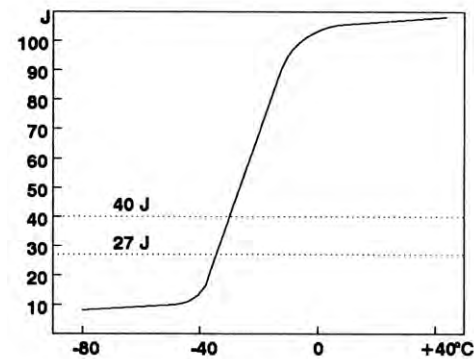
Pysyvä muodonmuutos johtuu siitä, että raudan kiderakenne ei ole koskaan virheetön. Virheet antavat periksi, kun niihin kohdistetaan energiaa, jolloin kiteen hilarakenteeseen syntyy pysyviä siirroksia eli dislokaatioita.

Raerajat, seosaineet ja aikaisemmat siirrokset ja erkaumat rajoittavat dislokaatioita. Siksi hienorakenne ja seostettu teräs vastustaa muodonmuutosta enemmän kuin suurirakeinen ja pehmeä teräs. Pitkäaikainen kuormitus voi aiheuttaa lujaankin teräkseen viruman (muodonmuutoksen kasvun) tai relaksaation (jännitystason aleneman).

Murtuminen

Hauras murtuma ei vaadi juurikaan energiaa. Se on vaarallinen, koska se voi alkaa pienestä säröstä ja levitä nopeasti erittäin pitkälle. Jotkut teräkset ovat herkkiä myötövanhenemiselle, eli ne haurastuvat ajan mittaan ilman ulkoisia ärsykeitä.

Sitkeä murtuma vaatii energiaa. Teräksen mikrorakenne vaikuttaa sitkeyteen. Austeniitti on sitkeää. Ferriittisten terästen sitkeyttä lisäävät seostus, lämpökäsittelyt sekä tiivistys mellotusvaiheessa.



Transitiokäyrä kuvaa samalle teräkselle eri lämpötiloissa tehtyjä iskukokeita. Kun lämpötila laskee, teräs haurastuu ja voimaa murtamiseen tarvitaan aina vähemmän.

Lämpötilan muutokset

Metallit johtavat hyvin lämpöä ja sähköä. Teräksen lämmönjohtavuus on erittäin suuri, noin 50 W/m°C.

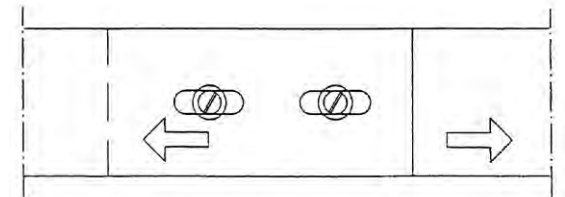
Lämpölaajeneminen aiheuttaa teräksessä nopeasti muodonmuutoksia, kuten pituuden muutoksia. Siksi teräsrakenteen asennusvarat ovat tärkeitä. Kuumennus varsinkin paikallisesti voi aiheuttaa teräksessä jännityksiä ja halkeamia. Kyky kestää nopeaa kuumennusta on sitä parempi, mitä alhaisempi sen hiilipitoisuus on.

Teräksen lujuusominaisuudet ovat herkästi riippuvaisia lämpötilasta.

Kun lämpötila laskee, teräs kovenee ja haurastuu. Haurasmurtuman välttämiseksi teräksen transitiolämpötilan on oltava alempi kuin ympäristön alin lämpötila. Austeniittisella ruostumattomalla teräksellä ei ole muille teräksille tyypillistä korostunutta transitiolämpötilaa, joten se soveltuu sekä erittäin kylmään että kuumaan.

Kun lämpötila nousee, teräs pehmenee. Palonsuojaamaton järeäkin teräsrakenne voi menettää tulipalossa kantokykynsä jo 10-20 minuutissa. Lujuutensa teräs menettää täysin 1000°C asteen lämpötilassa. Pitkäaikaisessa yli 400°C asteen kuumuudessa teräs viruu. Jäähdyttyään teräs voi olla hauraampi ja kestää huonommin korrosiota. Yli 500°C lämpötilassa teräksen pinta hapettuu ja hilseilee. Rakenteiden mitoituksessa 600°C lämpötilaa pidetään ns. kriittisenä lämpötilana.

Lämpökäsittelyt ovat keino muuttaa teräksen ominaisuuksia hallitusti lämmön avulla.



Pitkänomaiset reiät sallivat lämpölaajenemisen aiheuttaman liikkumisen.

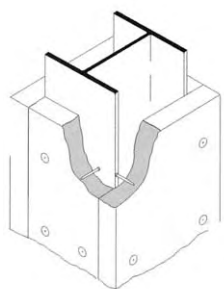
Teräksen palosuojaus

Tulipalon sattuessa rakennuksen tulee täyttää sille asetetut vaatimukset kantavuuden, tiiviyn ja eristävyyden sekä palonkestoajan suhteen. Rakennuksen käyttötarkoitus määrää rakenteiden palosuojausvaatimuksia (RT RakMK E1).

Teräksen palosuojaustapoja:

1. Teräsrakenne eristetään palolta verhoilemalla rakenne levyillä, ruiskutettavilla materiaaleilla tai palosuojaamaaleilla. Sopivia eristysmateriaaleja ovat esim. kipsilevyt, mineraalvilla, tiili, vermikuliitti (levyt tai ruiskutus), betonointi ja rappaus. Asbestia ei enää käytetä. Palosuojaamatit näyttävät normaalitilassa tavallisilta maalipinnoilta, mutta tulipalossa ne paisuvat ja suojaavat terästä. Maalikalvon paksuus (n. 1 mm) 50-kertaistuu (50 mm). Myös puuverhous suojaa terästä jonkin aikaa hiiltymällä.

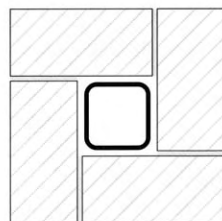
2. Teräspilarin lämmönsitomiskyky nousee, jos se täytetään betonilla tai vedellä. Palotilanteessa betoni kantaa pilaria, tai jos täyte on vettä, se lähtee kiertämään ja jäädyttämään rakennetta.
3. Teräksiä voi palosuojata myös esim. peittämällä ne ripustetun alakaton avulla, tai sijoittamalla pilarit palotilan ulkopuolelle tai seinän sisään.
4. Suojaamattoman teräsrakenteen kantokyky palotilanteessa voidaan selvittää laskennallisesti (palotekninen mitoitus).
5. Ns. tulenkestävä teräs sisältää lisäaineita (kromia, molybdeenia, kuparia) jotka vähentävät hilseilyä (oksidoitumista) korkeissa lämpötiloissa. Austeniittiset ruostumattomat teräkset soveltuvat korkeisiin lämpötiloihin, koska niiden lujuus- ja kimmokerroin laskevat hitaammin lämpötilan noustessa; myös niiden hilseilylämpötila on huomattavasti korkeampi kuin tavallisten rakenneterästen. Ns. kuumalujia teräksiä ei käytetä rakentamisessa.



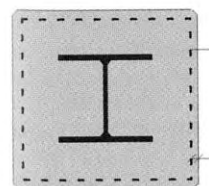
Eristys/levy



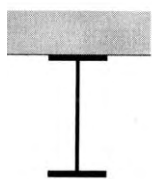
Ruisku



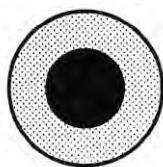
Tiili



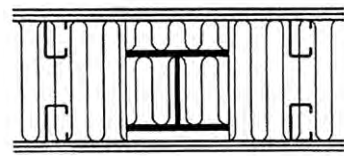
Betonointi



Maalaus



Betonitäyttö



Rakenteen sisään

Korroosio*Korroosion syitä*

Metallien syöpyminen eli korroosio tarkoittaa metallien pinnalta alkavaa tuhoutumista, jonka aiheuttavat kemialliset tai sähkökemialliset tekijät. Syöpynyt metalli häviää käytöstä eikä sitä voi palauttaa.

Metallien syöpyminen on vastakkainen ilmiö kuin niiden valmistaminen malmista: energia, joka on sitoutunut puhtaaseen metalliin valmistuksen yhteydessä, poistuu ja metalli pyrkii takaisin malmiksi.

Suojaamaton teräs ruostuu ulkona ilmatorasituksista riippuen 0,05 – 0,2 mm vuodessa. Ruostuminen kiihtyy lämpimässä ja hidastuu kylmässä. Ruostumista aiheuttavat ja kiihdyttävät myös happo-, emäs- tai suolaliuokset, metallin pinnalle tiivistyvä kosteus, ilman rikkiyhdisteet jne.

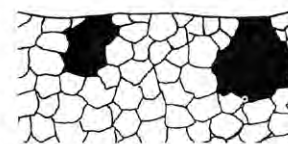
Joidenkin metallien pintaan muodostuu suojaava oksidikalvo, kun metallin pinta reagoi hapen kanssa (esim. alumiini tai ruostumaton teräs).

Metallin syöpyminen riippuu siis paitsi ympäristöoloista, myös metallin omista metallurgisista ja fysikaalisista ominaisuuksista.

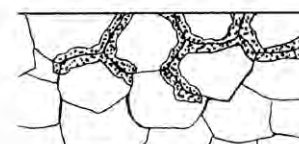
Korroosion muotoja

- yleinen eli tasainen korroosio
- pistekorroosio (tyypillinen passivoituvilla metalleilla ankarissa oloissa)
- rakokorroosio (kosteuden jäädessä ahtaaseen rakkoon)
- piilokorroosio (likakerroksen alla)
- metalliparikorroosio (sähkökemiallinen pari)
- jännityskorroosio (vetojännitysten ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta)
- raerajakorroosio (ruostumattoman teräksen kromipitoisuuden vähetessä raerajoilla esimerkiksi hitsauksen yhteydessä)
- korkean lämpötilan korroosio (esimerkiksi oksidikerroksen irtoaminen eli hilseily)
- eroosio (virtaavan veden aiheuttama)
- hankauskorroosio (metallien keskinäisen hankauksen johdosta)

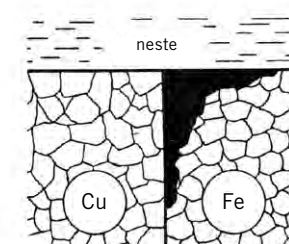
Ruosteen tilavuus on suurempi kuin sen syrjäyttämän raudan tilavuus, joten edetessään ruoste voi rikkoo siihen kiinteästi liittyviä muita materiaaleja (kuten maali irtoaa ruosteen päältä tai ruostuva betonirauhoite rikkoo betoniam).



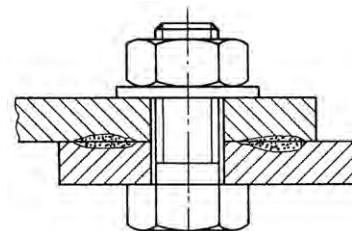
Pistekorroosio



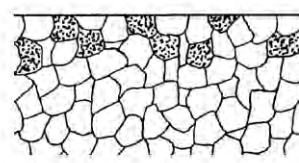
Raerajakorroosio



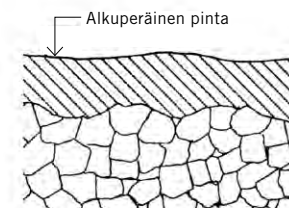
Metalliparikorroosio



Rakokorroosio



Valikoiva korroosio



Yleinen korroosio

Sähkökemiallinen korroosio

Korroosiopari (galvaaninen pari) syntyy, kun kaksi jalousasteeltaan erilaista metallia koskettaa toisiinsa ja läsnä on myös kosteutta (vettä; sadetta, sumua, kastetta tms). Syntyy suljettu virtapiiri. Kosteus toimii elektrolyytinä. Epäjalmpi metalli (esim. Fe) toimii anodina ja syöpyy. Jalompi metalli (esim. Cu) toimii katodina ja säilyy.

Korroosio kiihtyy, kun katodin pinta-ala on suurempi kuin anodin. Esimerkiksi anodiksi joutunut kiinnike syöpyy huomattavan rajusti. Siksi kiinnikkeen on oltava sähkökemiallisessa sarjassa jalompi tai yhtä jalo kuin kiinnitettävä levy.

Sähkökemiallinen jännitesarja merivedessä

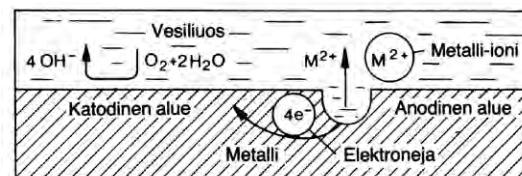
(Jaloustase nousee Magnesiumista ylöspäin ja Grafiitti on jaloin)

jalo	Grafiitti
	Hopea
	Haponkestävä teräs (passiivinen)
	Ruostumaton teräs (passiivinen)
	Monelmetalli
	Nikkeli (passiivinen)
	Punametalli
	Kupari
	Alumiinipronssi
	Nikkeli (aktiivinen)
	($\alpha + \beta$)-messingit
	Lyijy
	Haponkestävä teräs (aktiivinen)
	Ruostumaton teräs (aktiivinen)
	Valurauta
	Niukkahiilinen teräs
	Alumiini ja sen seokset
	Galvanoitu teräs
	Sinkki
epäjalo	Magnesium ja sen seokset

Passiivisen metallin pinnassa on suojaava oksidikerros. Aktiivisen metallin pinnasta se vielä puuttuu.

Syöpymisvaikutus riippuu metallien välille syntyvän jännitteen suuruudesta. Kaukana toisistaan olevien metallien yhdistelmät ovat vaarallisimpia. Metallien sijainti jännitesarjassa voi vaihdella. Oksidikerros tekee jalommaksi. Jalous häviää, kun oksidikerros kuluu.

Jos esimerkiksi rautalevy päällystetään kuparilla, kostuneen pintanaarmun kohdalle syntyy paikallispari, eli paljastunut rauta syöpyy epäjalompana. Myös päällystämätön rauta syöpyy todellisuudessa tällä periaatteella, koska raudassa on jaloja ja epäjaloja kohtia, joiden välille syntyy paikallispareja ja syöpyminen voi alkaa.



Sähkökemiallisen korroosion periaate



Sähkökemiallinen korroosio ulkoportaan kaiteessa

Teräksen ekologisuus

Teräksen elinkaari

Kestävänä materiaalina teräs on kauan käytössä. Valmis teräs rakenne ei kuormita luontoa; se ei eritä eikä ime epäpuhtauksia tai kosteutta.

Teräsosia on mahdollista kierrättää sellaisenaan helppojen liitostensa ansiosta. Suomessa on toimiva kierrätysjärjestelmä, jonka avulla saadaan lähes kaikki käytöstä poistettu teräs kiertoon. Teräksen erottaminen on helppoa esimerkiksi magneettisesti, ja se voidaan sulattaa ja käyttää uudelleen äärettömän monta kertaa. Ja vaikka teräs jäisi luontoon, se palautuu aikanaan samoiksi mineraaleiksi, joista se on valmistettu.

Tunnetut malmivarat riittävät vielä sadoiksi vuosiksi. Romun käyttö pidentää vielä tätä aikaa. Tulevaisuuden kynnyskysymyksiä ovat sen sijaan energian ja joidenkin seosaineiden saatavuus.

Teräksen tuotanto

Maailmassa tuotetaan terästä vuosittain noin 1100 miljoonaa tonnia, josta ruostumattoman teräksen osuus on noin 24 miljoonaa tonnia. Teräksen raaka-aineesta noin puolet on kierrätysromua. Suomessa käytettävissä oleva teräsromu kattaa runsaat 40% tämän päivän tuotannosta. Ruostumattoman teräksen romuosuus on 60% (myös globaalisti).

Terästonnin valmistukseen kuluu energiaa esimerkiksi Raahen terästehtaalla noin 5500 kWh. (Vertailun vuoksi alumiinitonnin tuottamiseen bauksiitista kuluu sähköenergiaa 16.000 kWh.). Kierrätysteräksen valmistukseen kuluu energiaa yhtä tonnia kohden vain viidesosa, verrattuna malmista tehtävään teräkseen.

Teräksen elinkaari



Teräksen suurimmat ympäristövaikutukset ovat tuotannon alkupäässä eli terästehtaassa.

Terästehtaat noudattavat ympäristölainsäädäntöä ja -sopimuksia sekä ISO 14001 -ympäristöstandardia. Ympäristövaikutusten arviointi ohjaa terästehtaan kehittämistä.

Hiilidioksidipäästöt syntyvät pääosin masuuniprosessissa itse raaka-aineista. Masuuniprosessille ei ole toistaiseksi olemassa varteenotettavaa korvaavaa menetelmää. Muita päästöjä, kuten pölyä, rikkidioksidia, typpioksidia jne. sekä päästöjä vesistöön on Suomessa määrätietoisesti vähennetty esimerkiksi puhdistus- ja kierrätysprosessien avulla sekä tehostamalla tehtaiden toimintaa.

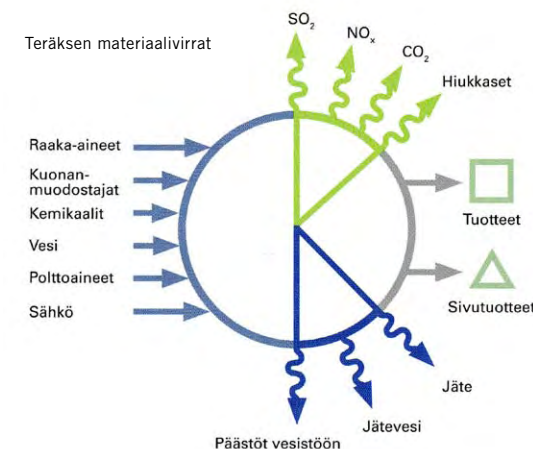
Kuljetukset

Teräsosat ovat kevyitä verrattuna esimerkiksi betoniin. Mitä kevyempiä ja valmiimpia teräsosat ovat, sitä tehokkaampaa on niiden kuljetus ja käyttö. Liikennepäästöjä vähentää myös raaka-aineiden hankinta mahdollisimman läheltä.

Sivutuotteet

Terästehtaiden kuonaa käytetään maa- ja tierakentamisessa, betoniteollisuudessa ja maanparannusaineena. Koksikaasun puhdistuksessa syntyvät aineet myydään kemian teollisuudelle. Masuuni- ja koksikaasuja kierrätetään takaisin tehtaaseen polttoaineeksi. Jätelämpöä käytetään ympäristökuntien kaukolämpönä.

Teräksen materiaalivirrat



Teräslajien valmistus

Teräksen valmistus malmista (LD-menetelmä)

Teräksen raaka-aineita ovat raudan oksidimalmit hematiitti ja magnetiitti.

Rikastaminen tehdään siten, että malmi murskataan hienoksi ja rautaoksidi erotetaan sivukivestä. Menetelmiä ovat esim. vaahdotus, ominaispainoerotus tai magneettinen rikastus. Jauhemuodossa oleva rikaste muutetaan kappalemuotoon, eli se jalostetaan edelleen pelleteiksi ja sintteriksi.

Pelkistys erottaa hapen rautaoksidista. Sintteri ja pelletit sekä tarvittaessa kalkki ladotaan koksien kanssa masuuniin. Koksien poltosta irtoava hiilimonoksidi pelkistää raudan. Muodostunut hiilidioksidi poistuu prosessista. Rauta kertyy masuunin pohjalle, jossa siitä poistetaan rikki poltetun kalkin avulla. Rauta ohjataan mikserien kautta konvertteriin.

Mellotus tarkoittaa sitä, että konvertterissa raaka-raudan hiilipitoisuutta alennetaan teräkselle sopivaksi, eli ylimääräinen hiili poltetaan ylhäältä puhalletun hapen avulla. Sen jälkeen teräs kaadetaan senkkaan ja tarvittavat seosaineet lisätään samalla.

Tiivistäminen on seostusta piillä tai alumiinilla. Tiivistetyn teräksen sisäosiin ei synny kaasuonkaloita. Tiivistämätön teräs jää huokoiseksi.

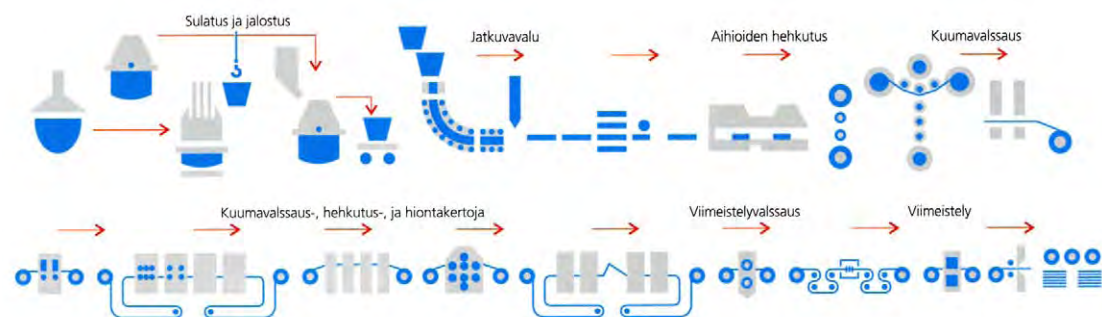
Senkkäkäsittelyn jälkeen sula teräs kuljetetaan valukoneille ja kaadetaan välisenkan kautta muottiin eli kokilliin, josta se valutetaan nauhana ulos. Jähmettynyt teräsaiho leikataan sopiviksi paloiksi, jotka valssataan tai taotaan haluttuun muotoon.



Raakaraudan lasku



Happipuhallus



Valssatun ohutlevyn tuotantokaavio

Teräksen ominaisuuksien kannalta keskeisiä tekijöitä ovat:

1. hiilipitoisuus
2. kiderakenne
3. seostus (lisätään muita aineita)

Hiilipitoisuus

Hiilipitoisuuden vaikutus teräksen ominaisuuksiin on ratkaiseva. Siksi teräkset voidaan luokitella hiilipitoisuuden mukaan:

- matalahiiliset teräkset, meltorauta (hiilipitoisuus alle 0,05%), ohutlevyt, magneettimetalli
- niukkaahiiliset teräkset (0,05...0,25%), rakenneteräs
- keskihiiliset teräkset (0,25...0,60%), koneerakennus
- runsashiiliset teräkset (0,60...1,7%), työkaluteräkset

Hiili on sitoutunut rautaan kovana karbidina. Kun hiilipitoisuus kasvaa:

- lujuus ja kovuus kasvavat
- karkenevaisuus lisääntyy
- sulamislämpötila laskee
- muovattavuus ja hitsattavuus huononevat
- iskutietoisuus heikkenee

Kiderakenne

Kidemuodot

Raudalla voi olla, kuten useilla muillakin metalleilla, kiinteässä tilassa useita eri kidehilatyyppejä eli allotropioita.

Rautakiteiden ominaisuudet vaikuttavat osaltaan teräksen ja valuraudan ominaisuuksiin, kuten lujuuteen, sitkeyteen ja korroosionkestävyyteen. Nämä ominaisuudet ovat valittavissa raudan valmistuksen ja käsittelyn yhteydessä.

Sulan raudan kiteytymistä voidaan ohjailta esimerkiksi seosaineilla tai säätelemällä jäähtymisnopeutta.

Jähmeitä kiteitä voidaan muuttaa toisiksi lämpökäsittelyiden avulla (sulattamalla niitä välillä) tai muokata niitä mekaanisesti kuten takomalla tai valssamalla.

Mikrorakenne

Jähmettyessä syntyvä, säännöllisistä kidehiloista koostuva kiderakenne ei ole yhtenäinen, vaan jakautuu rakeisiin, joita erottaa toisistaan epäjärjestynyt vyöhyke, raeraja. Rakeiden koko ja muoto vaikuttavat suuresti teräksen ominaisuuksiin.

Rakeiden välissä voi olla myös muita kiteitä, sulkeumia tai erkaumia. Ne muodostuvat esim. karbideista tai kemiallisista yhdisteistä. Kuonasulkeumat ovat yleensä haitallisia ja voivat heikentää teräksen sitkeyttä.

Raekoko

Raekoon perusteella teräkset jaetaan yleisiin rakenne-teräksiin (rakeen halkaisija n. 0,035 mm) ja hienoraeteräksiin (rakeen halkaisija alle 0,0005 mm).

Yleiset rakenneteräket (standardi SFS-EN 10025-2)

jaetaan

- hiiliteräksiin (joihin ei ole lisätty seosaineita) ja
- seosteräksiin (joihin on lisätty seosaineita).

Seosteräket ovat niukka- tai runsasseosteisia.

Hienoraeteräket (standardi SFS-EN 10025-3,-4)

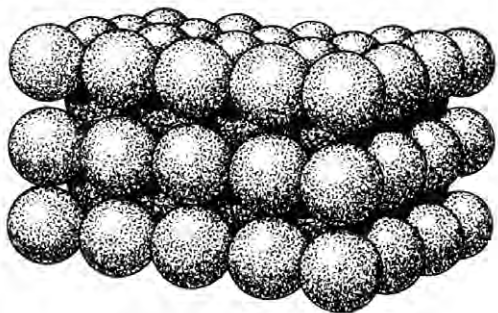
valmistetaan käyttämällä mikroseosaineita, lämpökäsittelyjä ja/tai termomekaanista valssausta.

Teräksen raekoon pienentäminen nostaa lujuutta ja lisää iskusitkeyttä.

Kiteytyminen

Magneetti tarttuu veitseen mutta ei teräksiseen tiskipöytään. Mistä tämä johtuu?

Esimerkin veitsi on ferriittistä ja tiskipöytä austeniittista ruostumatonta terästä. Niiden eron voi ymmärtää tutustumalla raudan kiteytymiseen.



Kidehila

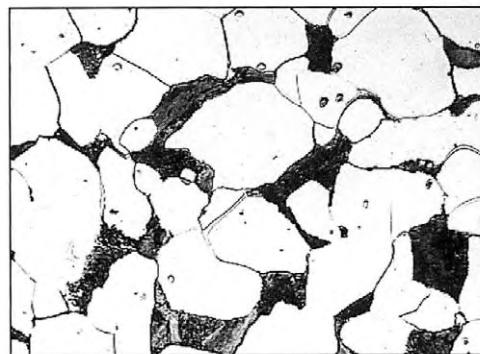
Gamma-alfa-muutos

Kun puhdasta rautaa aletaan kuumentaa tasaisesti huoneenlämmöstä lähelle sulamispistettä, sen lämpötilan nousukäyrässä voi havaita tasanteita, joissa lämpötilan nousu pysähtyy joksikin aikaa kuumennuksesta huolimatta. Näissä pysähdyskohdissa tapahtuu raudassa sisäisiä muutoksia, jotka kuluttavat energiaa. Raudan kidemuodot muuttuvat.

Puhtaan raudan kidemuotoja nimitetään kuumentumisjärjestyksessä kreikkalaisilla kirjaimilla α (alfa), β (beeta), γ (gamma) ja δ (delta). Teknillisesti merkittäviä näistä ovat α -rauta eli ferriitti ja γ -rauta eli austeniitti (nimitetty metallurgian tutkijan Austenin mukaan).

Raudan magneettisuus häviää 772°C asteessa (raudan Curie-piste). Kuumennettaessa edelleen rautakide ja sen vieressä oleva hiili yhdistyvät, jolloin tuloksena on kooltaan hieman suurempi γ (gamma)–kide eli austeniitti. Austeniittinen kide on homogeeninen, sitkeä ja ei-magneettinen.

Kun γ -raudan annetaan jäähtyä hitaasti, ilmiö on päinvastainen kuin kuumennettaessa: hiili erkanee jälleen pois rautakiteistä, jotka muuttuvat ja pienenevät vaiheittain takaisin magneettiseksi α -raudaksi. Tämä ilmiö on nimeltään gamma-alfa-muutos. Mitä hitaammin rauta jäähtyy, sitä isommiksi kiteet muodostuvat.



Teräksen pintaa mikroskoopilla katsottuna, ns. pintahiettä, joka voidaan syövyttää niin että raerajat näkyvät.

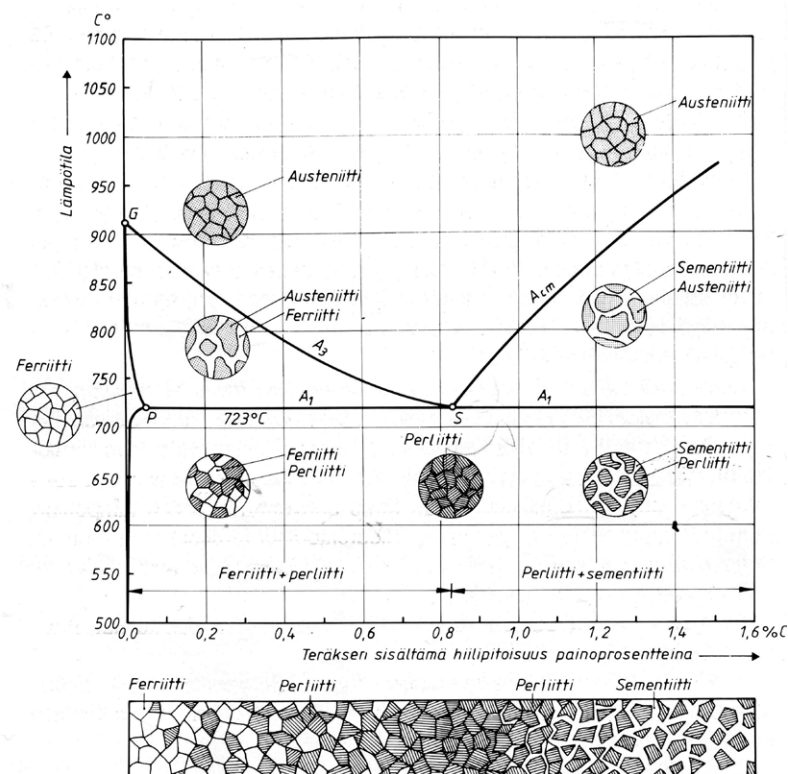
Kiteytymislämpötilan muuttaminen

Austeniittinen ruostumatonta teräs on seostettu seosaineilla, jotka vaikuttavat mm. siten, että gamma-alfa-muutosta ei tapahdu. Austeniitti jäähtyy huoneenlämpötilaan, säilyttäen samalla austeniittiset ominaisuutensa kuten sitkeyden ja ei-magneettisuuden. Huoneenlämpöistä austeniittia ei voi karkaista, vaan se lujittuu kylmämuokkauksessa.

Peruskiteet

Huoneenlämpöinen puhtas rauta eli *ferriitti* koostuu α (alfa)–kiteistä, jotka ovat pehmeitä, muokattavia ja magneettisia. Hiiltä niissä on liuenneena vain 0,01%. Loput hiilestä on kiteiden vieressä rautakarbidiina (Fe₃C) eli *sementiittinä*, joka on hyvin haurasta ja kovaa.

Puhtas ferriitti kiteytyy *austeniitiksi* yli 900°C asteessa. Hiilen läheisyys helpottaa kiteytymistä, jolloin austeniitin muodostuminen voi alkaa jo 723°C asteessa.



Hiiliteräksen kiteytyminen

Rauta-hiili-olotilapiirros näyttää, miten hiilipitoisuus ja lämpötila vaikuttavat hiiliteräksen kiteytymiseen.

Käyrät (A₁, A₃, A_{cm}) kuvaavat lämpötiloja, joissa tapahtuu uudelleen kiteytymistä.

S-pisteessä (0,8 % hiiltä) lämpötilan muuttuessa täysin perliittinen rakenne muuttuu suoraan puhtaaksi austeniitiksi ja päinvastoin.

Jos hiiltä on enemmän kuin mitä perliitin muodostumiseen tarvitaan, ylimäärä hiilestä jää perliitin sekaan sementiittinä. Vastaavasti ylimäärä raudasta jää perliitin sekaan ferriittinä. Tällaiset seokset vaativat enemmän lämpöä muuttuakseen kokonaan austeniitiksi.

Kidevariaatioita

- *Perliitti* syntyy, kun n. 0,8 % hiiltä sisältävä austeniitti jäähtyy hitaasti 723°C alapuolelle. Perliitti koostuu ohuista ferriitti- ja sementiittilamelleista, jotka näkyvät juovina mikroskooppikuvassa ja kiiltävät kuin helmiäinen. Perliitti on sementiitin vuoksi lujempaa kuin ferriitti, mutta kuitenkin muovattavaa.

- *Bainiitti* syntyy, kun raudan jäähtymistä nopeutetaan. Se on kova mikrorakenne ja muodostuu sementiittistä ja ferriitistä, mutta ei ole lamellaarinen.

- *Martensiitti* syntyy, kun austeniittiseksi kuumennettu rauta jäähdytetään erittäin nopeasti eli karkaistaan. Erittäin nopea jäähdytys ei anna hiille aikaa erottua, vaan se jää kiteeseen puristuksiin. Näin syntynyt kiderakenne on hyvin kova ja hauras.

Lämpökäsittelyt

Lämpökäsittelyt vaikuttavat teräksen mikrorakenteeseen ja sitä kautta teräksen ominaisuuksiin. Teräksen raekoon pienentäminen nostaa lujuutta ja lisää iskusitkeyttä.

Hiilikato tarkoittaa sitä, että kuumeneva pinta hapettuu ja menettää karkenevuutensa. Tämän estämiseksi lämpökäsittely voidaan tehdä suojakaasussa tai tyhjiössä. Pienet kappaleet voidaan esimerkiksi peittää rautalastuilla, joiden hiileen happi yhtyy.

- Pehmeäsihekkutus

pehmittää esim. taotun tai valssatun teräksen helpommin työstettäväksi (700...750°C). Pehmeäsihekkutusta voi käyttää myös karkaistavan teräksen esikäsittelyyn, koska se muuttaa perliitin sementtiin pieniksi palloiksi ja karkaisuhalkeamien vaara vähenee.

- Myöstö

eli jännityksen poistamishekkutus tehdään ennen karkaisua kuumentamalla teräs läpikotaisin 500...600 °C lämpötilaan ja jäädyttämällä mahdollisimman hitaasti. Uudelleen kiteytymistä tai lujuuden muutoksia ei tapahdu.

- Karkaisu

Karkaisulla lisätään teräksen kovuutta. Teräs kuumentetaan austeniittiseksi ja jäädytetään äkkiä esim. upottamalla veteen. Vain kappaleen pinta jäähtyy kyllin nopeasti, hiiliteräksillä noin 3...4 mm. Mitä paksumpi on kappale, sen pienemmäksi jää karkaisu syvyys. Runsasseosteiset teräkset karkevat syvemältä kuin hiiliteräkset.

- Päästö

Karkaisun jälkeen teräs on äärimmäisen kovaa ja haurasta. Huippujännityksiä pienennetään kuumentamalla heti karkaisun jälkeen, jolloin martensiitti alkaa sitkeytyä ja muuttua pallomaiseksi perliitiksi. Kovuuden aleneminen riippuu päästölämpötilasta ja -ajasta. Päästölämpötilan voi arvioida päästövärin mukaan, koska hapettunut pinta saa eri värejä eri lämpötiloissa.

- Nuorruttaminen

on karkaisua ja päästöä niin korkeaan lämpötilaan, että syntyy huomattava sitkeyden parantuminen.

- Normalisoiminen

Korkeassa lämpötilassa työstetty teräskappale kuumentetaan nopeasti austeniittiseksi ja annetaan jäähtyä hitaasti. Uudelleen kiteytyminen muuttaa rakeisuutta hienommaksi ja parantaa työstön aiheuttamia epäedullisia kide muutoksia.

- Rekristallisaatio

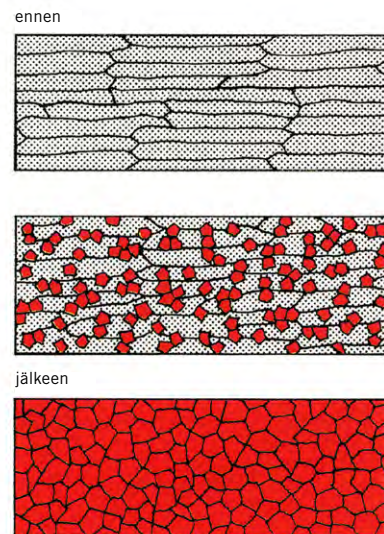
tehdään kylmämuokkauksessa lujittuneen teräksen pehmentämiseksi (600...700°C). Muokkautuneet rakeet korvautuvat uusilla pienemmällä kiteillä.

- Hiiletyskarkaisu

on menetelmä, jolla parannetaan sitkeän teräskappaleen pinnan kulutuskestävyyttä (akselit, hammaspyörät jne). Ennen karkaisua teräskappaleen pintaan lisätään hiiltä esim. erityisen kyllyn avulla.

- Kontrolloitu kuumavalssaus

tarkoittaa sitä, että erillinen lämpökäsittely korvataan säätämällä kuumavalssauksen vaiheita ja lämpötiloja. Sen eri tapoja ovat normalisointivalssaus ja termomekaaninen valssaus. Ne eroavat toisistaan mm. siten, että termomekaanisen valssauksen lopetuslämpötila on selvästi alhaisempi.



Rekristallisaatio

Lämpökäsittelyjä terästuotteita

Austeniittiset ja ferriittiset teräkset toimitetaan yleensä hehkutettuina ja peitattuina.

Nuorrutetun teräksen mikrorakenne on päästömartensiittia, joka on lujaa ja sitkeää. Nuorruttamalla tehdään seostettuja koneteräksiä (akselit, pultit ym.) ja erikoislujuja rakenneteräksiä.

Tavallisen kuumavalssauksen jälkeen teräksen iskusitkeys on vaatimaton.

Normalisoituina ja normalisointivalssattuina toimitetaan vaativia lajeja (esimerkiksi korkean iskusitkeysluokan omaavat teräkset). Tavallisesti normalisoidaan teräksiä, joiden hiilipitoisuus on alle 0,9 % (rakenneteräkset).

TM-teräkset (Thermo Mechanical) on valmistettu termomekaanisen valssauksen avulla, mikä antaa mahdollisuuden alentaa teräksen seosastetta tai nostaa lujuutta seostusta lisäämättä. Niukempi seostus ja erityisesti hiilen määrän väheneminen parantaa hitsattavuutta.

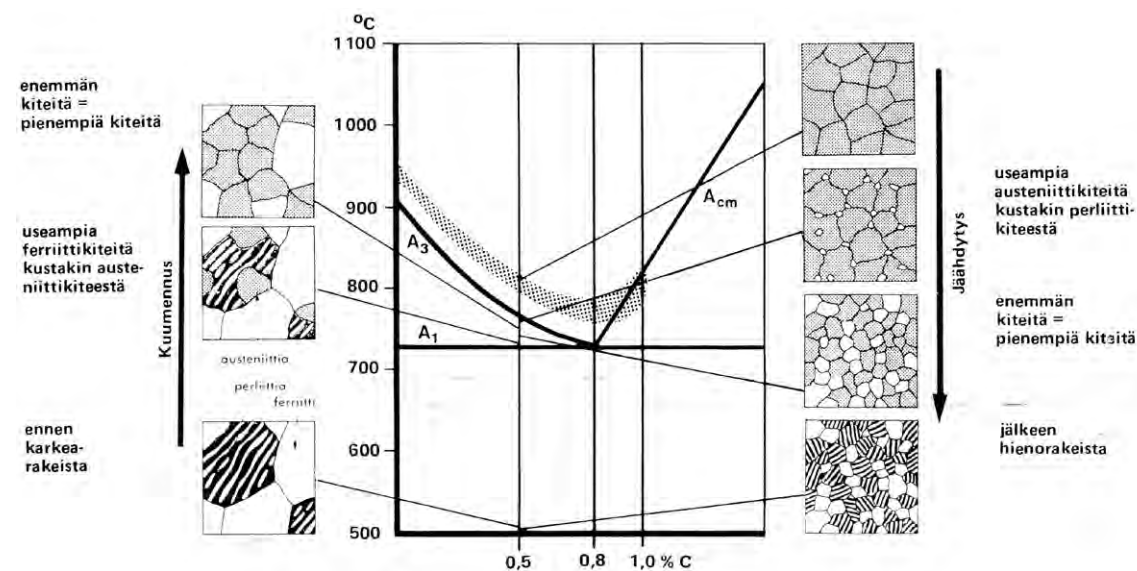
Rakenteet ennen ja jälkeen pehmeäsihekkutuksen:



perliittis-ferriittinen



palloutunut



Teräksen (C 0,5 %) normalisoinnin kulku

Seosaineet

Seosaineiden vaikutus

Seosaineilla voidaan muuttaa

- teräksen rakennetta
- mekaanisia ominaisuuksia (sitkeys, kovuus)
- korroosionkestävyyttä

On huomattava, että seosaineiden yhdistelmät vaikuttavat eri tavoin kuin kukin niistä erikseen.

Hiilellä (C) on ratkaiseva vaikutus teräksen ominaisuuksiin. Teräksen metallurgia perustuu hyvin pitkälle juuri rauta-hiili-tasapainoon. Muita seosaineita tarkastellaan sen perusteella, mitä muutoksia ne tähän tasapainoon tuovat.

Perusseostus

Hiilen ohella teräksen perusseostuksen muodostavat pii ja mangaani, sekä usein vielä alumiini.

Pii (Si) sitoo happea ja tiivistää terästä. Pehmeissä teräksissä piitä on 0,05% ja lujissa jopa 0,5%.

Mangaani (Mg) sitoo rikkiä, parantaa kestävyyttä haurasmurtumaan nähden ja laajentaa austeniitti- aluetta. Muovattavien terästen mangaanin määrä on 0,2%. Rakenneteräksissä sitä voi olla yli 1,5%.

Alumiini (Al) tiivistää terästä sitomalla happea ja typpeä. Se toimii myös mikroseosaineena. Rakenneteräksissä alumiinia on noin 0,03%:

Muita seosaineita

Rikki (S) ja fosfori (P) ovat epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat kuumahaurautta, kylmäaurautta ja iskusitkeyden alenemista. Ne myös haurastuttavat hitsiliitosta. Kumpaakin on muovattavissa teräksissä noin 0,01% ja rakenneteräksissä alle 0,04%.

Typpi (N) ja happi (O) ovat epäpuhtauksia, joita jää teräkseen valmistuksen yhteydessä. Typpi lujittaa terästä ja aiheuttaa myötövanhenemistä. Vapaa typpi sidotaan ja happi poistetaan alumiinilla. Typpeä on muovattavissa teräksissä noin 0,01%.

Kromi (Cr) lisää karbideja ja kovuutta, parantaa korroosionkestävyyttä ja vähentää pinnan hilseilyä korkeissa lämpötiloissa. Ruostumattomassa teräksessä kromia on vähintään 10,5 %.

Kupari (Cu) pieninä määrinä parantaa tavallisten rakeneterästen korroosionkestävyyttä.

Nikkeli (Ni) parantaa iskusitkeyttä ja jonkin verran korroosionkestävyyttä ja muovattavuutta. Lisäksi se hidastaa jäähtymisnopeutta ja edesauttaa austeniitin syntymistä, sekä parantaa ruostumattoman teräksen hitsattavuutta.

Molybdeeni (Mo) parantaa pistesyöpymisominaisuuksia aggressiivisissa ympäristöissä (rannikko, raskas teollisuus) sekä kuumalujuutta.

Boori (B) lisää niukkahiilisen teräksen karkenevuutta ja kulutuskestävyyttä.

Volframi (W) lisää teräksen kovuutta, kimmoisuutta ja vetolujuutta.

Koboltti (Co) on myös seosaine ja on ferromagneettinen.

Niobi (Nb), vanadiini (V) ja titaani (Ti) ovat alumiinin ohella mikroseosaineita, jotka lujittavat jo pieninä pitoisuuksina. Titaani reagoi myös hiilen kanssa ja estää kromikarbidien syntymistä.

Mikroseostus

muuttaa teräksen kiderakenteen hyvin hienorakeiseksi.

Korroosion esto

Metallien syöpymistä ei voi lopullisesti estää, mutta on useita keinoja, joilla syöpymisen todennäköisyyttä voidaan vähentää ja syöpymisnopeutta pienentää. Oleellista on, että poistetaan jokin korroosion toiminnalle välttämätön edellytys. Tärkeimmät keinot ovat pinnoitus ja seostaminen.

Pinnoitus

Menneinä vuosisatoina peltikattojen ns. mustaan peltiin selvitettiin vernissaa, mönjää, kivihiilitervaa tai öljy- tai grafiittimaalia. Metallipinnoitteista tinaus on vanhin ja sitä käytettiin jo 1700-luvulla.

Nykyisin teräsrakenteiden yleisimpiä pintakäsittelyjä ovat korroosionestomaalaus ja sinkitys.

Muita pinnoitemateriaaleja ovat nikkeli, tina, kromi, alumiini ja emali. Metallipinnoitteen tekotapoja ovat saostaminen elektrolyyttisesti, kastaminen ja ruiskuttaminen.

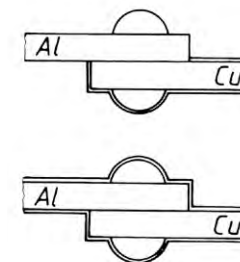
Seostaminen

Kun teräkseen seostetaan kromia, kuparia ja nikkeliä, teräksen korroosionkestävyys paranee. Seosaineet muodostavat teräksen pintaan suojaavan oksidikerroksen. Jos pinta vahingoittuu, oksidikalvo pyrkii korjautumaan välittömästi hapen vaikutuksesta.

Eri seosaineet tuottavat erilaista korroosiokestävyyttä, joten teräslaji on valittava huolellisesti käyttökohteen mukaan. Korroosionkestävyyteen vaikuttavat myös teräksen työstö, käsittely ja huolto. Jos oksidikalvo vaurioituu, se voi myös johtaa korroosion alkamiseen.

Kun epäjalo metalli (alumiini) koskettaa jaloa metallia (teräs tai kupari), liitos suojataan maalaamalla näin. Liitos syöpyy, jos vain epäjalo metalli maalataan (ks myös kuva s. 32).

Jaloustasteeltaan erilaiset metallit yhdistetään toisiinsa eristeen avulla.



Muita tapoja

Kaksi metallia, jotka voivat vahingoittaa toisiaan kiinteässä kosketuksessa (kuten teräs ja kupari), voidaan kiinnittää yhteen sähköeristeen välityksellä. Eriste ei saa imeä kosteutta tai epäpuhtauksia. Se voi olla esimerkiksi kumia, neopreeniä tai nailonia.

Olemassa olevaa oksidikerrosta voidaan vahvistaa tai lisätä valmiin metallin pintaan jokin muu kerros. Esimerkkeinä mainittakoon alumiinin hapettaminen ja teräksen fosfatoiminen.

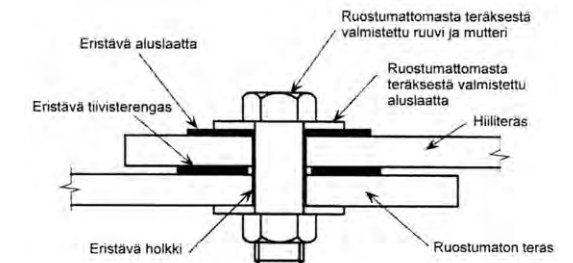
Metallirakenne suojataan katodisesti niin, että se yhdistetään sähköpariksi keinotekoiseen anodiin, joka syöpyy ("uhrimetalli").

Ainakin teoriassa on mahdollinen myös tapa, että lakkautetaan korroosioerien virta metallien pinnassa johtamalla siihen vastakkainen ulkoinen virta.

Metallien valmistus mahdollisimman puhtaina vähentää epäpuhtauksista johtuvien paikallisparien muodostumista. Tämä koskee erityisesti lyijyä, sinkkiä, tinaa ja alumiinia.

Korroosioympäristön muuttaminen tarkoittaa sitä, että vähennetään ympäristön syövyttävyyttä ja alennetaan kosteutta ja epäpuhtauksia.

Tuotteen mitoituksessa voidaan myös varautua sen elinajan riittävään korroosiovara.



Ruostumattomat ja säänkestävät teräkset

Eri teräslajien ruostuminen

Tavallinen teräs (ns. musta rauta) voi ruostua puhki suotuisissa oloissa, jos sitä ei suojata.

Ilmastokorroosiota kestävä teräs (kuten säänkestävä teräs eli COR-TEN) ruostuu aluksi normaalisti, mutta ruostekerros on tiiviimpää estäen hapen pääsyn teräkseen, jolloin ruostuminen hidastuu. Korroosiokerroksen vaurioituttua muodostuu uusi suojaava korroosiokerros. Corten -teräksen oksidikerros (ruoste) toimii kuin maali, edellytys on että pinta kastuu ja kuivuu säännöllisesti. Jatkuva kosteus on kuitenkin liikaa. Rakennatarkoituksissa on otettava myös huomioon, että Corten -teräksen ruoste tahrii kuten tavallinen ruoste.

Ruostumatonta teräs on yleensä 18/8 -teräs (kromia ja nikkeliä). Se voi kuitenkin ruostua vaikeissa oloissa (merivesi, suolasumu, kloridit, biologinen kasvusto jne.)

Molybdeenillä seostettu *haponkestävä teräs* kestää paremmin vaikeita oloja. Sillä on useita koostumuksia, esim. 18 % Cr, 12% Ni, 2% Mo. Yleisin haponkestävä terästyppi on EN 1.4404 (AISI 316L).

Ruostumattomia teräksiä

Ruostumattomista teräksistä käytetään puhekielessä usein nimityksiä RST tai rosteri. Rakentamiseen niistä käytetään yleisimmin austeniittisia ja Duplex-teräksiä.

- *Austeniittinen ruostumatonta teräs* sisältää nikkeliä ja kromia. Se on muovattava ja sitkeä materiaali ja tuttu esim. elintarviketeollisuudesta. Se on myös hyvin muokkautuvaa. Yleisimmin käytetty tyyppi on EN 1.4301 (AISI 304). Austeniitti ei ole magneettinen.
- *Ferriittinen ruostumatonta teräs* on ferriittistä kaikissa lämpötiloissa ja sisältää raudan lisäksi lähinnä kromia. Ferriittinen ruostumatonta teräs on magneettinen.
- *Austeniittis-ferriittinen ruostumatonta teräs* eli Duplex-teräs on edellisten välimuoto, eli luja ja kulutuksenkestävä. Se kestää hyvin myös jännityskorroosiota. Näistä syistä sitä käytetään esim. prosessiteollisuuden rakenteellisissa sovellutuksissa. Duplex-teräs on magneettinen.
- *Martensiittiset ruostumattomat teräkset* ovat kovia ja magneettisia. Niitä käytetään usein valuosina ja terämateriaaleina.
- *Erkautuskarkenevien ruostumattomien terästen* murtolujuus on korkea. Näiden terästen valmistus muistuttaa karkaisua, mutta kiteisiin puristuksiin jäävä aine on jokin muu kuin hiili.



Itämerentori, Ruoholahti. Helin & Co arkkitehdit (2000)

Ruostumattomien ja säänkestävien terästen suunnittelussa huomattavia erityispiirteitä

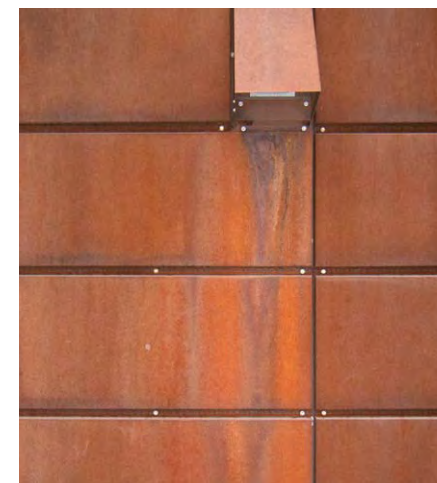
Teräslajin valinnassa tulee ottaa huomioon ympäristöolosuhteet, valmistusmenetelmä, pinnanlaatu ja rakenteen huolto.

Teräksiset rakenteet ja yksityiskohdat suunnitellaan sellaisiksi, että korroosion on vaikea lähteä niistä liikkeelle. Tähän kuuluvat mm. valumavesien hallinta kallistuksineen ja tippanokkineen sekä rakenteiden tuuletus ja kuivuminen.

Lian kerääntymistä vältetään ja pintoja pestään tarvittaessa. Sileä tai kiiltävä pinta pysyy helpommin puhtaana kuin karkea tai matta. Vaakasuorat listat, saumat ja kuviot muodostavat esteitä sadeveden valumiselle.

Oksidi- tai ruostekerros suojaa rakennetta joka puolelta, jos se suunnitellaan tuulettuvaksi. Limiliitoksia vältetään, koska ne keräävät likaa ja kosteutta ja oksidoituvat huonosti. Esimerkiksi yhteen liitettävien Corten-terästen väliin tulee jättää rako, koska muuten ne ruostuvat puhki.

Sähkökemiallisen reaktion ja lämpöliikkeiden vaara vähenee, jos kaksi erilaista metallia kiinnitetään joustavasti (esimerkiksi vain sieltä täältä) toisiinsa ja



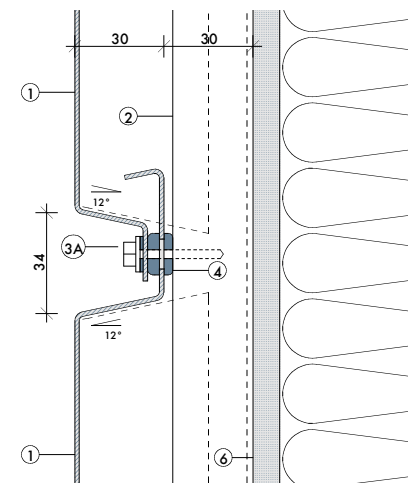
Epätasainen lämpö ja kosteus vaikuttavat Cortenin ruostumiseen.

käytetään eristeitä. Kiinnikkeiden tulee olla vähintään yhtä jaloja kuin jalompi materiaali. Jalomman pinnan maalaaminen tai pinnoittaminen voi myös estää sähköparin syntymistä. Yhdistämistä kupariin kannattaa välttää.

Periaatteessa valumaveden suunnan tulee olla epäjalolta pinnalta jalolle päin, mutta ruostumattoman teräksen päälle ei saa tulla hiiliteräksen ruostetta. Vierasseruoste on yleinen ongelma rakennustyömaalla.

Ruostumattoman teräksen työstö ja liitokset tehdään kuten hiiliteräksellä, paitsi varotaan niiden yhteydessä vieraita aineita kuten hiiliteräspartikkeleita (esimerkiksi tavallisia poranteriä tai teräsvillaa). Ruostumattoman teräksen hitsaus ja hitsiliitokset muihin metalleihin ovat vaativia. Hitsausroiskeet ja hapettumat on poistettava ja hitsisaumat käsiteltävä. Hitsauslisäaineen tulee olla vähintään yhtä jaloja kuin perusaine. Jos ruostumatonta teräs ja sinkitty teräs hitsataan yhteen, sinkkikerros on poistettava liitosalueesta haurausvaaran takia.

Kiinnittimien korrosio voi alkaa paitsi sähkökemiallisesti, myös kitkasyöpymisestä eli kiinnileikkautumisesta. Valssaamalla valmistetut kiinnittimet ovat tässä suhteessa kestävämpiä kuin esimerkiksi koneistamalla (lastuava työstö) valmistetut. Kiinnittimen siirtoa kannattaa harkita, jos se osuu kosteuden kannalta kriittiseen kohtaan. Ankarissa oloissa kuten uimahalleissa kiinnikkeiden korroosionkestävyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.



Corten-rakenteessa vältetään tiiviitä limiliitoksia.

Teräksen pintakäsittelyt

Pintakäsittelyn valinnassa otetaan huomioon mm. ympäristön rasitukset, korrosio, kuluminen, likaantumisen, sormenjäljet, katseluetaisyys, valaistus ym. Tumma väri imee lämpöä. Teräksen pintaa rikkovia menetelmiä ei suositella ulkokäyttöön.

Sinkitys

Sinkitys otettiin käyttöön Englannissa 1850-luvulla. Sinkitystä käytetään yleisesti hiiliteräksille, mutta ei sovellu ruostumattomille teräksille.

Sinkitys tarkoittaa sitä, että teräskappaleen pintaan lisätään ohut kerros puhdasta tai seostettua sinkkiä. Yleisin seosaine on alumiini. Vanha seosaine lyijy on nykyisin jäänyt pois käytöstä, mutta sen avulla syntyi jääkukkakuviainen sinkkipinta.

Sinkki suojaa terästä, koska sen pintaan muodostuu ohut emäksinen sinkkikarbonaattikerros joka estää hapettumisen. Sinkkikerros hidastaa teräksen syöpmisnopeutta kymmenesosaan. Korrosionkestävyyteen vaikuttavat mm sinkkikerroksen paksuus, ilman rikkiyhdisteet ja kosteus.

Nesteissä sinkki on stabiili kun pH on 6...12,5. Näiden arvojen ulkopuolella korrosio on nopeaa. Myös kuuma tai nopeasti virtaava vesi edistävät korrosiota, samoin kostea puu tai maa.

Kolhujen ja naarmujen kohdalla sinkkipinnoite suojaa terästä sähkökemiallisesti (katodinen suoja), jolloin sinkkiyhdisteet kulkeutuvat katodille (teräkselle) ja saostuvat. Kupari ja kuumasinkitty teräs tulee eristää toisistaan.

Valkoruoste syntyy sinkin pinnalle, jos pinnalla on seisovaa vettä, joka estää suojaavan sinkkikarbonaattikerroksen muodostumisen. Kun pinta kuivuu, siihen muodostuu taas normaali suojakerros.

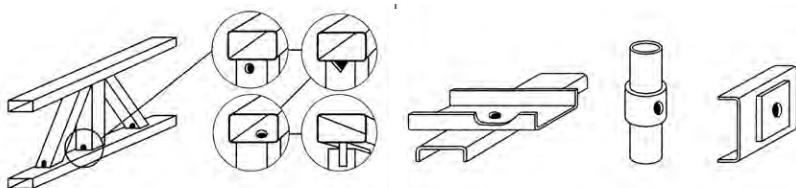
Sinkitystapoja

Kuumasinkitys (kastosinkitys) tuottaa paksuhkon ja himmeän sinkkipinnan, joka on iskunkestävä ja soveltuu esimerkiksi nauloihin. Teräsrakenteet esikäsitellään ja upotetaan 450°C:een sinkkiin. Sitä ennen putkirakenteisiin on tehtävä reiät räjähdysvaaran vuoksi. Kuumasinkityn teräksen lujuus ei muutu, mutta iskutiteus voi alentua. Jos teräksen piipitoisuus on alueella 0,05...0,12 %, voi kuumasinkityksessä sinkkikerroksen paksuus tulla liian suureksi ja lohkeilla käytössä pois. Kuumasinkitty pinta on uutena hyvin kiiltävä tai epämääräisen laikukas. Pinta tasaantuu ikääntyessään.

Sähkösinkitys eli *galvanointi* tuottaa ohuen ja kiiltävän pinnan, joka kestää huonosti iskuja ja ulkoilman kosteutta. Teräksen pintaan saostetaan puhdasta sinkkiä sähkövirran avulla. Syntyvä kalvo on kiiltävä ja ohut (n. 10µm). Korrosionkestävyyttä voi parantaa kromatoinnin (keltapassivoinnin) avulla tai seostamalla sinkkipinnoitteita.

Ruiskusinkitys tehdään siten, että sinkittävät kappaleet hiekkapuhalletaan ja sinkkilangasta sulatetut sinkkipisararat puhalletaan paineilman avulla teräksen pintaan.

Sinkkipölymaaleja ja sulatettavia korjauspuikkoja käytetään sinkittyjen pintojen isompien vaurioiden korjaamiseen.



Sinkittävien kappaleiden rei'itys estää niitä räjähtämästä, kun ne kastetaan kuumaan sinkkiin. Kastettava esine pidetään vinossa, jolloin liika sinkki valuu pois.

Korrosionestomaalaus

Rasitukset

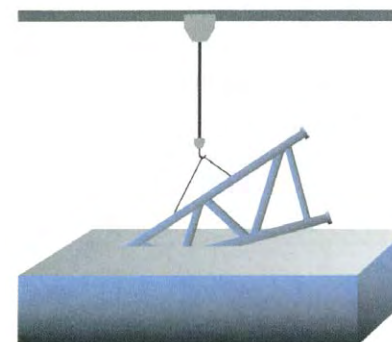
Kansainvälinen korrosionestomaalausstandardi SFS-EN ISO-12944 jakaa ilmastorasitukset luokkiin:

- C1 hyvin lievä
- C2 lievä
- C3 kohtalainen
- C4 ankara
- C5-I erittäin ankara (teollisuus)
- C5-M erittäin ankara (meri)

Sisätiloissa kuivien tilojen luokitus on C1 ja kosteiden tilojen C2.

Kun lämpötila laskee kastepisteeseen, ilman kosteus tiivistyy kylmälle teräspinnalle. Kriittinen kosteus teräksen korrosiolle ilmassa on yleensä 60...70 %.

Maalattavan rakenteen suunnittelussa ja muotoilussa tulee välttää kulumiselle alttiita teräviä kulmia, vesitaskuja, vettä ja likaa kerääviä pintoja ja liitoksia, vaikeasti maalattavia kapeita rakoja jne.



Toisin kuin sinkkipinnoite, maalipinnoite pyöristyy, jolloin terävät kulmat jäävät kulutukselle alttiiksi.

sinkkipinnoite



maalipinnoite



Maalityypit

Maalityypit valitaan kohteen alustan, käyttörajoitteen sekä maalauksen halutun kestoajan ja ulkonäön perusteella.

Maali koostuu sideaineista, pigmenteistä, liuotteista, ohenteista (vesi tai liuotin) ja apuaineista. Teräsalustalle tarkoitetut pohja- ja pintamaalit sisältävät korrosionestopigmentejä ja inhibiittoreita, jotka vastustavat sähkökemiallista reaktiota. Maalaus parantaa myös sinkityn, ruostumattoman ja säänkestävän teräksen korrosionkestävyyttä.

Maalin kuivumistapa riippuu sideaineesta. Mitä korkeampi on lämpötila, sitä nopeampi on kuivuminen. Minimilämpötila on yleensä ilmakehille maaleille + 5°C ja kaksikomponenttimaaleille + 10°C. On myös pienessä pakkasessa kovettuvia epoksimaalilaatuja (- 5°C).

Fysikaalinen kuivuminen tarkoittaa sitä, että liuotteet ja ohenteet haihtuvat ja sideaineen molekyylit tarttuvat toisiinsa (akryyli-, kloorikautsu- ja vinyylimaalit).

Ilmakehinen kuivuminen on hapettumista, joka käynnistää öljypohjaisen sideaineen verkottumisen (alkydimaalit).

Kaksikomponenttimaali kovettuu, kun muoviosaan sekoitetaan kovete (epoksit, polyuretaanimaalit, sinkkilikaattimaalit).

Jauhe- ja polttomaalit muodostavat kalvon kuumenttaessa (+140...+190 °C).

Maalauksen toteutus

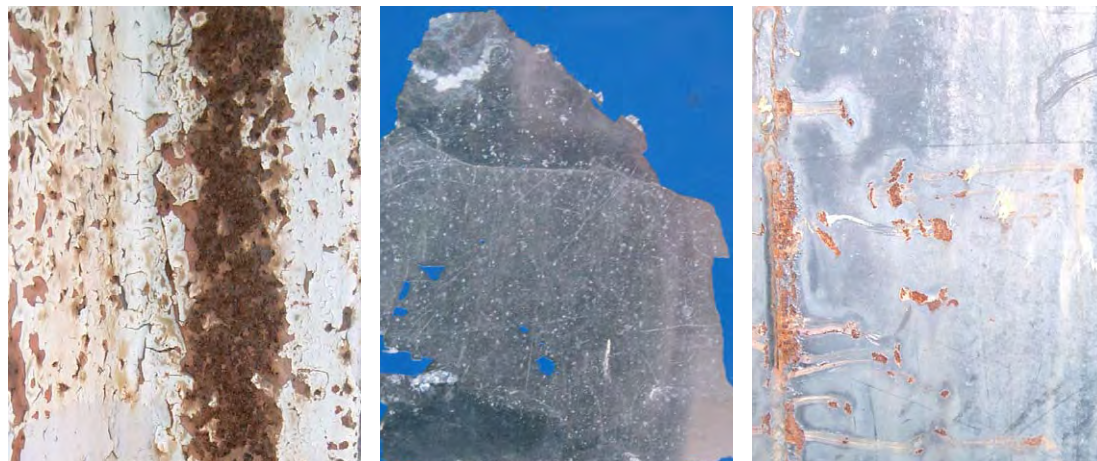
Teräspinnan, erityisesti ruostumattoman teräksen, maalaaminen on vaativaa. Sopivat maalit ja käsittelyt on syytä aina tarkistaa maalin valmistajalta. Maalauksen onnistuminen riippuu oleellisesti maalattavan pinnan puhdistuksesta ja esikäsitteystä. Pöly, laasti, suolat, öljyt jne. poistetaan huolellisesti lian- ja rasvanpoistomenetelmin (kaavinta, suihkupuhdistukset, pesut jne.). Suihkupuhallusta ei saa käyttää kuumasinkityn teräsohutlevyn esikäsitteilyyn ennen maalausta.

Paras tarttuvuus on mattaan tai karhennettuun pintaan. Valssihilseen ja ruosteen poistossa käytetään mekaanisia (teräsharjaukset, suihkupuhdistus, vesisuihkupuhdistus), termisiä (liekkipuhdistus) tai kemiallisia menetelmiä (happopeittaus). Ruostumattoman teräksen käsittelyssä vältetään hiiliterästä sisältäviä hionta-aineita ja -välineitä.

Puhdistetun pinnan esikäsitteilyjä ovat

- konepajapohjamaali (tehtaassa)
- fosfointi (teräs-, sinkki- ja alumiinipinnat)
- kromatointi (kevytmetallit, sinkkipinnat)
- tartuntamaalaus (teräs- sinkki-, alumiini-, lyijy- ja kuparipinnat sekä ruostumaton teräs)

Tavallisimmat maalausmenetelmät ovat sively, telaus, ruiskumaalaus, upotusmaalaus, valelu- ja valukone- sekä valssimaalaus. Maali kuivuu kiinni pintaan ja muodostaa siihen kalvon eli pinnoitteen. Valmis maalikalvo koostuu usein pohja-, väli- ja pintamaalista.



Lievässä ilmastorasituksissa pohja- ja pintamaalia on kumpaakin 1-2 kerrosta (yhteispaksuus n. 160 - 200µm) ja maalityypiksi soveltuvat esim. alkydi-, akryyli- tai kloorikautsumaalit.

Voimakkaissa ilmastorasituksissa maalauskerrosten lukumäärä kasvaa (yhteispaksuus 200 – 320µm); maalityyppejä ovat tällöin esim. sinkkisilikaatti-, epoksi- tai polyuretaanimaalit.

Tehdasmaalaus helpottaa maalauksen onnistumista valvotuissa oloissa, mutta asettaa vaatimuksia kuljetukselle (ei kolhuja) ja liitostekniikalle (mieluummin pultteja kuin hitsausta). Jos osat tuodaan työmaalle pohjamaalattuina ja maalataan pinta paikalla, mukaan on laskettava käsityön hinta. Konepajapohjamaali eli shopprimer on tarkoitettu vain väliaikaiseen suojaukseen.

Käsittely-yhdistelmät

Rakennustietosäätiön julkaisemassa Maalaus-RYL – käsikirjassa on määritelty yleisesti hyväksytyt uudis- ja huoltomaalauksen käsittely-yhdistelmät ulko- ja sisäpinnoille.

Maalausyhdistelmäseloste on yksityiskohtainen ohje, jonka maalin toimittaja laatii kustakin tuotteestaan.

Ongelma	Seuras	Mahdollinen syy
Rosoinen pinta	Huono ulkonäkö.	Alusta, maali tai välineet ovat likaisia. Sopimaton ohenne saostaa maalia. Ruiskutussumua on maalatulla pinnalla.
"Appelsiinipinta"	Maalikalvo on poimuuntunut	Ruiskumaalauksessa on käytetty sopimatonta ohennetta, menetelmää tai viskositeettia.
Ryppyntyminen	Voimakas liikaantuminen, huono kalvonmuodostus	Liian paksu maalikalvo.
Valuminen	Huono ulkonäkö	Liian paksu maalikalvo. Kylmä maali. Liiallinen ohentaminen.
Huokoisuus	Maalikalvossa on huokosia jotka huonontavat suojauskykyä ja keräävät likaa.	Sopimaton ohenne. Maalissa on ilmaa. Ruiskutusilmassa on kosteutta. Maalikalvo on liian ohut. Liian nopea kuivuminen. Huokoinen alusta.
Kiilto on epätasainen	Juovikas pinta	Sopimaton ohenne. Epätasainen alusta (kittauksia). Epätasainen levitys. Huokoinen, imevä alusta.
Halkeilu	Maalikalvo halkeilee joko alustaan tai edellisiin keroksiin.	Maali on liian kova (hauras) kyseiselle alustalle. Lämmönvaihtelu. Sopimaton käsittely-yhdistelmä.
Hilseily	Maalikalvo tai osia siitä irtoaa alustasta ja maalikalvo menettää suojauskykynsä.	Sinkittyä pintaa ei ole pesty asianmukaisesti. Maalaus suoritettu kostealle tai rasvaiselle pinnalle. Maalaus tehty valssihilseen tai ruosteen päälle. Maalaus tehty huonoissa olosuhteissa. Maali sekoitettu tai ohennettu väärin. Alustalle sopimaton käsittely-yhdistelmä.
Kalvojen välinen irtoaminen	Maalikerros irtoaa edellisestä kerroksesta. Ulkonäkö ja kestävyys kärsivät.	Edellinen maalikerros on ehtinyt liikaantua tai kovettua liikaa. Sopimaton maali. Sopimaton maalausväline.
Nouseminen	Maalikalvo irtoaa alustasta.	Pohjamaali ei kestä pintamaalin liuotteita, vaan turpoo ja irtoaa alustasta.
Kupliminen	Maalikalvon irtoaminen alustasta pyöreinä kuplina.	Epäpuhdas alusta. Sopimaton ohenne. Kosteus olosuhteet. Liian paksu tai ohut maalaus. Kosteus päässyt maalikalvon alle. Aliruostuminen. Katodisuojaus aiheuttama kupliminen.
Väririkko (läpilyönti) pintamaaliin. Bitumin läpilyönti.	Maalikalvo värjäytyy ja tulee kirjavaksi	Liukeneva väriaine tai pigmentti vaehtaa pohjasta
Liituaminen	Pigmentit irtoavat pinnasta sideaineen hajotessa.	Maalille liian kova UV-rasitus.
Pikaruostuminen maalattaessa	Vesiohenteinen maali voi aiheuttaa maalauksen yhteydessä teräkseen lievää pistekorrosiota, mikä näkyy ruskeina täplinä maalikalvossa.	Viileät tai kosteat maalausolosuhteet, paksu kalvo tai käytettävän maalin riittämätön inhibointi.
Huono korroosiosuoja	Ennen aikaista ruostumista	Sopimaton käsittely-yhdistelmä. Liian ohuita maalikalvoja. Riittämätön esikäsitteily. Huonot maalausolosuhteet.

Ohutlevyjen tehdasmaalaus

PVDF (polyvinylideenifluoridi)

on kovakalvopinnoite, jonka paksuus on 25µm. PVDF on paras pinnoite ulkonäkökesto-ominaisuuksiltaan. Se on herkkä mekaaniselle rasitukselle ja taivutuksille, mutta kestää hyvin liuottimia ja UV-säteilyä. Siitä on saatavissa myös metallihohtovärejä.

Pural (polyuretaani)

on kehitetty korvaamaan PVC-pinnoitetta. Muovauskestävyys on hyvä ja pinta kestää hyvin lumen ja jään mekaanista kulutusta sekä auringon UV-säteilyä.

PVC (polyvinyylikloridi) eli Plastisol

Pinnoite on pehmeä ja sen paksuus on 200µm. PVC:tä on helppo työstää ja se kestää mekaanista rasitusta. Korroosionkesto on hyvä, mutta auringon-säteilyn kesto huono. PVC ei myöskään ole ympäristöystävällinen materiaali, koska sen poltosta vapautuu ympäristömyrkyjä.

Akryyli

ei ole yhtä naarmunkestävä kuin edelliset. Se on kovakalvopinnoite ja paksuus on 25 µm.

Polyesteri

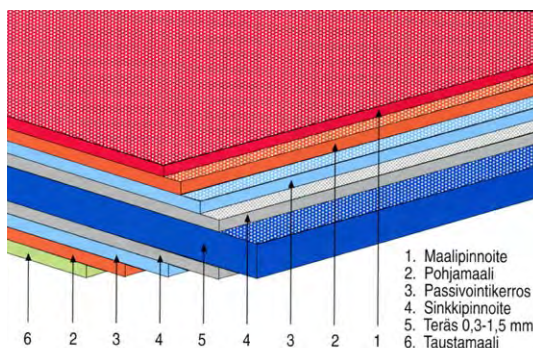
soveltuu sekä sisälle että ulos vähemmän vaativiin kohteisiin. Käytetään esimerkiksi kantavien ja liittolevyjen alapintana sekä sisäverhoilussa.

Mattapolyesteri

Korroosion- ja värinkesto on hyvä, pinta himmeän teksturoitu. Pinnoitteen paksuus on 35 µm. Käytetään esimerkiksi muotolevykatteena, mutta sitä ei suositella saumattavaksi.



Teräslevyn tehdasmaalaus



Maalipinnoitettu teräslevy

Ruostumattoman teräksen pintakäsittelyt

Ruostumattoman teräksen pintakäsittelyt tehdään yleensä käyttötarkoituksen ja ulkonäön perusteella eikä korroosionestotarkoituksessa. Pintakäsittelyt säilyttävät pinnan passiivitilassa. Vaikka pintakäsittelyt on standardisoitu, saman tuotteen eri valmistuserissä voi olla eroja.

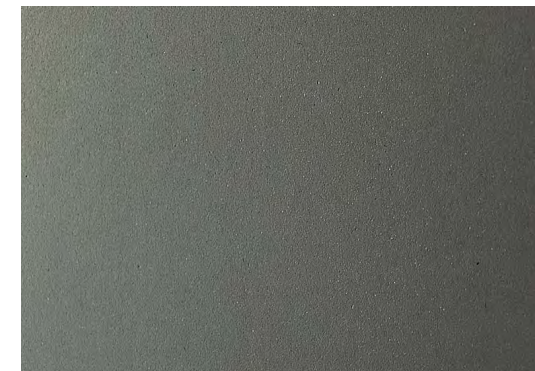
Peruspinnat syntyvät kuuma- tai kylmävalssauksessa ja puhdistamalla sen jälkeen pinta kemiallisesti (peittaus). Peruspintoja voidaan käyttää suoraan useimmissa rakennuksen osissa tai lähtöpintana muille pintakäsittelyille.

Mekaanisesti hiotut ja harjatut pinnat saadaan aikaan hiovilla materiaaleilla, jotka leikkaavat pintaa jossain määrin. Välineitä ovat hiontanauhut ja harjat. Hionta voidaan tehdä kuivana tai väliaineen kanssa (öljyhionta, emulsiöhionta). Satiinimaisesti hohtava ja hieman karhea pinta kätkee mm. sormenjäljet.

Kiillotus tuottaa heijastavan peilipinnan. Hienohiottu pinta kiillotetaan mekaanisesti tahnojen ja pehmeiden laikkojen avulla. Jos teräksen pinta ei ole tasainen, kiillotus korostaa sitä vääristämällä heijastuksia.

Elektrolyttinen kiillotus on sähkökemiallinen menetelmä, jossa teräspinnan karheuspuiput syöpyvät. Edelliseen verrattuna pinta ei ole yhtä peilimäinen, mutta se soveltuu hyvin myös ulkokäyttöön.

Suihkupuhalluksen avulla voidaan valmistaa mattamaisia pintoja. Puhallukseen käytettävät partikkelit voivat olla esimerkiksi lasikuulia, lasijauhetta, ruostumatonta terästä, keraameja tai alumiinioksidia. Suihkupuhallukseen ei saa käyttää aineita, joista irtoaa rautaa ja sen mukana vierasruostetta. Useat puhallushiekat sisältävät rautapitoisia mineraaleja, jolloin niiden käyttö ei ole suositeltavaa. Teräsvärsäiset puhallusaineet rikkovat hieman teräksen pintaa. Suihkupuhallus saattaa aiheuttaa pinnan muokkautumista tai muutoksia levyn jännityksissä, jolloin puhalluksen voi suorittaa molemmilta puolilta. Suihkupuhallus aktivoi teräspinnan, joten jos tarvitaan korroosionkestävyyttä, pinta peitataan.

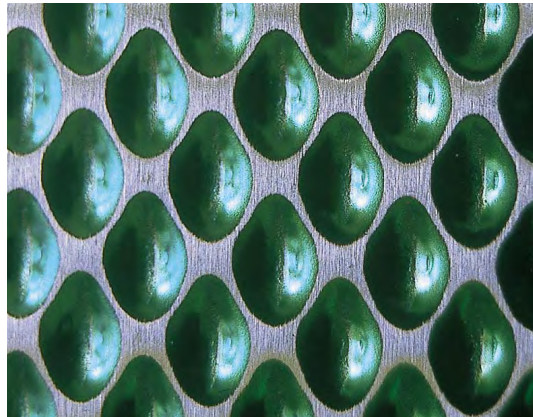
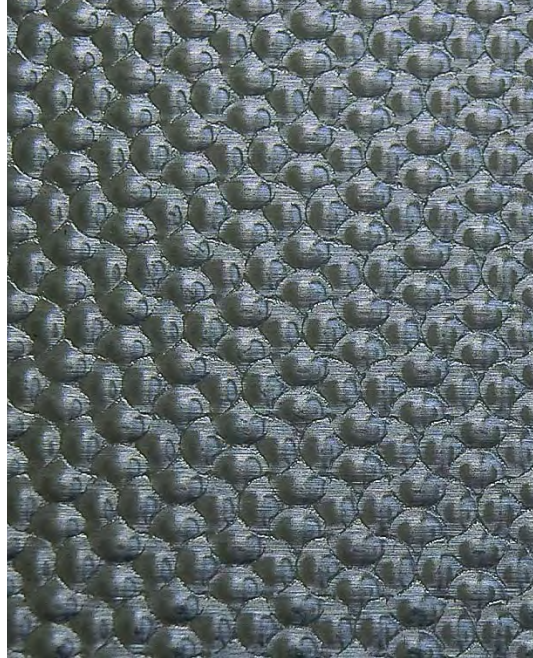


Kuviolssatut pinnanlaadut valmistetaan joko puristamalla tai kuvioiduilla valsseilla valssaamalla. Kuviointi jäykistää levyjä, minkä ansiosta levyt voivat olla ohuita ja suuret yhtenäiset pinnat näyttävät tasaisilta. Kuviolssattu pinta ei peilaa ympäristönsä, mutta kätkee pienet naarmut ja kolhut.

Värjätty pinta tehdään kasvattamalla ruostumattoman teräksen pinnassa olevaa passiivista oksidikalvoa kemiallisella liuoksella. Liuoksen koostumus ja käsittelyaika vaikuttavat syntyvän passiivikalvon paksuuteen. Kalvo kiinnitetään liuoskäsittelyn jälkeen elektrolyytisesti. Valmiin pinnan väri perustuu valon taittumiseen ja interferenssiin. Koska väri ei perustu väriaineisiin, pinta ei haalistu UV-säteilyn vaikutuksesta. Teräksen alkuperäinen pinta kuultaa kalvon läpi. Värjätty pinta kestää taivuttamista siinä missä väritönkin. Sen sijaan se ei pysty uudistumaan itsestään eikä siis kestä mekaanista kulutusta, naarmuja tai hitsin lämpövyöhykettä. Vaurioiden korjaaminen on lähes mahdotonta. Kuviolssatun värjätyn pinnan hiominen muuttaa pinnan ulkonäköä mutta parantaa kulutuskestävyyttä, sillä väri jää uurteisiin.

Erikoisvalmisteisten koristepintojen valmistuksessa käytetään mm. laseria, etsausta happojen tai sähkövirran avulla, suihkupuhalusta, värjäystä, kuviointia kuviolssseilla, hiontaa ja kiillotusta. Kuvio siirretään esim. silkkipainotekniikalla teräksen pinnalle ja syövytetään, tai käytetään eri pintakäsittelyjen yhdistelmiä.

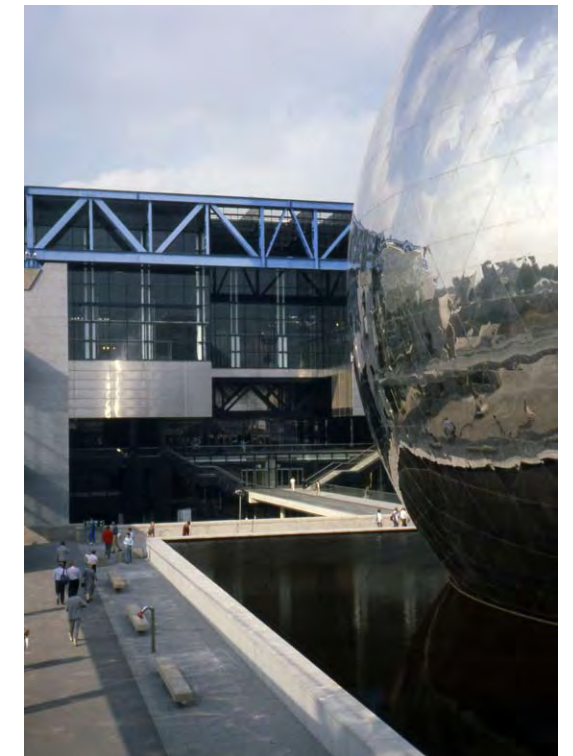
Tinattua pintaa voi käyttää esim. ruostumattoman vesikatteen pinnoitteena. Se kiinnitetään elektrolyytisesti ruostumattoman ohutlevyn molemmiin puoliin. Tinaus on mattaharmaa ja helpottaa esim. kattotuotteiden juottamista paikalleen.



Vakiokokoisia ja -värisiä teräsohutlevyjä. AV -oppilaitos, Helsinki. ARK-house arkkitehdit Oy (2002)



Koboltinsinisiksi emaloituja teräskasetteja. Kiinteistö Oy Helsingin Lepakko. Helin & Co arkkitehdit (2002)



Maalattua terästä sekä hiottua ja kiillotettua ruostumatonta terästä. Tiede- ja teollisuusmuseum, Villette, Pariisi. Arkkitehti Adrien Fainsilber (1986)

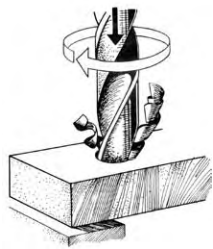
Teräksen työstö

Lastuava työstö

Lastuava työstö tehdään konepajassa tai tehtaassa. Työtapa on sorvaus, jrsintä, poraus, höyläys, sahaus, viilaus ja hiominen. Sorvin tai poran päässä käytetään kovametallia, joka ei ole rauta-tuote vaan koostuu volframikarbidista ja koboltista. Muokauslujuuttuminen voi haitata joidenkin sitkeiden teräslajien työstämistä.



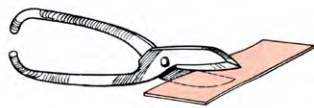
Lastu



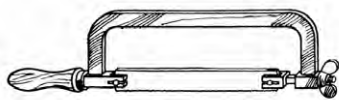
Poraus



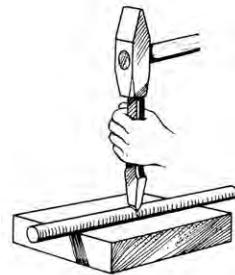
Viilaus



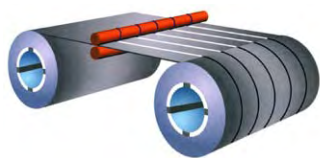
Leikkaus



Sahaaminen



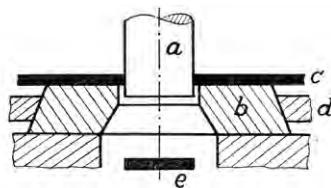
Katkaisu



Nauhaleikkaus



Plasmaleikkaus



Lävistys

Leikkaava työstö

Teräskappaleet katkaistaan sahalla, leikkurilla, laserleikkurilla, vesisuihkuleikkauksella tai polttoleikkaamalla hitsausliekin avulla. Ruostumattomat teräkset vaativat leikkaamiseen suurempaa voimaa kuin hiiliteräkset.

Ohutlevyjä katkaistaan laserilla tai peltisaksilla ja lävistetään (stanssataan, perforoidaan).

Muovaava työstö

Muovaavat menetelmät muuttavat teräksen ulkonaista muotoa ja parantavat myös sen sisäistä rakennetta. Teräs tulee hienorakeisemmaksi, ontelot sulkeutuvat, kuonansulkeumat venyvät raidoiksi jne.

Kylmämuovauksessa teräksen rakeet venyvät muokauksen suuntaan ja teräs kovenee eli muokauslujuuttuu. Lujuuden kasvu kompensoi jossain määrin materiaalin ohenemista. Äärimmilleen muokattuna teräs kovenee ja haurastuu niin että murtuu. Muokauslujuus voi olla kimmoista tai pysyvää. Liikaa kovuutta voidaan lieventää lämpökäsittelyiden avulla.

Kuumamuovauksessa teräs ei muokauslujuutu, vaan raerakenteen venyessä tapahtuu uudelleen kiteytymistä. Uudet rakeet eivät ehdi kasvaa yhtä suuriksi kuin mitä rakeet olivat ennen valssausta.

Muovaavan työstön eri tapoja:

- Taonta

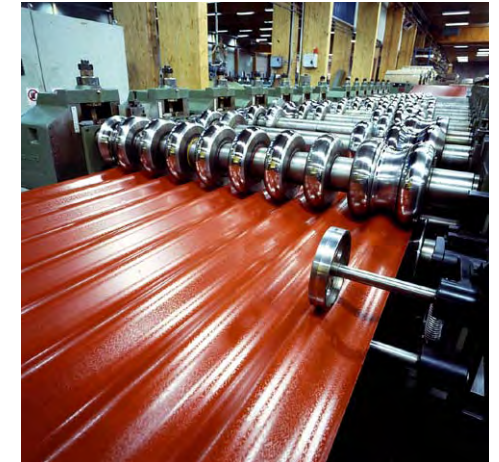
Työtapa on vapaataonta ja muottiintaonta sekä kuumataonta ja kylmätaonta.

- Kuumavalssa

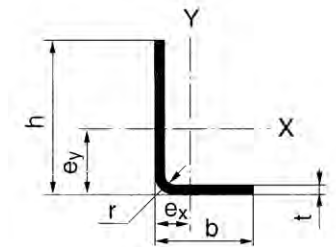
Valssaauksessa teräs muuttuu muotoaan kulkiessaan kahden telan välistä. Kuumavalssausta käytetään tasapaksujen tankojen, teräsprofiilien ja levyjen valmistukseen. Levyjä valmistetaan halutuista loppumitoista riippuen joko levyvalssaimella tai nauhavalssaimella. Levyiksi valssattava teräs kuumennetaan noin 1250°C lämpötilaan ja syntyvä oksidikerros (hilse) pestään pois. Aihio ohennetaan esivalssaauksessa 20 - 30 mm paksuuteen. Esinauha valssataan lopulliseen paksuuteensa (1,5 - 15 mm) kuudella peräkkäin sijoitetulla valssilla, jäädytetään ja kelataan rullalle.

- Kylmävalssa

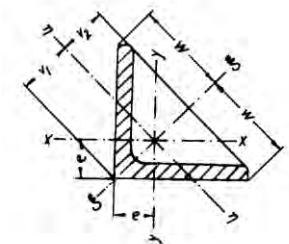
Kylmävalssausta käytetään ohutlevyjen valmistukseen. Aloituspaksuus on n. 13 mm ja loppupaksuus vaihtelee 0,4 - 5 mm. Koska kuumaa terästä on helpompi muokata, kylmävalssausta aloitetaan kuumavalssaauksella. Jäähtyneet kuumavalssatut nauhat peitataan ja ohennetaan valssaimessa kylminä muutamaan kertaan. Muokauslujuuttumista lievennetään hehkutuksen ja viimeistelyvalssaauksen avulla.



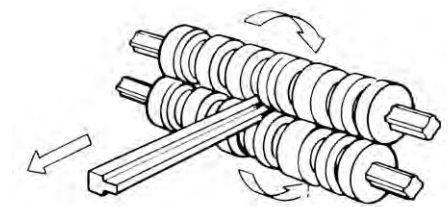
Ohutlevyn profilointia kylmämuovauksella.



Kylmämuovattu profiili on ohuempi ja pyöreästi taipunut. Tähän ryhmään kuuluvat esim. maanteiden törmäyskateet.



Kuumavalssattu profiili jää paksummaksi ja siinä voi olla teräviä kulmia.



Kuumavalssa

- Taivuttaminen

Levyt taivutetaan särmäämällä. Teräslevyille on annettu teräslajista ja paksuudesta riippuvat pienimmät sallitut sisäpuoliset taivutussäteet. Taivutustakuun merkki on iso C teräslajin nimikkeessä, esimerkiksi SA355J2C.

Kun teräksellä on hyvä muovattavuus, on mahdollista valmistaa monimutkaisia poikkileikkausmuotoja pienillä särmäyssäteillä ilman, että särmän ulkopintaan syntyy repeämiä. Asiaan vaikuttavat myös teräksen puhtaus ja mikrorakenne; siksi esim. eri valssaussuunnille on määritelty omat sallitut taivutussäteensä. Austeniittista ruostumatonta terästä on helpompi muovata ja sillä on pienemmät taivutussäteet kuin esimerkiksi Duplex-teräksellä.

Rakenneputken taivuttaminen tehdään joko kylmänä tai kuumana. Rullataivutuksessa rakenneputki kulkee kolmen tai neljän muotoillun rullan läpi. Induktiotaivutuksessa taivutussäde on pienempi; siinä putkea kuumennetaan ja taivutetaan induktio-
kelalla pieni osa kerrallaan. Pyöreä putki taipuu helpommin kuin neliön tai suorakaiteen muotoinen

putki, jonka poikkileikkausmuoto pyrkii vääristymään. Pieni taivutussäde on aina vaikeammin toteutettavissa kuin suuri taivutussäde.

- Syväveto

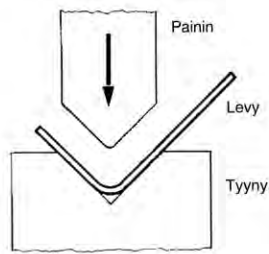
Muotti painetaan kylmään teräslevyyn. Näin tehdään esimerkiksi tiskipöydän altaat. Syvävedossa levyn paksuus pysyy suunnilleen samana. Kun levy venyy ja ohenee, puhutaan venytysmuovauksesta.

- Painosorvaus

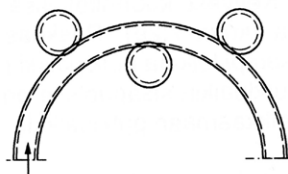
Metallilevy pakotetaan kylmänä pyörivän muotin ympärille, esim. kahvipannu.

- Vetäminen

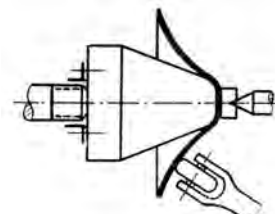
Kuumavalssaamalla voidaan valmistaa lankaa $\varnothing 5$ mm:n asti. Tätä ohuempia lankoja valmistetaan vetämällä sitä kylmänä toinen toistaan pienempien vetokivien läpi. Pienin langanpaksuus on $\varnothing 0,01$ mm. Vedossa lanka muokkaantuu ja lujittuu. Myös sen pinnan laatu ja mittatarkkuus ovat hyviä. Langan ominaisuuksia voidaan säätää lämpö-
ym. jälkikäsittelyillä.



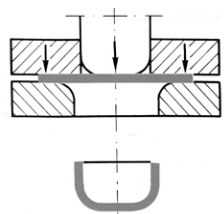
Särmäys



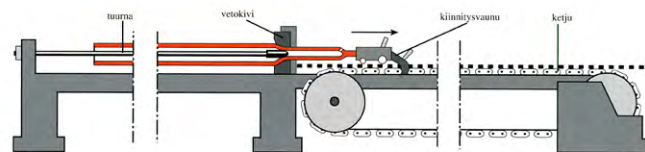
Putkipalkin taivutus



Painosorvaus



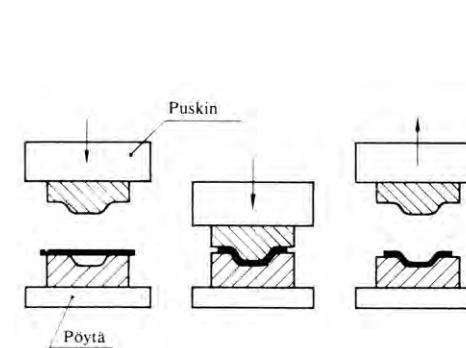
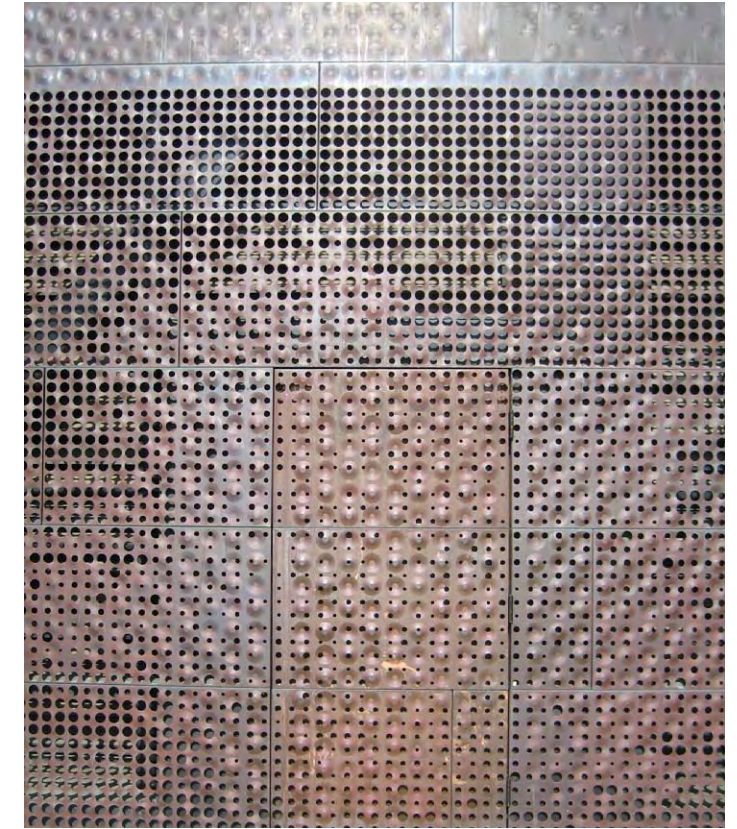
Syväveto



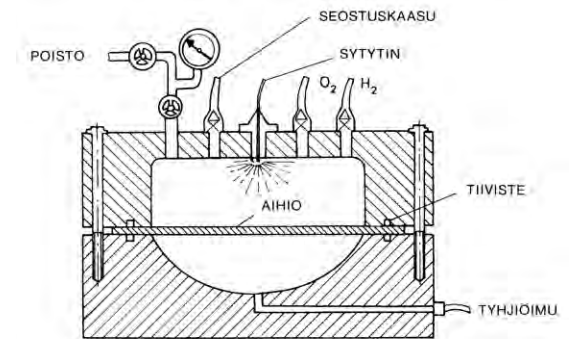
Vetopenkin periaate.

Tässä vedetään saumatonta putkea tuurnan avulla.

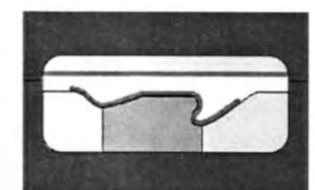
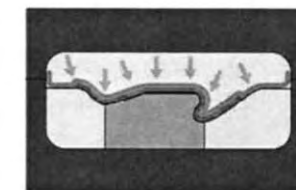
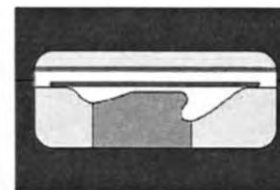
de Young –museon julkisivun kupari-ohutlevyä on perforoitu ja muovattu. Herzog & de Meuron (2005)



Ohutlevyn mekaaninen puristus



Suurnopeusmuovaus alkaa räjähdyksestä tai sähköimpulsseista, joka laukaisee paineaallon.



Suurpainemuovaus (hydromuovaus) on menetelmä, jossa veden tai muun nesteen korkean paineen avulla muokataan putkea tai levyä.

Teräsosien liitostavat

Teräksen liitokset mahtuvat pieneen tilaan ja kestävät rasitusta kaikkiin suuntiin. Ne ovat myös erittäin luja ja luotettavia.

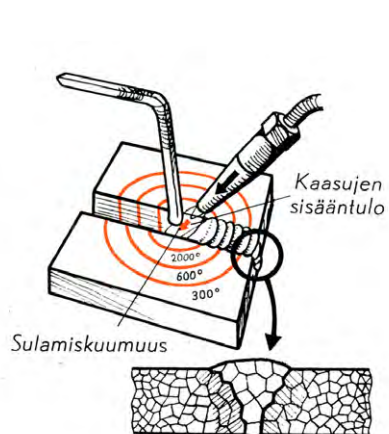
Hitsaus

Hitsaus otettiin käyttöön 1930-luvulla ja se yleistyi 1940-luvulla. Hitsauksen mukana teräsarkkitehtuuriin tuli uusi yhtenäinen ilme, kun umpinaisia putkiprofiileita ja levyjä voitiin liittää lähes saumattomasti toisiinsa.

Hitsauksessa metallikappaleet liitetään yhteen kuumentamalla liitoskohta sulaksi. Usein käytetään lisäainetta, esimerkiksi hitsauspuikkoa, jolla täytetään sauma. Lisäaineen lujuus on aina suurempi kuin perusaineen. Hitsaukseen liittyy teräksen hiilikvivalentti-arvo, CEV, jonka suuruus riippuu teräksen seostuksesta.

Hitsaustapoja

- kaasuhitsaus tehdään asetyleeniliikin avulla (kaasupullo)
- kaarihitsauksessa valokaari palaa hitsauspuikon ja työkappaleen välillä (puikkohitsaus, MIG/MAG –hitsaus, MAG – täytelankahitsaus, TIG –hitsaus, plasmahitsaus, jauhekaarihitsaus, kuonahitsaus, kaasukaarimuottihitsaus)
- vastushitsauksessa sähkövirta kuumentaa yhteenpuristettujen kappaleiden kosketuskohdat. Esim. pistehitsaus, jota käytetään levyjen kiinnittämiseen.
- laserhitsaus eli sädehitsaus tehdään tehtaassa. Lasersäteen sulattama teräs muodostaa hitsin.



Hitsauksen periaate

Lähes kaikkia teräslajeja voidaan hitsata.

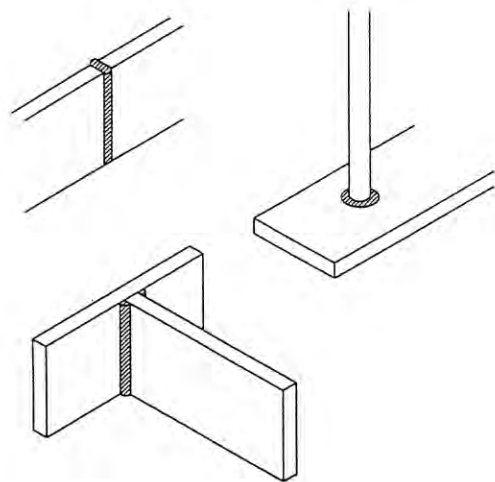
Erityistoimenpiteitä saattavat aiheuttaa esimerkiksi korkea hiilipitoisuus tai yhdistettävien terästen erilaiset lämpölaajenemiskertoimet, lämmönjohtokyky ja ominaisvastus. Esimerkiksi austeniittisten ruostumattomien terästen lämpöpiteneiskerroin on noin 50% suurempi ja lämmönjohtavuus vain noin 1/3 yleisten rakenneterästen arvosta.

Kun hitsin ulkonäkö on tärkeä, suunnittelijan tulee määrittää vaatimukset hitsin muodolle ja pinnalle. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota hitsin sijaintiin ja mahdolliseen jälkikäsittelyyn (esim. hiominen, harjaus, suihkukuphallus, peittäus, vararointi tai työstäminen).

Hitsattavaa perusainetta koskevia mahdollisia ongelmia ovat kylmähalkeilu, kuumahalkeilu ja lämpövyöhykkeen iskusitkeyden aleneminen (rakeenkasvun johdosta). Hitsauksen tekotapaan liittyviä virheitä ovat huokokset, liitosvirheet, reunahaava, vajaa tunkeuma, halkeamat, roiske, kuona ja sytytysjäljet. Hitsaus aiheuttaa teräkseen yleensä muodonmuutoksia. Hitsattavien kappaleiden asettelussa varaudutaan siihen, että hitsisauma kutistuu jäähtyessään.

Juottaminen

Juotosliitos ei ole yhtä luja kuin hitsattu. Syynä on se, että juotosaineen sulamispiste on alhaisempi kuin liitettävien kappaleiden ja vain juotosaine on sula.



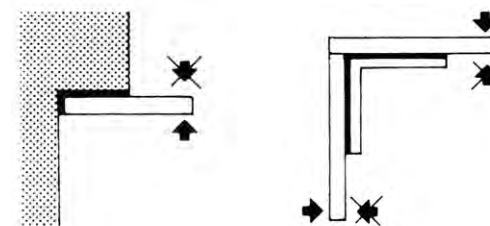
Tavanomaisia hitsiliitoksia

Liimaus

Liimoja ovat fenoli-, polyesteri- ja epoksihartsit. Käytetään esim. sandwich -rakenteiden ohutlevyjen liimaamisessa sekä autoteollisuudessa.

Pulttiliitos

Nykyisin teräsrakenteet pyritään tekemään mahdollisimman valmiiksi tehtaassa ja vain pulttaamaan ne työmaalla yhteen. Pultit asetetaan reikiin ja kiristetään. Kierteet ovat pultin vastakappaleessa eli mutterissa. Voimat välittyvät joko pultin varren avulla tai yhteen liitettyjen osien välisen kitkan avulla. Jälkimmäinen liitos on nimeltään kitkaliitos ja se on hyvin jäykkä.



Liimaliitoksia

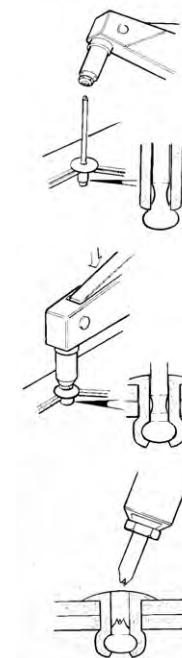


Vanha kuumaniitattu rakenne. Gustave Eiffel: Viaduc Garabit

Niittaus

Niittausta ei nykyisin enää käytetä kantaviin teräsrakenteisiin. Vanhan teräsarkkitehtuurin ilme syntyi avoprofiileista, joita niittaaminen vaati. Niittaus suoritettiin siten, että porattuihin reikiin sijoitettiin punaherkuiset niitit, joiden varsi taottiin kannan muotoiseksi. Samalla varsi tyssäytyi (lyheni ja leveni) ja täytti reiän tiiviisti. Jäähtyessään niitti kutistui ja veti liitettävät kappaleet tiiviisti toisiinsa kiinni.

Kylmäniittausta käytetään edelleen ohutlevyissä. Popniitissä ei tarvita vastakappaletta.



Vetoniittauksen vaiheet



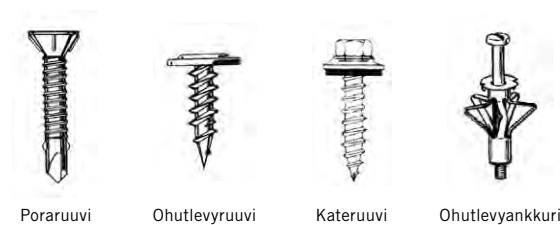
Palosuojamaalattujen rakennusosien pulttiliitos

Ruuvit

Ruuvireiät tehdään tavallisesti poraamalla tai lävis-tämällä. Jos reiässä ei ole kierteitä, tarvitaan mutteri. Ruuvi lukittuu esim. lukkomutterin tai erikoisaluslevyn avulla.

Kiinnitetään päältä, jolloin mutteria ei tarvita:

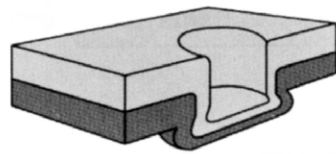
- *kierteittävä ruuvi* vaatii esireiän, johon ruuvi tekee kierteet.
- *poraruuvi* poraa ja kierteistää samalla, eikä tarvitse esireikää.
- *kierteitysholkki* muodostuu kitkaporauksen avulla siten, että kovametallityökalu muokkaa reiästä holkin, joka kierteistetään erikseen kierteitystapilla.
- *kiila-ankkurin* vaippa levenee ja kiristyy reikään, kun ruuvia väännetään.
- *kiertetappi* hitsataan teräsosan pintaan ja liitettävä osa ruuvataan siihen aluslevyn kanssa.



Poraruuvi Ohutlevyruuvi Kateruuvi Ohutlevyankkuri

Muita liitostapoja

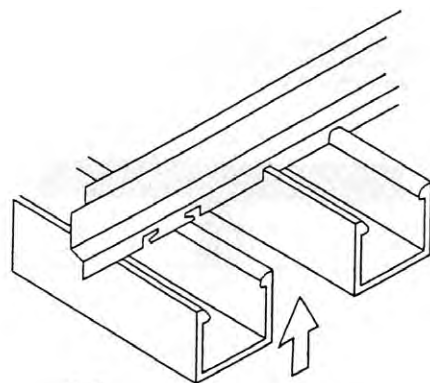
- kierteiset naulat
- kiilaliitokset (helppoja purkaa, käyttö esim. työmaalla)
- puristusliitokset (pistin-tyyny-työkalupari, ohutlevyjen liittämiseen toisiinsa pistemäisesti)
- listat, taitokset, kielekkeet (ohutlevyihin)
- uros-naarasliitokset, jotka lukitaan toisiinsa (koottava peltihalli)
- valetut liitospaleet
- vanttiruuvit (jännitetty rakenne)



Puristusliitos perustuu metallin muokattavuuteen.



Vaarnatappiliitoksessa teräslaipat upotetaan liitettäviin kappaleisiin ja tapitetaan läpi.



"Napsautusliitos" toimii jousen tapaan.

Teräksen käyttö rakentamisessa

Yleistä

Kaikesta teräksestä noin 30% käytetään rakennusteollisuudessa. Terästä käytetään kantaviin rakenteisiin, pitkiin jänneväleihin ja korkeisiin rakennusrunkoihin sekä ohutlevyrakenteisiin.

Rakenteen vaatimuksia:

- rakenne soveltuu käyttöön sen tarkoitettuna elinaikana
- rakenne kestää kuormitukset, joita voi tulla rakentamisen, asennuksen ja käytön aikana
- onnettomuudesta aiheutuvien ylikuormitusten vauriot jäävät paikallisiksi
- rakenteella on riittävä säilyvyys suhteessa huoltokustannuksiin

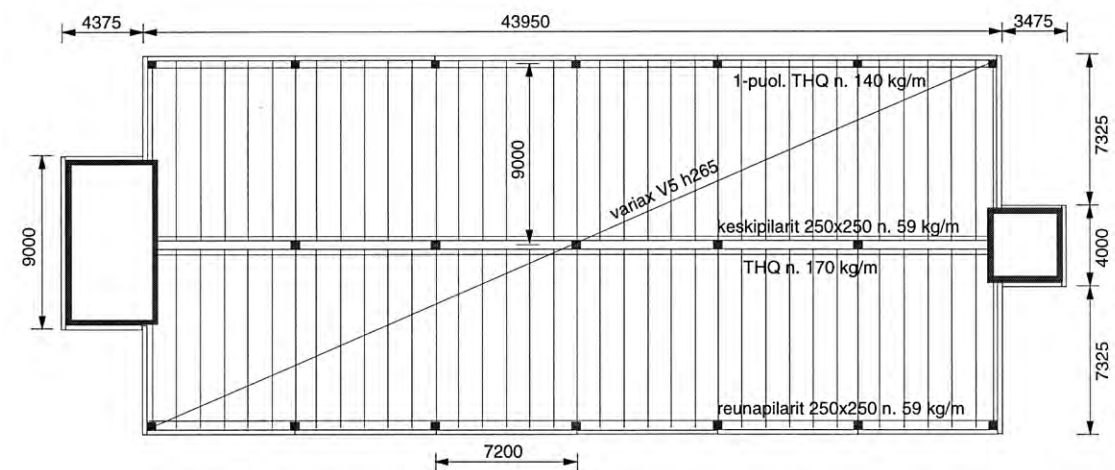
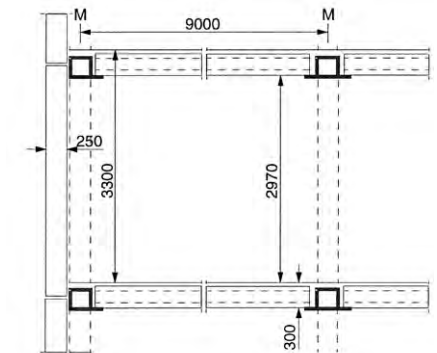
Vaatimukset voidaan täyttää sopivalla materiaalien valinnalla, tarkoituksenmukaisella suunnittelulla ja yksityiskohdilla sekä määrittämällä rakentamiselle laadunvalvontamenetelmät ja huolto-ohjelma.

Rakenteiden mitoitus

Rakennesuunnittelija käyttää teräsrakenteen mitoituksessa rajatilamitoitusta (käyttörajatilamitoitus, murto-rajatilamitoitus). Rajatila on tilanne, jonka ylittyessä rakenne ei enää täytä asetettuja toimivuusvaatimuksia. Tarkastelun kohteina ovat lujuus, rakenteiden siirtymät, väsyminen, taipuminen jne.

Äänen, kävelyn ym. aiheuttama värähtely on teräsrakenteissa otettava erityisesti huomioon, koska teräs ei kevyenä materiaalina pysty absorboimaan voimia riittävästi. Niinpä esim. teräsportaaseen lisätään usein massaa.

Laskelmissa otetaan huomioon myös eri kuormatyytit, kuten pysyvät kuormat (rakennus itse kiinteine varusteineen), muuttuvat kuormat (käytön aikaiset, myös fyysiset kuten lämpökuorma) sekä onnettomuuskuormat (tulipalo ym).



Elementtirakenteinen teräsrunko

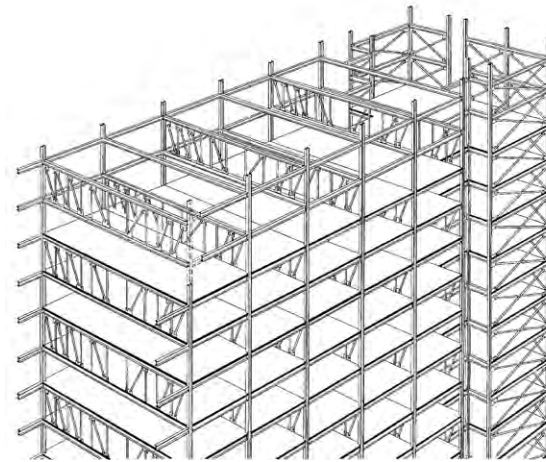
Jäykistys

Rungon osat tulee mitoittaa riittävän jäykiksi ja lisäksi koko runko jäykistetään.

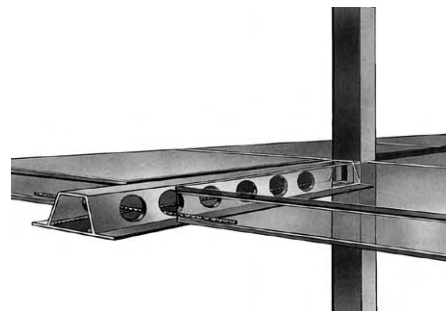
Teräsrunгон jäykistämiseen voidaan käyttää kuulutorni-, masto-, kehä-, ristikköjäykisteitä tai jäykistysseiniä.

Monikerroksisen rakennuksen jäykistys toteutetaan usein seuraavin keinoin:

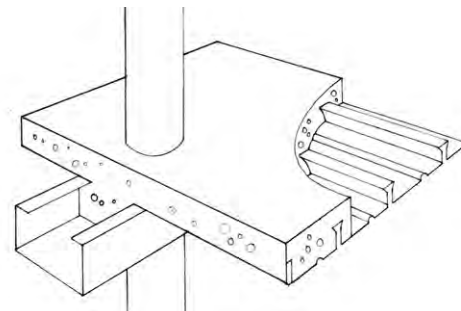
- teräsbetoniset hissi-, porras ja pystyvetokuilut
- teräksiset vinositeet, avoimina tai rakenteeseen upotettuina
- kehärakenteet (harvemmin)
- ristikot



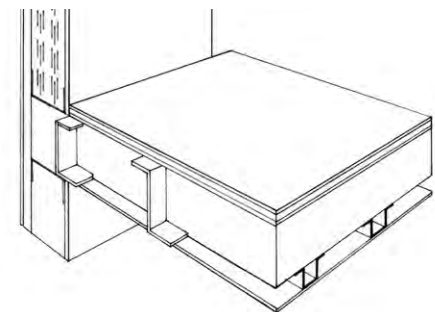
Teräsrunko



Runkotyyppi 1, elementtirakenne koostuu teräspilareista ja -palkeista sekä ontelolaatoista.



Runkotyyppi 2, liittorakenne tehdään teräsrakennusosien ja paikallavalun yhdistelmänä.



Runkotyyppi 3, kevytrakenteen perustuu kevytorsien kantavuuteen.



Kevytelementtejä asennetaan runkoon.

Teräsrakenteet

Yleistä

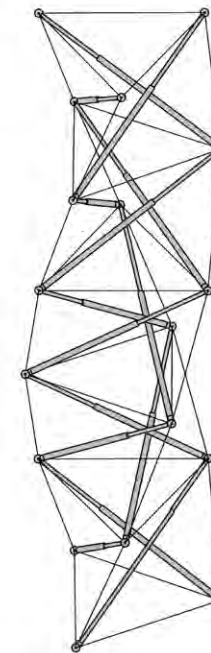
Suomessa valmistettava teräs on tasalaatuista ja siitä valmistetut tuotteet mittatarkkoja.

Suunnittelussa käytetään tuotemallinnusta, jonka avulla kaikki tuotetietous voidaan lukea mallista.

Pilarien ja palkkien muodot tavoittelevat käyttötarkoitukseensa sopivaa, mahdollisimman suurta taivutusjäykkyyttä ja keveyttä. Avoprofiilien muodot johtuvat osaksi myös niiden vanhasta liitostekniikasta (niitit). Avoprofiilien käyttö jatkuu, koska niitä voi sekä pultata että hitsata; myös niiden pintakäsittely on helppoa.

Nykyisin voidaan valmistaa lähes millaisia muotoja hyvänsä, kun tietokoneet laskevat valmistusmitat ja tiedot voidaan syöttää suoraan valmistuslaitteisiin. Käytävissä olevat koneet ja niiden muokkausvoima asettavat tähän rajoituksia.

Profiilien valmistustapoja ovat kylmämuovaus (rulla- muovaus tai särmäys), kuumavalssaus tai hitsaus.



Jännitetty terässauva-vaijeri-rakenne Buckminster Fullerin mukaan.

Tanko- ja lankatuotteet

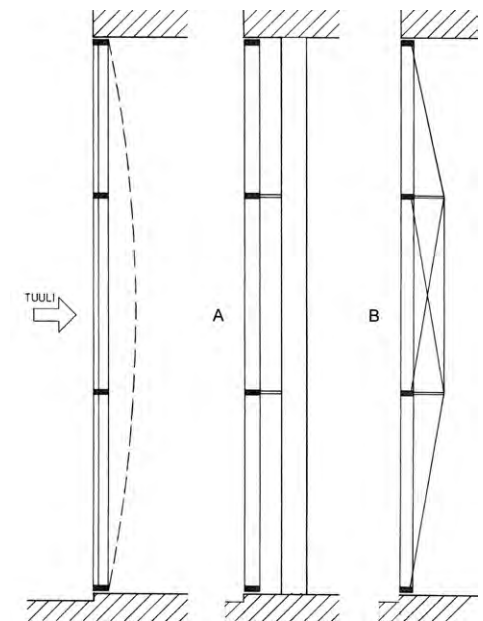
Terästanko voi olla poikkileikkaukseltaan ympyrä, soikio, neliö, suorakulmio, kuusi- tai kahdeksankulmio. Tangot kuumavalssataan uritetuilla valsseilla.

Lankatuotteita ovat esim. teräsköydet, aitaverkot, kierrejouset ja kuumavalssatut langat.

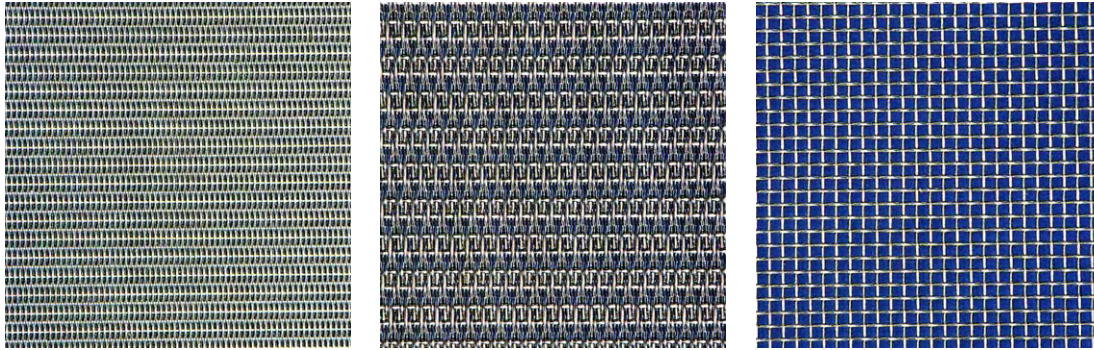
Betoniteräkset ovat joko kuumavalssattuja tai kylmämuokattuja pyörö- tai harjatankoja. Tangoista kootaan myös hitsattuja verkkoja. Materiaalina voi olla myös ruostumaton teräs. Jänneteräs on useasta teräslangasta kierretty punos ja sitä käytetään jännitettyihin betonirakenteisiin.

Tavanomaisessa raudoitettussa välipohjalaatassa on terästä n. 35-36 kg/m². Kuutio tavanomaista raudoitettua betonia painaa n. 2400 kg ja sisältää suunnilleen:

- kiveä 1850 kg
- sementtiä 270 kg
- vettä 190 kg
- terästä 80 kg
- ilmaa 20 litraa



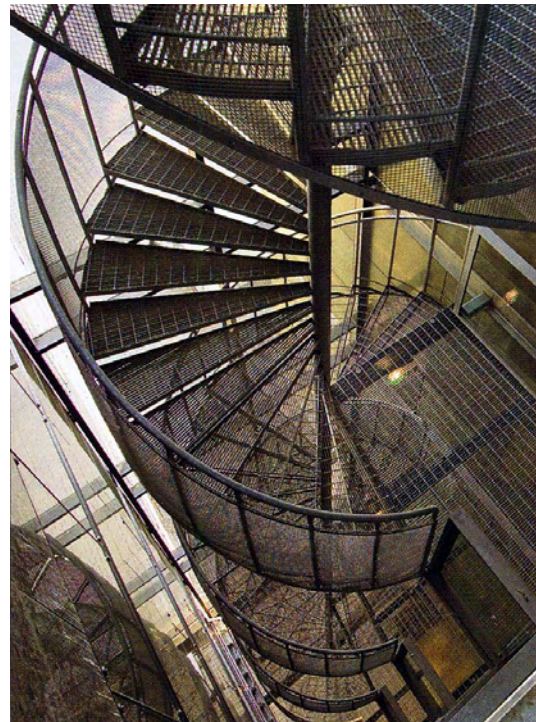
Tuulijäykistystapoja. A) Lasirakenne tuetaan esim. jykkiin pilareihin. B) Itse lasirakenne jäykistetään.



Metallilangasta kudottuja verkkoja. Paksummista tangoista kootaan verkkoja esim. hitsaamalla.

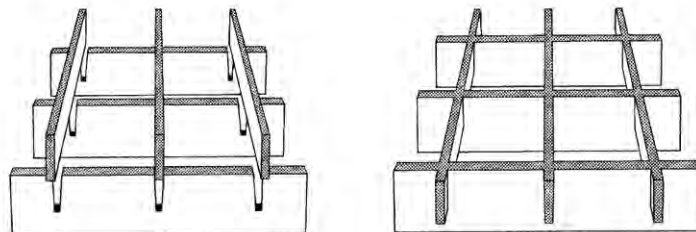


Verkkoa seinällä ja katossa. Mediakeskus Lume. Arkkitehtuuritoimisto Heikkinen-Komonen Oy (2000)



Teräsraakenteinen porras varatienä.

Puristeritiä perustuu mittatarkkaan loviiliitokseen. Ruuteritiä käytetään sisä- ja ulkoseinissä, sisäkatoissa, aurinkosuojissa, kaiteissa jne.



Kuumavalssatut levyt

Nauhatuotteet, paksuus 1,5 – 15 mm, leveys 800 – 2500 mm.

Levytuotteet, paksuus 5 – 300 mm, leveys 800 – 5000 mm.

Kohokuvioteräslevyt valmistetaan kuviovalsseilla. Pintakuviona on rihla- tai kyynelkuvio.



Puristehitsattu ritilä ja rihlalevy



Kyynellevy (nystyrälevy)

Putkituotteet

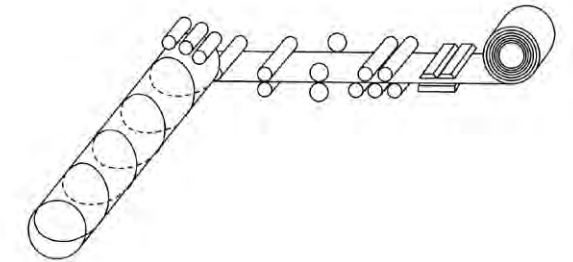
Putkituotteita käytetään yleisesti energiansiirrossa, rakenteissa ja koneenosissa.

Hitsatut putket ovat suhteellisen ohutseinäisiä (0,6 – 20 mm).

- Pituussaumahitsattujen putkien koko riippuu taivutettavan nauhan tai levyn leveydestä (\varnothing 8 – 400 mm tai yli).
- Kierresaumattujen putkien koko voidaan valita vapaasti (yleensä \varnothing 400 – 2500 mm).

Saumattomat putket valmistetaan umpinaisesta aihioista kuumamuovaamalla, esim. lävistävän tuurnan ja ulkopuolisen valssauksen avulla. Ne ovat suhteellisen paksuseinäisiä (1,4 - 125 mm). Putken koko on \varnothing 10 – 660 mm.

Valetut putket valetaan valuraudasta keskipakovalu menetelmällä.



Kierresaumatun putken valmistus



Pituussaumaputkea hitsataan

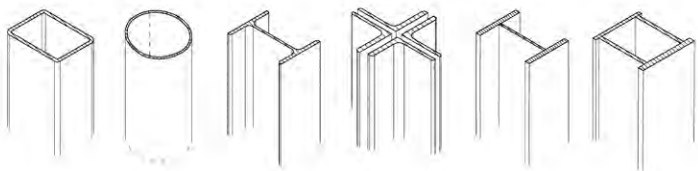
Kuumavalssatut profiilit

Jos terästangossa on koveria, käyriä tai sisäänpäin kääntyneitä kulmia, puhutaan profiileista.

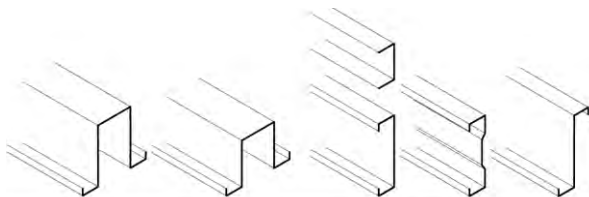
Kuumavalssaamalla tehdään esim. I-, U- ja L-profiileja sekä rataksikoja. Kuumavalssattujen muototankojen standardeja ovat esim. EN 10034 (I- ja H-profiilit) ja EN 10056 (L-tangot).

Kylmämuovattut profiilit

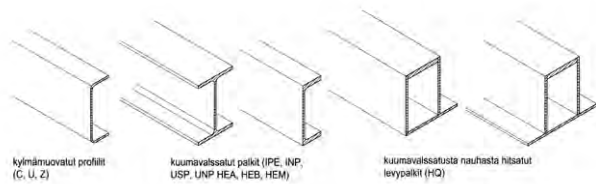
Kylmämuovattut profiilit valmistetaan teräsnauhasta rullamuovaamalla tai särmäämällä. Muodoltaan ne ovat avoprofiileja, esimerkiksi L-, U-, C-, Z- ja hattuprofiilit (max korkeus 700 mm, lev. 250 mm). Kylmämuovaus ei muuta profiilin seinämäpaksuutta. Standardi on SFS-EN 10162.



Kuumavalssattuja pilareita



Kylmävalssattuja kevytorsia



Kylmämuovattut profiilit (C, U, Z)

Kuumavalssatut palkit (IPE, INP, USP, UNP, HEA, HEB, HEM)

Kuumavalssattua nauhasta hitsatut levyt (HQ)

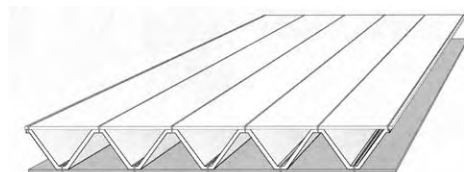
Esimerkkejä teräspalkkeista

Hitsatut palkit

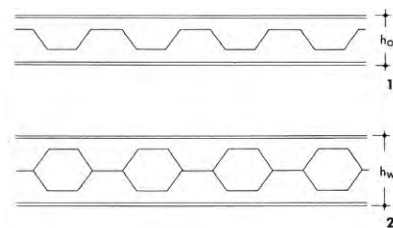
Hitsattuja palkkeja käytetään suurissa rakenteissa pilareina ja pääkannatinpalkkeina. Mitat ovat vapaasti valittavissa ja palkkeihin voidaan valita edullisin materiaalimenekki ja muoto. Hitsattuja palkkeja käytetään myös liittorakenteissa.

Hitsattuja palkkeja ovat HQ-, I- ja kotelopalkit. Levypalkkien jänneväli voi olla jopa 40 m. Reikäpalkkien jänneväli vaihtelee 3–15 metriin. Hitsaamalla voidaan valmistaa myös kiilamaisia tai kaarevia palkkeja.

Ristikoilla on pieni omapaino ja suurehko rakenekorkeus. Suorakaiteen muotoisia putkiprofiileja on helpompi liittää toisiinsa kuin pyöreitä putkia. Sauvojen liitosten hitsaus vaatii paljon työtä. Ristikoita käytetään pitkiin jänneväleihin (20 – 100 m, max pituus 200 m) sekä keveisiin ja ilmaviin vaakarakenteisiin.



Hitsattu kennolevy.

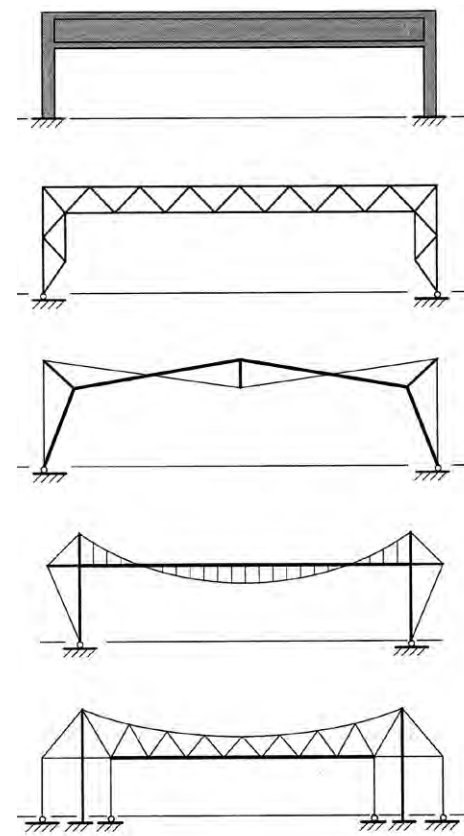


Reikäpalkin valmistusvaiheet

Teräspaalut

- lyötävät RR-paalut / halkaisija 75-115 mm
- porattavat RD-paalut / halkaisija 90-115 mm
- kaivinpaalut
- X-paalut

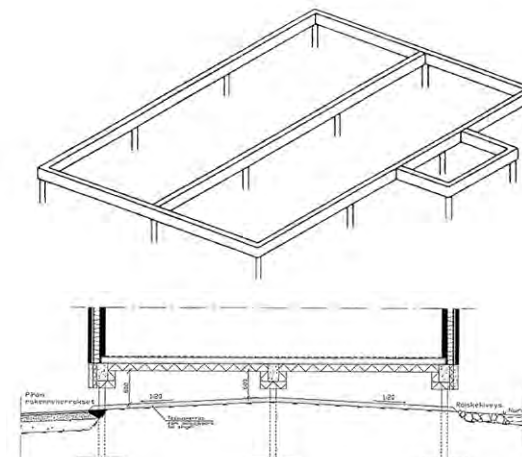
Teräspaalut eivät vaadi raskasta kuljetus- ja asennuskalustoa. Käyttökohteita ovat pientalojen perustukset sekä korjausrakentamisessa vanhojen perustusten vahvistus. Paaluperustus ulotetaan kantavaan maaperään tai ehjään kallioon saakka. Teräspaalujen korroosioon varaudutaan joko paalujen seinämävahvuuksien mitoituksella tai käyttämällä kuumasinkitystä maanpinnan yläpuolisissa rakenteissa.



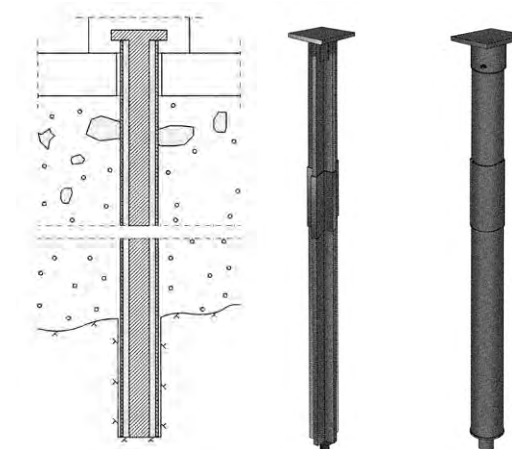
Betonirakenteeseen verrattuna teräskäähä on kevyt ja ilmava.

Teräspäristukset

Teräspäristus on mittatarkka ja edellyttää vähän kaivu- ja täyttötöitä. Vain talon putkisto kaivetaan normaalisti. Teräspaalujen varaan asetetaan kantava teräspalkkisto ja sen päälle esim. ontelolaatta, puualapohja tai liittolaatta sekä sivuille mahdollinen sokkeliverhouk. Alapohja tuulettuu alta.



Teräspäristus



Porapalu

X-palu

RR-palu

Runkorakenteet

Teräsrakentaminen on komponenttirakentamista. Siinä käytettävät osat ovat mittatarkkoja ja kevyitä. Osat valmistetaan tehtaassa valvotuissa oloissa. Työmaalla käytetään tarkoitukseen kehitettyjä liitososia ja –menetelmiä.

Teräsrakentaminen on kuiva rakennustapa, joka vähentää rakennusaikaista kosteutta ja suojaustarpeita, eikä vuodenaika rajoita rakentamista. Teräsrakenne on muunneltava ja joustava. Aukotus on helppoa myös kantavassa julkisivussa.

Runkojärjestelmiä ovat pilari-palkki-laatta-runko, pilari-laatta-runko ja liittorunko, sekä kehärakenteet ja kantavat teräsrakenteiset seinät.

Kantavat pilarit ja palkit voidaan sijoittaa kantavien rakenteiden sisään, jolloin mitoitus on pienipiirteistä, sisätilojen muuntelutarve on vähäinen ja toteutustapa on usein paikalla rakentaminen. Toinen tapa on sijoittaa pilarit ja palkit systemaattiseen jakoon ja jättää tarvittaessa näkyviin. Tällä pyritään mm. moduulimittoihin ja sisätilojen suurempaan muunteluun.

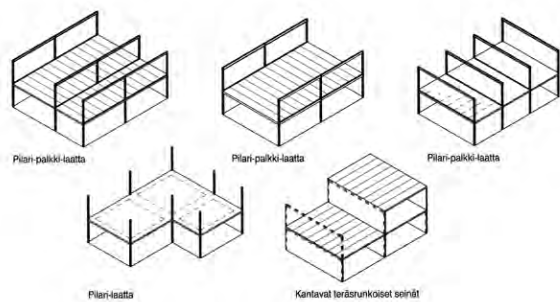
Pilarit ovat yhden tai useamman kerroksen korkuisia ja usein betonitäytteisiä (palosuojaus). Välipohja voi olla

ontelolaattoja, liittolaattoja tai teräsorsi- tai ranka-rakenteita tai teräsvoimulevyjä. Kantavat teräsrunkoiset seinät ovat usein yhden kerroksen korkuisia elementtejä tai paikalla tehtyjä. Ääneneristyksen takia on keveysväliin lisättävä massiivisuutta tai kelluva pintarakenne.

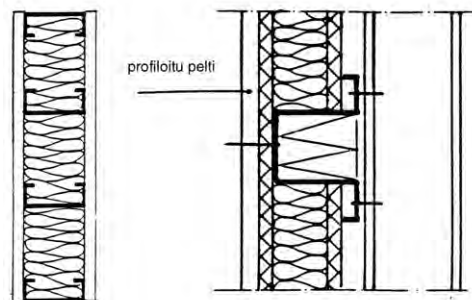
Höyrynsulun tulee olla tiivis, jotta sisältä tuleva kosteus ei tiivistyisi ulkovaipan sisällä oleviin kylmempiin teräsrakenteisiin ja aiheuttaisi vaurioita. Tiivis ulkoverhous on aina tuuletettava takaa.

Teräksellä on suuri lämmönjohtavuus. Rakenteen läpäisevät kylmäsillat näkyvät pinnoissa ulkona kuivempina ja sisällä kosteampina kohtina. Kylmäsilta-vaikutus on estettävä katkaisemalla tai halkaisemalla rakenne lämmöneristyksen avulla (kylmäkatko). Teräspilari sijoitetaan ulkoseinän sisäpintaan (vähintään 50...70 mm:n eristyskerros pilarin ulkopuolella). Ulkoseinän läpi menevät teräsrakenteet (esim. parvekelaatan palkit) eristetään riittävän pitkällä matkalla.

Ulkoseinän rankarakenteeseen voidaan kiinnittää julkisivukasetteja, poimulevyjä ja suoria ohutlevyjä. Tiiliverhous muurataan sokkelin päälle ja tuetaan muuraussiteillä seinärankoihin. Raskaat julkisivumateriaalit kuten paksut luonnonkivilevyt tai betoniset kuorielementit edellyttävät yleensä muototeräsrunkoista seinärakennetta.



Teräsrakenteisia runkotyyppejä



C-orso väliseinän rankana. Hattuorsi julkisivun osana; rakenne tuulettuu julkisivupellityksen takaa.

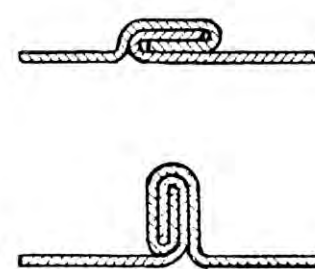
Ohutlevyrakenteet

Ohutlevyt

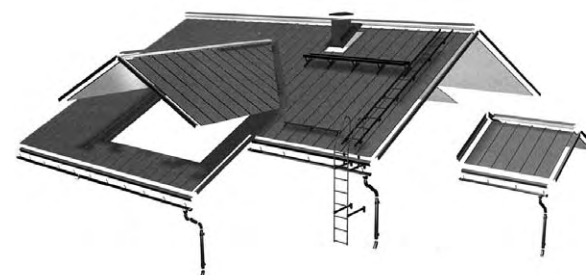
Ohutlevyksi sanotaan kylmävalssattua teräslevyä, joka on enintään 3 mm paksu. Sen pinta voi olla kuumasinkitty, maalattu tai tehdasmaalattu. Levy voi olla myös ruostumatonta tai haponkestävää terästä.

Työstötapoja ovat esim. rullamuovaus, leikkaus, lävistäminen, särmäys, taivutus, kaareistus, syväveto ja venytysmuovaus.

Ohutlevytuotteita ovat vesikatteet, profiililevyt, julkisivukasetit, liittolevyt, kevytorret, väliseinärankajärjestelmät, reikälevyt, sadevesijärjestelmät, kaarevat profiililevyt, ohutlevylistat, erikoislistat, ohutlevystä valmistetut muottirakenteet, teollisuusovet, ilmastointikanavat, lämpöpatterit, valaisimet, kodinkoneet, laitteiden kotelot ja rungot, pakkaustuotteet, autonkorit jne.



Taitosliitoksia



Peltikate varusteinen

Vesikatteet

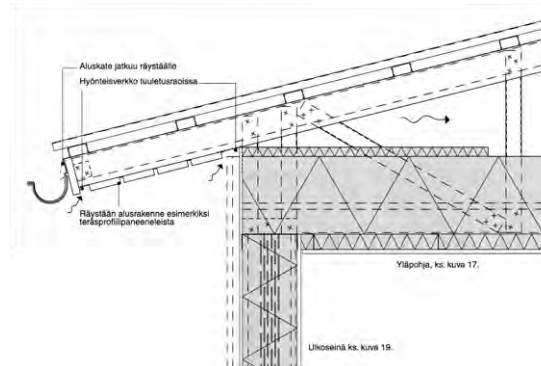
Saumattu kate (vähimmäiskaltevuus 1:10, erityisjärjestelyin 1:12) tehdään sinkkipintaisesta tai tehdasmaalattusta ohutlevystä, jonka leveys on 610 mm ja paksuus 0,5...0,6 mm. Konesaumaukseen tarkoitettua levyä toimitetaan tehtaalta reunataivutettuina. Kate asennetaan harvalaudoituksen päälle. Levyt kiinnitetään alustaan kiinnitysluiskoilla ja liukukiinnikkeillä, sekä toisiinsa taive- ja hakasaumoilla.

Poimulevykate (vähimmäiskaltevuus 1:7) tehdään rullamuovattua levyä, jonka korkeus on 18...45 mm ja leveys 900...1100 mm. Levyt asennetaan tiiviin aluskatteen päälle siten, että ilma kiertää rakenteen välissä. Levyt limitetään ja kiinnitetään aallonpohjasta erityisillä kateruuveilla.

Muotokate (vähimmäiskaltevuus 1:7) on poimutettu esim. syvävedolla muistuttamaan tiili- tai paanukattetta. Tarvittavin kohdin käytetään solukumitiivisteitä (EPDM).

Ruostumaton teräskate on ohuempi (0,4...0,5 mm) ja kulutuskestävämpi sekä vaatii vähemmän huoltoa kuin hiiliteräksestä valmistetut kateet. Liitokset tehdään taivuttamalla, juottamalla ja/tai hitsaamalla (hitsattava austeniitti EN 1.4404). Liitokset ovat vedenpitäviä, joten ruostumaton kate soveltuu myös tasa- ja viherkattoihin sekä vesisäiliöiksi.

Vesikatteeseen kuuluvat tärkeinä osina myös aluskatteet, kiinnikkeet, harjatiivisteet, sadevesijärjestelmä, listat, kattosillat ja kattotikkaat.



Termorankaisen pientalon räystäs

Poimulevyt

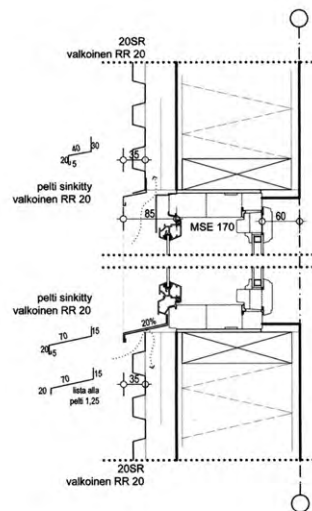
Seinäpoimulevyjä käytetään pääasiassa teollisuus- ja maatilarakennusten sekä säiliöiden verhoilulevyinä. Profiilikorkeudet ovat 15...45 mm.

Kantavat poimulevyt asennetaan pääkannattajien väliin ja ne kantavat oman ja muun kattorakenteen painon lisäksi myös lumikuorman. Profiilikorkeudet ovat 45...153 mm.

Liittolevy ottaa vastaan vetoa ja sen päälle valettava betoni puristusta. Yhdessä ne muodostavat liittolaatan, jota käytetään välipohjana. Betoni tarttuu liittolevyn profilointiin. Liittolevyn alapinta voidaan pinnoittaa ja jättää näkyviin kattopinnaksi.



Poimulevyjä



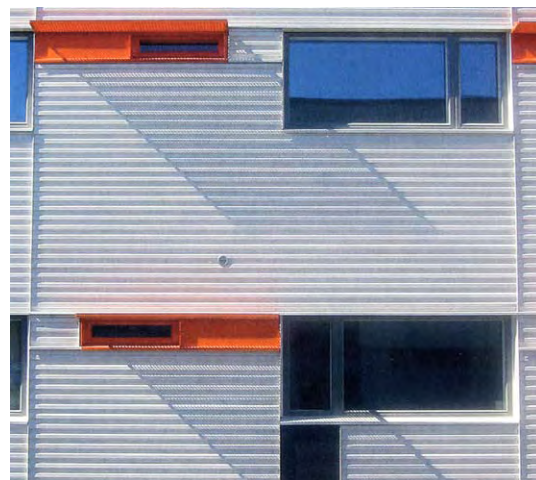
Taustatuuletettu poimulevyverhoaus.
As.Oy Oulun Hellinniitty. Archeus Oy (2004)

Kaarevat profiililevyt

Yksikerroksisia kaarirakenteita käytetään kylmissä halleissa. Kaksinkertaisena se tehdään yhdistämällä samansäteiset levyt hattuorsin (k/k 1500 mm). Hattuorren korkeus valitaan niin, että levyjen väliin mahtuu kulloinkin tarvittava lämmöneriste sekä tuuletusrako. Taivutuksen minimisäde on noin 10 x profiilin korkeus.

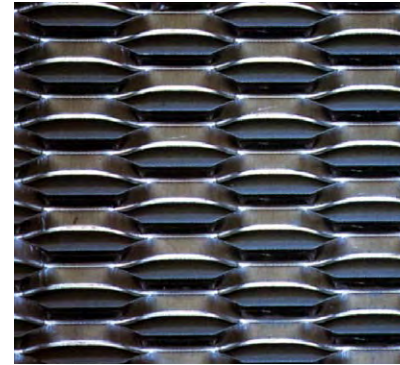


Kaareva profiililevykatto

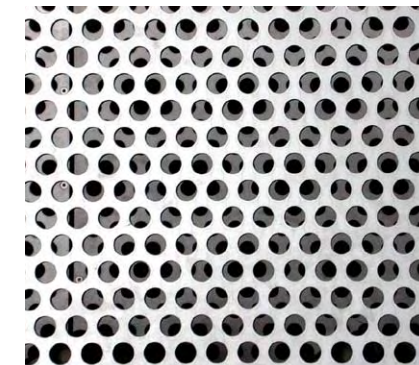


Reikälevyt

Rei'itys parantaa ohutlevyn akustisia ominaisuuksia, ja siksi sitä käytetään esim. seinäkasettien ja alakattojen pintamateriaalina. Reikälevyjä voidaan käyttää myös julkisivuissa.



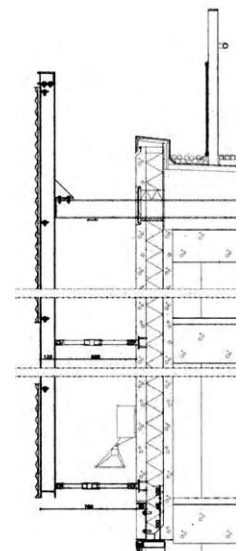
Levyverkko (expand-verkko) valmistetaan venyttämällä lävistettyä teräslevyä.



Reikälevyjulkisivua. Steven Holl: Simmons Hall, MIT Cambridge (2002)



Kaksoisjulkisivun ulokekiinnitys. Pinnassa perforoitu poimulevy. Toimistotalo Portaali, Helsinki. Arkkitehtitoimisto B&M Oy (2002)



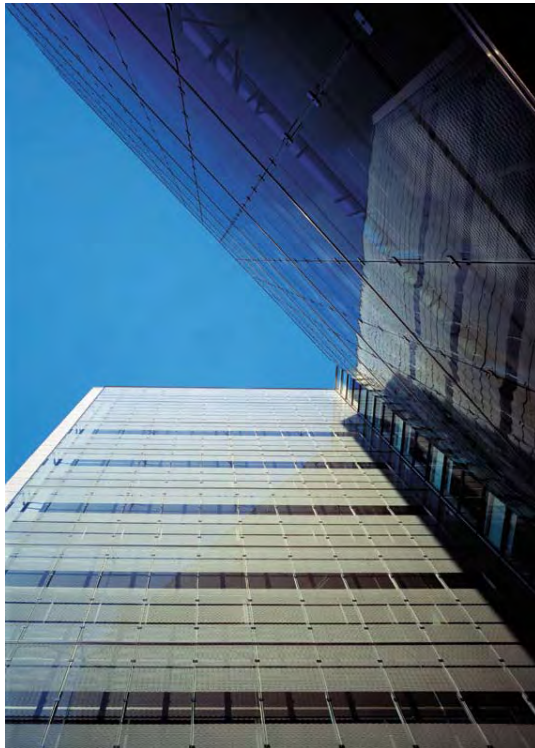
Julkisivudetalji

Julkisivulevyt

Julkisivulevyt ripustetaan piilokiinnikkeiden avulla vaakasuorien rei'itettyjen Z-orsien varaan (tuuletusrako). Piilokiinnitys mahdollistaa levyjen vapaan lämpölaajenemisen.

Komposiittirakenteinen julkisivulevy on seinärakenne ja koostuu kahdesta metallilevystä ja väliainekerroksesta (esim. kenno- tai rankarakenne ja eriste). Pintakerroksena voi olla myös lasi- tai keraaminen laatta. Julkisivulevyjen koko on 300x300...1250x3000 mm.

Massiivilevystä valmistettu julkisivulevy on esim. 5 mm vahvuinen alumiinilevy, jonka takapintaan on kiinnitetty piilokiinnikkeet. Muita materiaalivaihtoehtoja ovat 2...3 mm vahuiset kupari, messinki tai erilaiset teräkset. Maksimileveys on 1200 mm ja -pituus 3000 mm. Saumat ovat useimmiten avosaumojia.

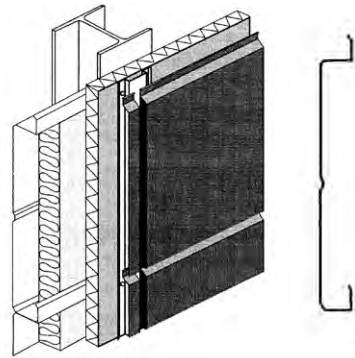


Kaksoislasijulkisivu. Nokia Ruoholahti, Helsinki. Arkkitehtitoimisto Tuomo Siitonen Oy (2000)

Julkisivukasetit

Julkisivukasetteja käytetään julkisivun ulkoverhouksena (taustatuuletus). Ne valmistetaan joko taivuttamalla tai syvävetämällä. Automaattisella linjalla valmistetun kasetin koko on esimerkiksi 410x410...800x2100 mm. Materiaalina voi käyttää esimerkiksi alumiinia, kuparia, messinkiä sekä säänkestävää tai ruostumatonta terästä. Suuret kasetit vaativat paksun materiaalin tai jäykistystä taakseen, jotta ne eivät lommoilisi. Kasettien antama ruudullinen vaikutelma muuttuu voimakkaammin horisontaaliseksi tai vertikaaliseksi, jos kasetit taivutetaan vain kahdelta sivultaan (lamellit). Kasetti voi olla myös vino, kaareistettu tai kulmakasetti.

Seinäkasetit (villakasetit) muodostavat ulkoseinää. Ne ovat ohutlevystä valmistettuja elementtejä, joiden hyötyleveys on 600 mm. Villakasettien metallikuori kiinnitetään paikalleen, täytetään mineraalivillalla ja peitetään ulkoverhousrakenteella.



Villakasetti ja julkisivukasetti

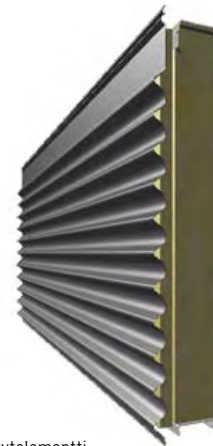


Kaksoisjulkisivun ripustuskiinnitys

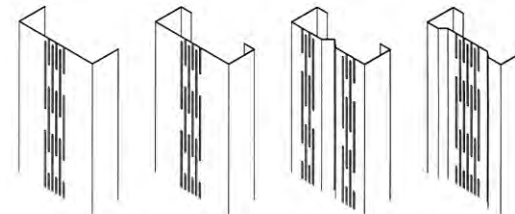
Sandwich -elementti

Sandwich -kevytelementti koostuu mineraalivilla- tai polyuretaaniytimestä, jonka molemmat puolet on liimattu pintalevy. Elementit liittyvät toisiinsa uros-naaras-pontein.

Sandwich -kevytelementtejä käytetään julkisivuissa, osastoivissa rakenteissa, väliseinissä ja yläpohjissa. Levyjen maksimipituus on 12.000 mm, hyötyleveys 1200 mm, paksuudet 80, 100, 125, 150, 175 tai 200 mm. Tyypillinen julkisivun jänneväli on 5...8 m. Levyt voidaan asentaa pystyyn, vaakaan tai diagonaaliin. Liitokset runkoon tehdään ruuvein ja säädettävien metallisin välikkein, kattolevyt ladotaan palkiston päälle ja kaikki elementit kiinnitetään toisiinsa pikalukoin. Kulmiin asennetaan peltilistat tai erityinen kulmaelementti.



Sandwich - kevytelementti



Termorankoja

Kevytorret

Kevytorret tehdään rullamuovaamalla tai särmäämällä 1,0...3,5 mm paksusta ohutlevystä. Orsien korkeudet ovat 100...400 mm.

Z-ortta voidaan käyttää esim. sekundaarikannattajana kattorakenteessa.

C-orso soveltuu paremmin väliseinärangaksi kuin julkisivuelementteihin, joissa se voi näkyä lämmönjohtavuutensa takia tummempina varjoina. Seinäverhouslevyjen takia rankajako on yleensä k/k 600 mm.

Σ (sigma)-orsi on kehitetty C-orresta. Siitä tehtyjä katto- ja seinäelementtejä käytetään varasto- ym. rakennuksiin, joiden jänneväli vaatimus on alle 20 m.

Hattuorsi on helppo asentaa ja sitä käytetään pääasiassa seinäortena.

Termorankaa käytetään ulkoseinissä siksi, että sen rangat toimivat kuin kylmäkatko. Uumaosan rei'itys pienentää rangan poikkipinta-alan ja ikään kuin kuristaa kylmäsilan reikien ympärille. Myös lämpövirta sisältä kuivattaa.



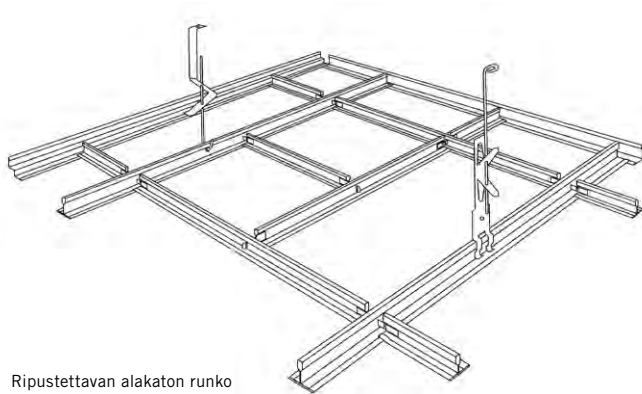
Termorangan reiät vaimentavat myös ääntä ja siksi ne soveltuvat huoneistojen välisiin levyseiniin.



Termorankaelementtejä julkisivussa.
Kilon terveysasema.
Arkkitehtitoimisto Brunow & Maunula (2004)



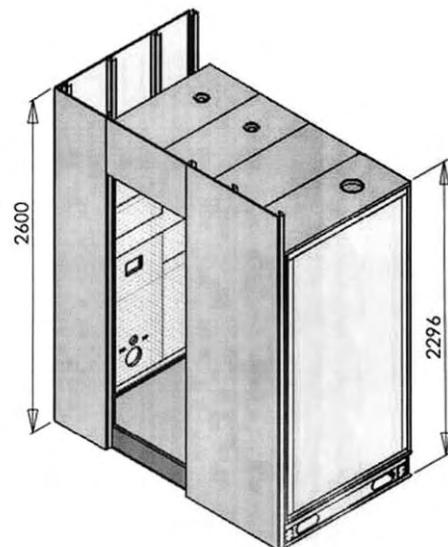
Säädettyjä auringonsuojia
Pohjoismaiden suurlähetystö, Berliini.
Arkkitehdit Berger & Parkkinen (1999)



Ripustettavan alakaton runko



Kerroslattia soveltuu esim. toimistoon.

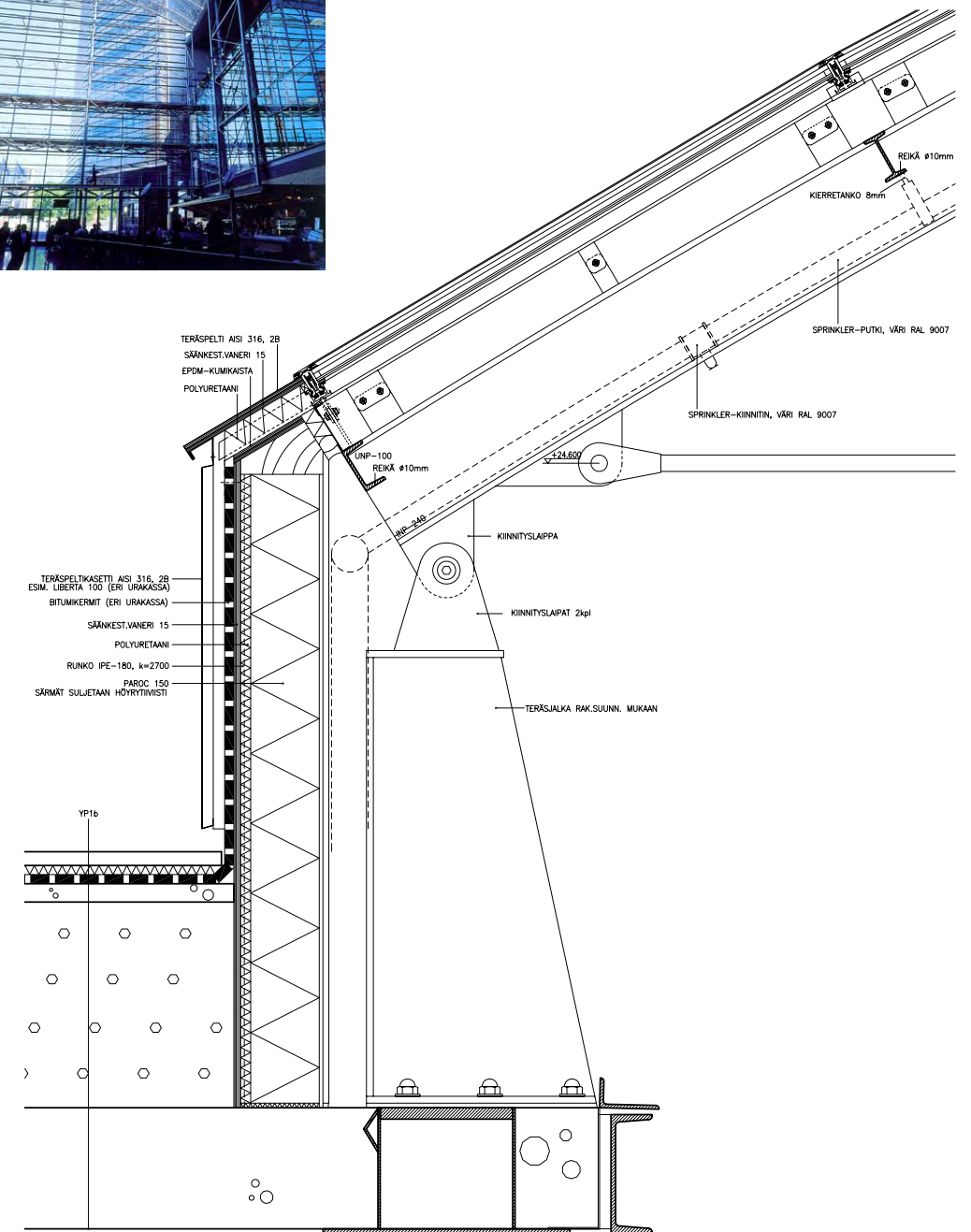


Kylpyhuone -tilaelementti

Täydentävät rakenteet



Itämerentorin lasikate ja sen liitosdetalji, Helin & Co arkkitehdit.
Huomaa esim. Sandwich-kevytelementti, vesieristeet, HQ-palkkikannatus, vetotangot ja kasettiverhouk.





Marienkirche -konserttisali, Saksa.
Arkkitehtitoimisto Pekka Salminen
Oy (1996-2001)



Arken, Åbo Akademin
humanistinen tiedekunta, Turku.
Arkkitehtitoimisto Sigge Oy /
Viiva Arkkitehtuuri (2003)

3. Alumiini



Alumiini

Alumiini esiteltiin ensi kertaa yleisölle Pariisin maailmannäyttelyssä 1855.

Koska alumiini on kemiallisesti erittäin aktiivinen metalli, sitä ei koskaan tavata puhtaassa muodossa luonnossa. Yleisin alumiinimineraali on bauksiitti tai alumiinisilikaatti (savi). Alumiinioksiedeja ovat mm korukivinä käytetyt korundi, rubiini, safiiri, topaasi ja smaragdi.

Valmistus

Useimmista muista metalleista poiketen alumiinin jalostus mineraaliasteelta metalliksi tapahtuu elektrolyttisesti. Raakametalli sulatetaan, seostetaan ja valetaan 700°C lämpötilassa sekä homogenisoidaan 570°C lämpötilassa. Alumiini pursotetaan tai vedetään muotoonsa. Sitä seuraavat oikaisu, sahaus, vanhennus, pintakäsittely ja työstö.

Ominaisuudet

Alumiini on lujuuteensa nähden suhteellisen kevyttä. Sillä on myös pieni kimmokerroin; niinpä sillä on tiettyjä stabiliteettiongelmia ja kuormituksissa suuret taipumat.

Ominaisuuksia:

- suuri pituuden lämpötilakerroin
= $24^{10}-6$ 1/K
- ominaistiheys 2,7 g/cm³ (n. 1/3 teräksen tiheydestä)
- kimmokerroin E = 70 000 N/mm² (n 1/3 teräksen kimmokertoimesta)
- lämmönjohtavuus $\lambda = 190$ kcal W/m°C
- muokattavaa
- pieni kovuus (eri kovuuslajeja: pehmeä, 1/2-kova, 3/4-kova, 1/1-kova)
- murtolujuus lisääntyy kovuuden mukana
- ei ole kylmäauras

Alumiinia käytetään pääosin seoksina, kuten valuseoksina ja muokattavina seoksina (valssaus tai puristaminen). Tavallisia seosaineita ovat pii (Si) ja mangaani (Mg). Myös hitsattavia laatuja valmistetaan.



Gioachino-kirkko Roomassa, varhainen alumiinikate vuodelta 1897.



Alumiiniverhottu julkisivu.
Norman Foster: Sainsbury Center (1974-78)

Alumiinin korrosio

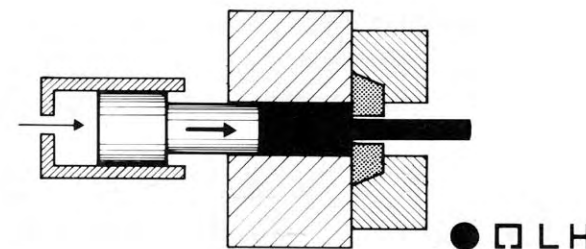
Alumiinirakenteet tehdään tuulettuviksi, jotta niihin muodostuu suojaava oksidikerros. Pinta himmenee ajan mukana.

Emäkset ja hapot syövyttävät alumiinia, siksi alumiini tulee eristää betonista ja maasta. Alumiinin päälle ei saa johtaa valumavesiä kuparin, teräksen tai messingin päältä, mutta toisin päin se on mahdollista. Myös seisova vesi varsinkin kaupunki-ilmastossa voi laukaista korroosion tai tehdä alumiinin laikukkaaksi, joten vedelle alttiit pinnat kallistetaan.

Alumiinin käyttö

Alumiinia käytetään yleensä täydentäviin rakenteisiin. Siitä valmistetaan ohutlevyjä, profiileja, putkia, valutuotteita ym. Hyvän korroosionkestävyytensä takia alumiini on suosittu materiaali ikkunoiden, ovien ja lasiseinien profiilimateriaalina. Koska alumiini ei ole yhtä lujaa kuin teräs, ikkuna- ja oviprofiilit joudutaan mitoittamaan järeämmiksi kuin vastaavat teräksiset. Kylmäsilan välttämiseksi profiileihin tehdään lämpökatko, tai alumiinia käytetään vain puupuitteen ulkopinnassa.

Alumiinin kiinnitystarvikkeita ovat ruuvit, naulat, kylmäniitit, hitsit, juotokset ja liimat.



Alumiinin pursotus

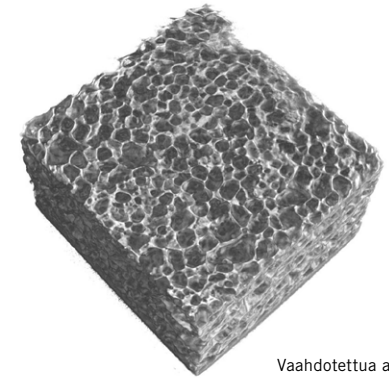
Alumiinin pintakäsittely

Alumiinia ja sen pintoja voidaan käsitellä mekaanisesti, kuten hioa, harjata, hiertää, taivuttaa, profiloida, kuvioida jne. Käsittelytavat muistuttavat paljon teräkselle tehtäviä käsittelyjä.

Anodisointi eli eloksointi tarkoittaa sitä, että oksidikerros kasvatetaan sähkökemiallisesti n. 1000-kertaiseksi. Väri vaihtoehtoja on muutama.

Kemiallinen hapetus on kromatointia ja fosfatointia. Näitä käytetään maalauksen esikäsittelyinä.

Pintakäsittelyjä ovat maalaus, polttomaalaus ja emalointi. Korroosionsuojakäsittelyksi vaikeisiin oloihin soveltuvat epoksihartsimaalit, muovikalvo, lakkaus, asfaltti, kivihiiliterva tai bitumi.



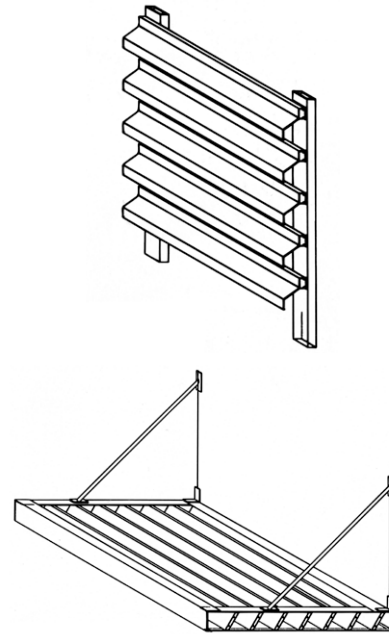
Vaahdotettua alumiinia



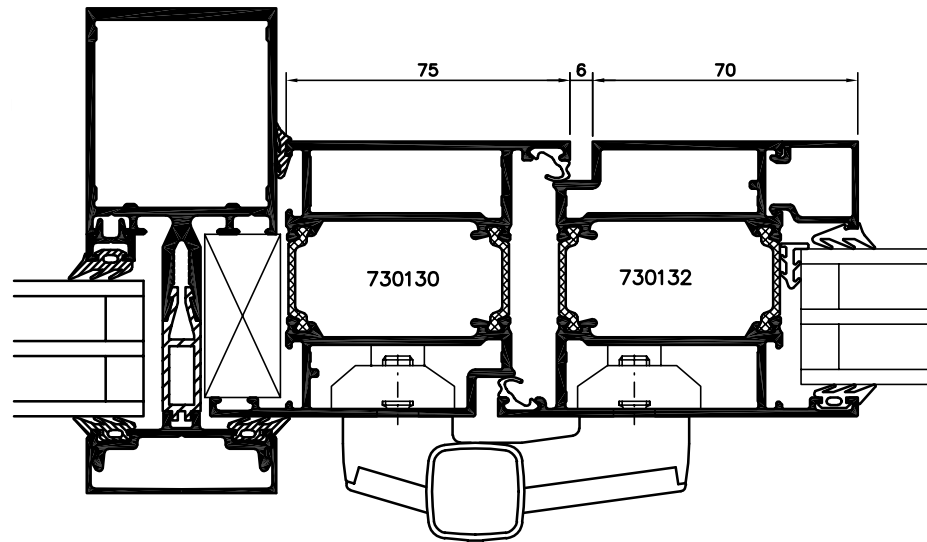
Vakioprofiilit



Kantavan julkisivun edessä on alumiiniritilöitä lasikaistoinen. Helsingin Yliopisto Physicum. Arkkitehtitoimisto Lahdelma & Mahlamäki Oy (2001)

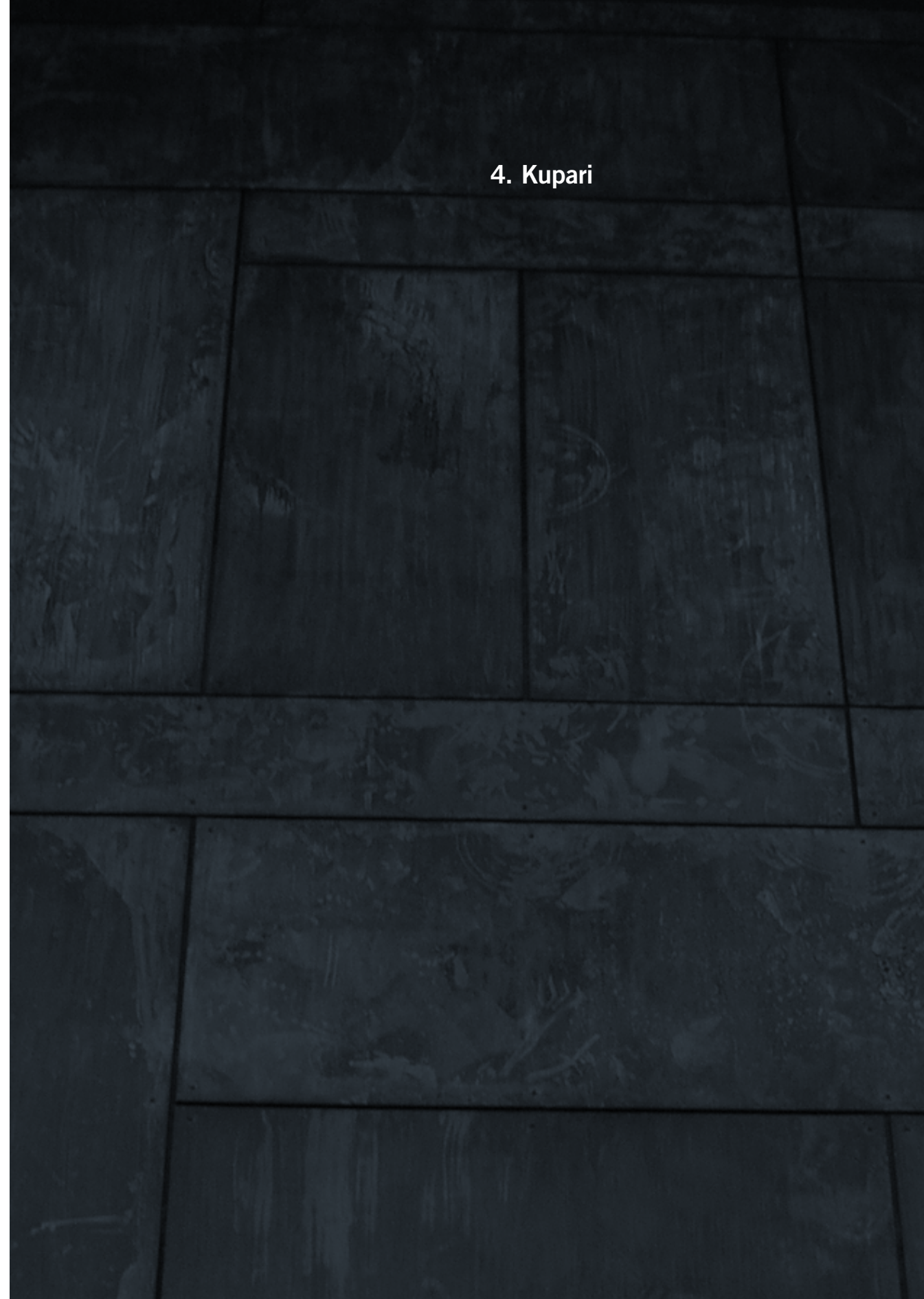


Esimerkkejä alumiinisista julkisivuritilöistä



Esimerkki lämpökatkaisuista alumiiniprofiileista. Detalji oven liitoksesta lasiseinään.

4. Kupari



Kupari

Kupari on todennäköisesti ihmisen ensiksi tuntema metalli. Kuparin nimen juuret ovat Kypros-saarella, joka yhteen aikaan oli maailman kuparilähde. Kuparin Venus-merkki ♀ on alkemistien ajoilta.

Kupari esiintyy luonnossa harvoin puhtaana. Valtaosa kuparista on peräisin oksidi- tai sulfidimalmeista. Suomesta löydetty kuparimalmi on kuparikiisua CuFeS_2 . Nykyisin noin 40% kuparista valmistetaan jättemateriaalista.

Kuparimineraali erotetaan jauhetusta malmista vaahdottamalla. Kuparirikaste jalostetaan sulattamalla, jolloin siitä erkanee mm rikkidioksidia ja rautakuonaa. Loput epäpuhtaudet poltetaan konvertterissa puhaltamalla sekä lieskauunin avulla. Erityisen puhdasta kuparia esimerkiksi sähköjohtoja varten valmistetaan elektrolyttisesti.

Kuparista valmistetaan levyjä, nauhoja, tankoja, lankoja, putkia jne. Kuparin aineenkoestus, muokkaus ja työstö tehdään pitkälti samoin menetelmin kuin teräkselle. Kupari on kallis rakennusmateriaaliksi.

Ominaisuuksia

- hyvä sähköjohtokyky
- korroosionkestävä (patinoituu hitaasti)
- kimmokerroin $E = 130\,000 \text{ N/mm}^2$
- lujuus riippuu kylmämuovauksesta (kuparia ei voi karkaista)

Seosmerkinnän lisäksi kuparivalmisteen laatu ilmaistaan valmiustilamerkinnällä, joka lisätään seostunnuksen jälkeen, esimerkiksi Cu-DLP-04. Valmiustila luokittelee ja täsmentää kuparin lujuusominaisuudet. Kunkin seoksen valmiustilat ja niiden kovuus- ja lujuusarvot esitetään standardeissa.



Alvar Aalto: Kansaneläkelaitos (1956)

Kupari kestää vettä ja ilmaa paremmin kuin muut käyttömetallit. Sitä voivat kuitenkin syövyttää esim. hapot, ammoniakki ja rikki. Sähkögalvaaninen pari, jossa kupari on katodina, voi syntyä alumiinin, sinkin tai raudan kanssa. Sen sijaan liittäminen nikkeliin, tinaan tai lyijyyn on jokseenkin vaaratonta. Sadevesi saattaa liuottaa kuparia mukaansa ja jättää vihertäviä valumajälkiä muille pinnoille.

Kuparin kiiltävä punertava pinta hapettuu ja patinoituu aikaa myöten himmeän vihertäväksi. Patinointia voidaan nopeuttaa kemiallisesti. Lakkaus estää patinoitumisen.

Muut metallit kuten nikkeli ja kromi tarttuvat helposti kupariin elektrolyttisessä käsittelyssä tai upottamalla sopiviin liuoksiin. Käytetään saniteettikalusteina, kiinnitystarvikkeina ja rakennusheloina. Kuparia voidaan myös värjätä.



Ekumeeninen taidekappeli, Turku.
Sanaksenaho Arkkitehdit Oy (2005)

Kupariseoksia

Messinki

- Ms 70 (70% Cu, 30 % Zn)
- Ms 63 (63 % Cu, 37 % Zn)
- sitkeää, käyttö: helat, putket, ruuvit, naulat

Lyijymessinki

- Ms 358 (3% Pb, 58% Cu, 39% Zn)
- Ms 456 (Cu, Zn, Al, Pb) voimakkaan keltaista
- työstettävää ja muovattavaa; käyttö esim. rakennusprofiileiksi

Pronssit

- esim. tinapronssi TP 107 (93% Cu, Sn ja muita)
- valettavaa, kestää kulutusta ja väsymiskorroosiota

Uushopea

- 45...75% Cu, 10...20% Ni ja 20...37% Zn
- hopean värinen mutta ei sisällä hopeaa



Kromattuja hanoja

Lähteitä ja kirjallisuutta

Oheislukemistoksi

Korroosionestomaalauksen käsikirja. Teknos Oy.

Schulitz, Sobek, Habermann: Steel Construction Manual. Birkhäuser 2000.

Siikanen, Unto: Rakennusaineoppi. Rakennuskirja Oy 1986.

Teräskirja. Metallinjalostajat ry. 2003.

RT 82-10765 Asuin- ja toimistorakennusten teräsrakenteet.

RT 82-10659 Pientalon teräsrakenteet.

RT 39-10260. Sinkitys teräksen suojana.

RT 39-10367 Kuparimetallit.

Teräsarkkitehtuuri

TRY:n ja/tai Rakennustieto Oy:n teräskirjat, mm:

- Miettinen, Esko: Metallijulkisivut arkkitehtuurissa, 2004
- Teräs asuntorakentamisessa. Johan Anderson et al, 1996
- Piironen, Esa; Saarni, Risto: Teräs julkisessa rakentamisessa, 1998
- Miettinen, Esko; Ripatti, Harri; Saarni, Risto: Teräs asuntojen korjausrakentamisessa, 1996
- Miettinen, Esko; Saarni, Risto: Teräs pientalorakentamisessa, 1999
- Teräsrakentaminen, toim. Risto Saarni, 1996
- Teräsrungon asennus, toim. Risto Saarni, 1997
- Teräsjulkisivut, toim. Risto Saarni, 1998
- Steel Images, toim. Esa Piironen, 2001
- Connah, Roger: Steel Visions, 2006

L'Art de l'ingénieur. Constructeur, entrepreneur, inventeur. Toim. Antoine Picon. Éditions de Centre Georges Pompidou, Paris 1997.

Ominaisuudet ja työstö

Autio, Arvo: Metallityöt. WSOY 1992.

Huhtamo, O.E: Metallialan aineoppi. Tietomies, Helsinki 1979.

Valmistustekniikka. Toim. Erkki Ihalainen et.al. Otatieto 487, 1995.

Konetekniikan materiaalioppi. Toim. Esko Laitinen et al. Edita, Helsinki 1997.

Rakennusaineet. Toim. Erkki K.M. Leppävuori et.al. Otatieto 453, Helsinki 1991.

Materiaalitekniikka. Toim. Tapani Ansaharju et.al. WSOY 1989.

Kuparimetallien ominaisuudet ja käyttö. Toim. Rauno Roitto. Outokumpu Oy, Helsinki 1960.

Rakennustekniikan käsikirja. Pääjakso 2: Rakennusaineet ja –tarvikkeet. Toim. Tenho Sneck. Helsinki 1970.

Ruostumaton ja säänkestävä teräs

Euro Inox -kirjat, mm:

- Käsikirja - Ruostumattoman teräksen käyttö kantavissa rakenteissa, 2006.
- Ruostumattoman teräksen pinnanlaadut, 2004.

Miettinen, Esko: Ruostumaton teräs arkkitehtuurissa. TRY ja Rakennustieto Oy, Helsinki 2001

Ruostumattomat teräkset. Eripainos julkaisusta Muokatut teräkset, Raaka-ainekäsikirja 2001 (4.painos). Outokumpu, Teknologiateollisuus Oy, 2005.

COR-TEN julkisivut. Rautaruukki Oyj ja Rakennustieto Oy, Helsinki 2001.

Painamattomat

Helamaa, Erkki: Luentomonisteet, TTKK:

- Metallien syöpyminen ja suojaus sitä vastaan.
- Alumiinin käyttö rakentamisessa.

Peura, Pasi: Teräksen valmistus. Rautaruukki Steel, Nauhatuotteet. Moniste, ei päiväystä.

Weck, Tor-Ulf: Rakennetekniikan luentokalvot, TKK Rakennetekniikka, www-sivut.

Linkit

www.outokumpu.com
www.ruukki.com
www.terasrakenneyhdistys.fi

Historia

Cornell, Elias: Byggnadstekniken: metoder och idéer genom tiderna. Stockholm, Byggeförlaget, 1979.

Hodges, Henry: Technology in the ancient world. Penguin 1971.

Korhonen, Juhani: Rautaa esiroomalaisittain. Helsingin Sanomat 7.9.2004, D2.

Lundsten, Bengt: Rakennustekniikan kehitys 1800-luvulta. Luentomoniste, TKK Arkkitehtiosasto.

Metsänkylä, Antti: Metallityön tallennus. Työväenkulttuuriprojektin julkaisu 4, Museovirasto. Helsinki 1986.

Rautaiset rakenteet. Rauta ja teräs suomalaisessa arkkitehtuurissa. Erkki Mäkiö, Lauri Putkonen, Timo Tuomi. SRM Helsinki 1998.

Salokorpi, Asko: Suomen rautaruukit. Otava, Helsinki 1999.

Schulitz, Sobek, Habermann: Steel Construction Manual. Birkhäuser 2000.

Teräskirja. Metallinjalostajat ry, Helsinki 2003.

Raudan valmistuksesta kertovat vitriinit, Suomen Kansallismuseo.

Kuvaluettelo

Kansi	16	24	37
Reikälevy: Steven Holl, Simmons Hall, MIT Cambridge (2002). RO	Telford: L'art de l'ingenieur 1997, s. 292. Piirros: Leonard de Vries: Fantastiska uppfinningar från 1800-talet; 1977, s. 55. Brooklyn Bridge: RO, foto Bengt Lundsten. Polonceau: RO. Euston: L'art de l'ingenieur 1997, s. 175.	Materiaalitekniikka. Toim. Tapani Ansa h arju et.al. WSOY 1989, s. 56, 58, 60.	Olotilapiirros: Materiaalitekniikka 1989, s. 166.
5	Hissi: RO. Jenney: L'art de l'ingenieur 1997, s. 227. Holabird: RO. Empire State: L'art de l'ingenieur 1997, s. 168. Seagram: RO.	25	38
Eiffel-torni rakenteilla. L'Art de l'ingénieur. Constructeur, entrepreneur, inventeur. Toim. Antoine Picon. Éditions de Centre Georges Pompidou, Paris 1997, s. 163.	Holabird: RO. Empire State: L'art de l'ingenieur 1997, s. 168. Seagram: RO.	Hodges, Henry: Technology in the ancient world. Penguin 1971, s. 128.	Rekristallisaatio: Teräskirja 2003, s. 48.
6	17	26	39
Drachmann, A.G: Antikens teknik. Bokförlaget Prisma, Stockholm 1965, s. 85.	Hissi: RO. Jenney: L'art de l'ingenieur 1997, s. 227. Holabird: RO. Empire State: L'art de l'ingenieur 1997, s. 168. Seagram: RO.	Gesellius: RO, foto Bengt Lundsten. Valimotuotteet: RO.	Hehkutus: Teräskirja 2003, s. 48. Normalisointi: Materiaalitekniikka 1989, s. 182.
7	18	27	41
Salokorpi, Asko: Suomen rautaruukit. Otava, Helsinki 1999, s. 8.	Firth of Forth: yläkuva: L'art de l'ingenieur 1997, s. 192; alakuva: Leonard de Vries 1977, s. 65. Contamin: Kn au rs Lexicon der Modernen Architektur, 1963, s. 251. Horta: RO. Berlage: Shulitz et.al. 2000, s. 51.	Vision on Steel 1882-1982. Dominion Bridge to Amca International, Canada 1982, s. 138. Foto Steve Dunwell.	Maalausliitos: Materiaalitekniikka 1989, s. 82. Eristeliitos: Euro Inox 2002, s. 64.
8	19	29	42
Harkkohytti: Salokorpi 1999, s. 11. Masuuni: Högfors Bruk I, Kouvola 1952, s. 99 (Sven Rinman: Bergwerks Lexicon 1788-89). Putlausuuni: W.K.V. Gale: Iron and Steel. Museum Booklet No 20.04, Ironbridge Gorge Museum Trust 1979, s. 9.	Behrens: Shulitz et.al. 2000, s. 59. Fuller: Shulitz et.al. 2000, s. 63.	Transitiokäyrä: Teräsrakentaminen, toim. Risto Saarni. TRY 1996, s. 37. Piirros: RO.	Foto Päivi Väisänen.
9	20	30	43
Salokorpi 1999, s. 123 (Järvimalmin nostoa Kaavin Siikajärvellä, I. K. Inha n. 1890, Museovirasto).	Lundsten: Suomen rakennustaiteen museo. Behnisch: RO, foto Bengt Lundsten. Foster: RO, foto Antti Laiho.	Eristys / levy + ruisku + tiili + betonointi: Isomustajärvi, Pertti: Kantavien teräsrakenteiden palosuojaus. TRY ja Rakennustieto Oy, Helsinki 1999, s. 53, 57, 59. Maalaus: Constructing Architecture, ed. Andrea Deplazes. Birkhäuser 2005, s. 122. Betonitäyttö: Teräsrakentaminen, TRY 1996, s. 104. Rakenteen sisään: Teräs pientalorakentamisessa, TRY 1999, s. 73.	Foto Päivi Väisänen. Detalji: Helin & Co arkkitehdit.
10	21	31	44
W.K.V. Gale 1979, s. 22.	Pilarit: RO (Andrew Handyside 1874). Aaltolevykone: RO (Thomas Edington, Englanti 1844). Sheerness: RO, foto Bengt Lundsten. Tullirakennus: Byggmästaren 1/1951, s. 7 (Civil Engineer and Architect's Journal 1854). Terästalo: Christine Engelmann & Christian Schädlich: Die Bauhausbauten in Dessau. Verlag für Bauwesen, Berlin 1991, s. 70, 73.	Konetekniikan materiaalioppi. Toim. Esko Laitinen et al. Edit a , Helsinki 1997, s. 11-12.	Teräsrakentaminen, TRY 1996, s. 53.
11	22	32	45
Valokaariuuni: Teräskirja. Metallinjalostajat ry 2003, s. 28, kuva 9.1. LD -konvertteri: Teräskirja 2003, s. 26, kuva 8.1.	Chrysler Building: A+U 1987/4, s. 98. Lloyd's: RO, foto Antti Laiho. Saarinen: Jayne Merkel: Eero Saarinen. Phaidon 2005, s. 98.	Jännitesarjatalukko: Ruostumattomat teräkset, Outokumpu 2005, s. 16. Kaavio: Ruostumattomat teräkset, Outokumpu 2005, s. 15. Foto Päivi Väisänen.	Kuumasinkitys, yleisohje 1/2003, Suomen kuumasinkitsijät ry.
12	23	33	46
Kramla: foto Päivi Väisänen. Piirros: Schulitz, Sobek, Habermann: Steel Construction Manual. Birkhäuser 2000, s. 10.	Frank Gehry: Guggenheim, Bilbao (1997): Constructing Architecture, Birkhäuser 2005, s. 118.	Outokumpu ja ympäristö 2005, s. 20,28.	Foto Päivi Väisänen.
14	24	34	47
Coalbrookdale: 2 kuvaa: Rakennusopin kuvakokoelmat (RO), foto Bengt Lundsten. Belanger: RO. Kristallipalatsi: 3 kuvaa / RO.	Chrysler Building: A+U 1987/4, s. 98. Lloyd's: RO, foto Antti Laiho. Saarinen: Jayne Merkel: Eero Saarinen. Phaidon 2005, s. 98.	Raakarauta: Teräskirja 2003, s. 18. Happipuhallus: Vision on Steel 1982, s. 165, foto Steve Dunwell. Tuotantokaavio: Miettinen, Taivalantti: Ruostumaton teräs arkkitehtuurissa, TRY 2000, s. 11.	Taulukko (osittain): Korroosionestomaalauksen käsikirja. Teknos Oy, s. 50-52.
15	25	35	48
Milano: RO. Labrouste: RO. Eiffel: Joedicke: Geschichte der Modernen Architektur, 1958, s. 21. Dauphine: Hector Guimard. Foto Felipe Ferré. Harry N. Abrams, New York 1988, s. 87. Pompidou: Renzo Piano, par Luciano Motto. Editions du Centre Pompidou Paris 1987, s. 68.	Chrysler Building: A+U 1987/4, s. 98. Lloyd's: RO, foto Antti Laiho. Saarinen: Jayne Merkel: Eero Saarinen. Phaidon 2005, s. 98.	Outokumpu ja ympäristö 2005, s. 20,28.	Foto Rautaruukki. Piirros: Teräskirja 2003, s. 52, kuva 18.8.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

Kuvassa näkyy Teräsrakentamisen historiaa.

