

YLEISOHJEEN SISÄLTÖ



Kuva 1. Teräksinen palkkisilta on yleisin teräsilta.



Kuva 2. Syöksytorvet tehdään haponkestävästä teräksestä ja tippuputket ruostumattomasta teräksestä.



Kuva 3. Kaapelihyllyt valmistetaan alumiinista.

1	YLEISTÄ	3
1.1	Ohjeen soveltamisala	
1.2	Metallirakenteiden käsitteet	
1.2.1	Metallirakenteen korjaustyön vaiheet	
1.2.2	Termit ja määritelmät	
1.2.3	Merkinnät	
1.3	Siltojen teräsrakenteiden vauriot	
2	METALLIEN KÄYTTÖ SILLOISSA	8
2.1	Teräkset ja valurauta	
2.1.1	Kantavat rakenteet	
2.1.2	Liitokset	
2.1.3	Sillan varusteet	
2.1.4	Teräslaatujen vertailu	
2.2	Ruostumaton teräs	
2.3	Alumiini	
2.4	Kupari ja messinki	
2.5	Muut metallit	
3	METALLIT	12
3.1	Metallien ominaisuudet	
3.2	Teräs	
3.2.1	Teräksen valmistaminen	
3.2.2	Teräksen muokkaus ja lämpökäsittely	
3.2.3	Teräksen työstäminen	
3.2.4	Teräslajit	
3.2.5	Teräsrakenteiden liitokset	
3.3	Alumiini	
3.3.1	Alumiinin valmistaminen ja ominaisuudet	
3.3.2	Alumiiniseokset	
3.3.3	Alumiinituotteiden valmistus ja työstäminen	
3.3.4	Alumiinirakenteiden liitokset	
3.4	Muut metallit	
3.4.1	Kupari	
3.4.2	Sinkki	
3.4.3	Lyijy	
3.5	Metallien yhteensopivuus	
4	METALLIRAKENTEIDEN VAURIOT	26
4.1	Korroosio	
4.1.1	Teräksen korroosio	
4.1.2	Alumiinin korroosio	
4.1.3	Kuparin korroosio	
4.1.4	Sinkin korroosio	
4.1.5	Lyijyn korroosio	
4.2	Rakenteelliset vauriot	
4.2.1	Säröt	
4.2.2	Murtumat	
4.2.3	Muodonmuutokset	
5	METALLIRAKENTEIDEN KORJAAMINEN	30
5.1	Korjaustyön suunnittelu	
5.1.1	Vaurioselvitys	
5.1.2	Suunnitelman laatiminen	
5.2	Korjaustyö	
5.2.1	Osien valmistaminen	
5.2.2	Asentaminen	

6	LAADUNVALVONTA JA TARKASTUKSET34	7.1.3	Palovaara	
6.1	Valvonta	7.1.4	Kemialliset aineet	
6.2	Tarkastukset	7.1.5	Purku- ja nostotyöt	
6.2.1	Materiaalien tarkastus	7.1.6	Hitsaus-, polttoleikkaus- ja hiontatyöt	
6.2.2	Konepajatyön tarkastus	7.2	Ympäristönsuojelu	
6.2.3	Asennustyön tarkastus			
6.3	Kelpoisuuden toteaminen	8	RINNAKKAISET OHJEET 39	
7	TYÖ- JA YMPÄRISTÖNSUOJELU 37	8.1	Standardit	
7.1	Työsuojelu	8.2	Muut ohjeet	
7.1.1	Työmaajärjestelyt			
7.1.2	Melu ja värinä	LIITE	TERMIT JA MÄÄRITELMÄT 41	

Tielaitos, siltakeskus 1995

SILKO-projektin terästyöryhmä:

Diplomi-insinööri Mauno Peltokorpi	puh.joht.	Tielaitos, siltakeskus
Insinööri Ari Björkman		Tikkurila Oy
Insinööri Arvo Heikkinen		Tielaitos, siltakeskus
Erikoistutkija, DI Eva Häkkä-Rönholm		VTT, rakennustekniikka
Jaospäällikkö, tekn. Kyösti Piironen		Teknos Winter Oy
Rakennusmestari Jouko Välimäki		Turun tiepiiri
Toimitusjohtaja, ins. Jorma Huura	sihteeri	Insinööritoimisto Jorma Huura Ky

Erikoisasiantuntijat:

Terminologi, FM Lari Kauppinen	Tekniikan Sanastokeskus ry
Työsuojeluinsinööri Seija Vilander	Tielaitos, hallinnon palvelukeskus
Diplomi-insinööri Olli Vähäkainu	Rautaruukki Oy

Konsultti: Insinööritoimisto Jorma Huura Ky

Piirroksat: Jouni Huura 4, 26, Eva Häkkä-Rönholm 21 ja 23,
Satu Jokilehto 22 ja 24, Lari Kauppinen 5, 19 ja 20
Valokuvat: Jorma Lampinen 3, 7, 11, 13, 14 ja 17,
Voitto Valtonen 12, Jorma Huura muut kuvat.

TIEL 2230095 - SILKO 1.801

© 1995 Tielaitos

Kirjapaino Hermes Oy, Tampere 1995

Julkaisun myynti
Tielaitos
Hallinnon palvelukeskus
Painotuotemyynti
Puhelin (90) 1487 2053
Telekopio (90) 1487 2652

Tielaitos

Opastinsilta 12 A
PL 33, 00521 HELSINKI
Puhelinvaihte (90) 148 721

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen soveltamisala

Ohje on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän osana, mutta sitä voidaan käyttää myös uudisrakentamisessa. Tätä ohjetta käytetään rinnan teräsrakenteita koskevan sillanrakentamisen yleisen työselityksen ja laatuvaatimusten /1/ kanssa.

Teräsrakenteiden pinnoittamista käsitellään eri SILKO-ohjeessa /2/. Täydentäviä tietoja on saatavissa alan julkaisuista /3/ ja /4/.

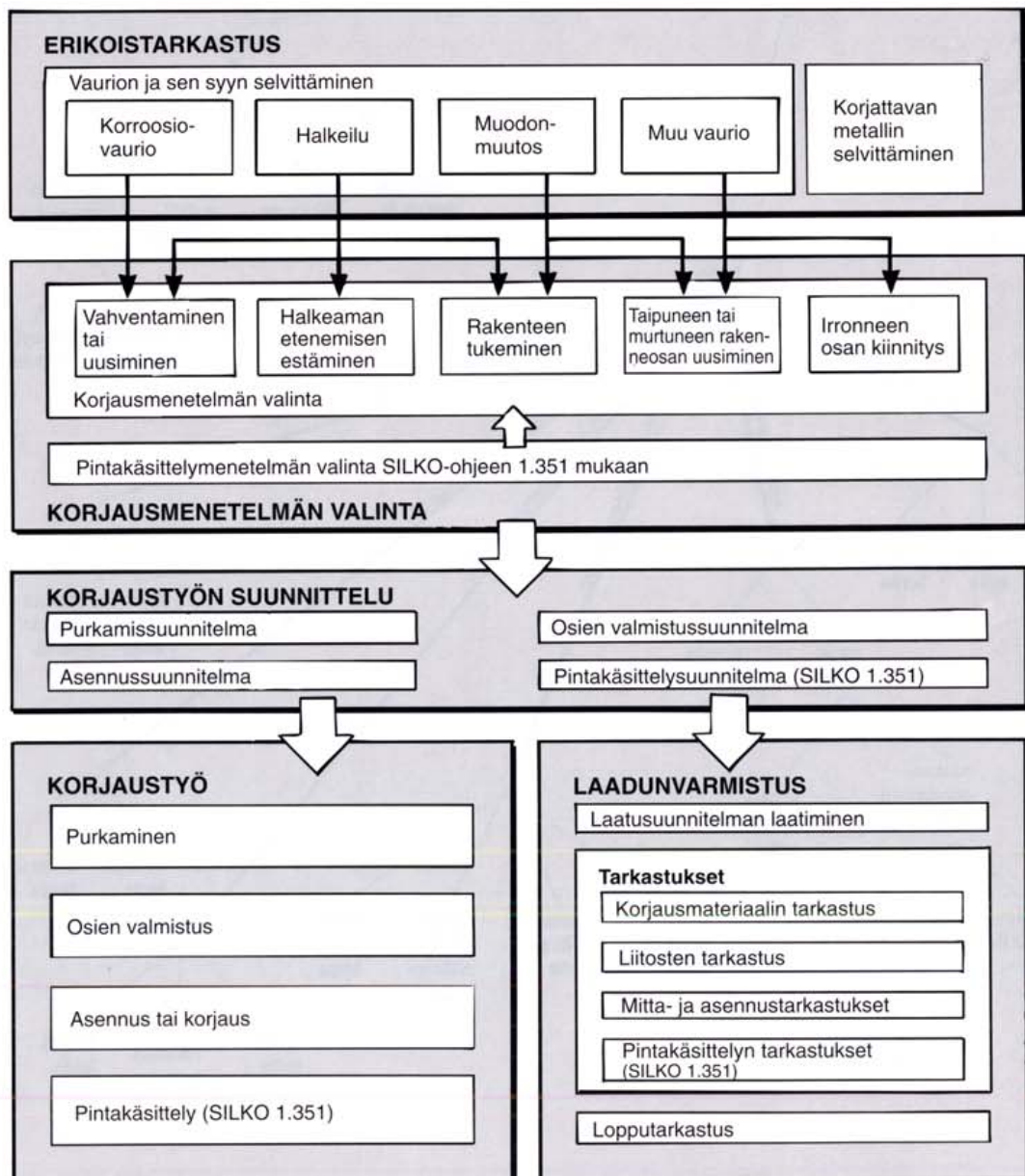
Ohje on yleisohje, jota yksityiskohtaiset korjausohjeet täydentävät.

Ohjeen tarkoituksena on

- kertoa metallien käytöstä silloissa
- esitellä sillankorjaustöissä käytettävät metallit ja niiden laatuvaatimukset
- esitellä siltojen metallirakenteissa esiintyneet korroosio- ja rakennevauriot
- kertoa metallien korroosion muodot ja korroosioon vaikuttavat tekijät siltarakenteissa
- esitellä metallirakenteiden korjausmenetelmät
- antaa keskitetysti työsuojelu- ja ympäristönsuojeluohjeita.

1.2 Metallirakenteiden käsitteet

1.2.1 Metallirakenteen korjaustyön vaiheet



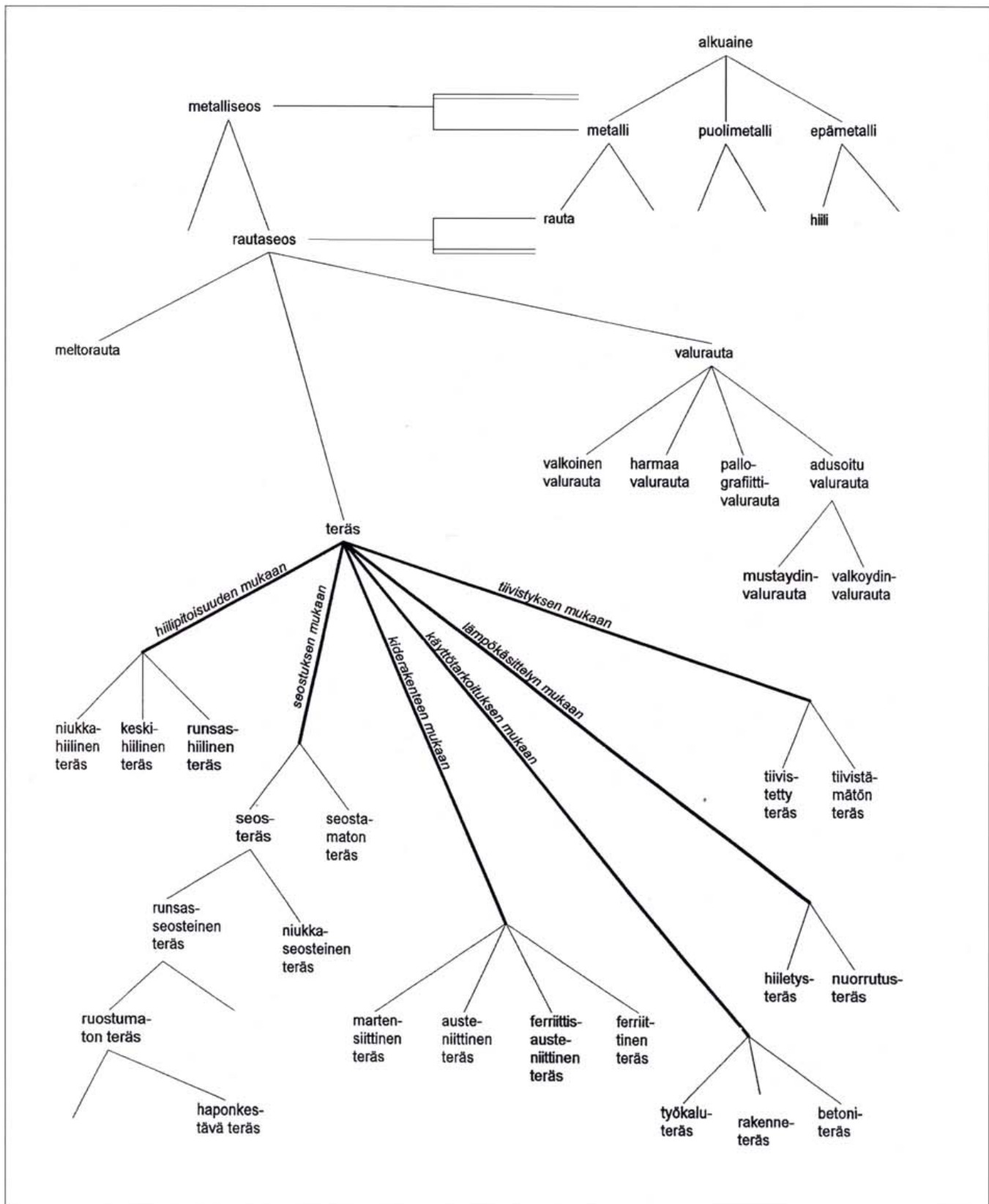
Kuva 4. Metallirakenteen korjaustyön vaiheet sillankorjaushankkeessa.

1.2.2 Termit ja määritelmät

Metalleja kuvaava käsitejärjestelmä on kuvassa 5. Kuvassa esiintyvät termit on määritelty liitteessä. Siinä on määritelty myös muita tässä ohjeessa käytettyjä keskeisiä termejä. Ne on ryhmitelty materiaali- ja korroosiotermiin.

Siltojen rakenneosat on esitetty sillantarkastusohjeessa /5/. Metallien pintakäsittelyä koskevat termit on esitetty pintakäsittelyn yleisohjeessa /2/.

Rauta- ja terästuotteiden lämpökäsittelysanasto on esitetty standardissa SFS-EN 10052.



Kuva 5. Silloissa käytettävien metallien käsitejärjestelmä.

1.2.3 Merkinnät

Teräksen merkintä piirustukseen ja tilaukseen vuoden 1995 standardointitilanteen mukaan:

Teräslevy EN 10 029 - 10A x 1500 x 6000 S355J2G3 EN 10 025 EN 10 204-2.2

Nimi	
Mittastandardi	
Levyn paksuus, mm	
ja toleranssiluokka	
Levyn leveys, mm	
Levyn pituus, mm	
Teräslaji	
Ainestandardi, ei välttämätön piirustuksessa	
Ainestodistusstandardi ja todistustyyppi	

Putkipalkki SFS 5001 - 200 x 200 x 10 - 12000 - Fe 52 D SFS 200 - EN 10 204-2.2

Nimi	
Toimitusehto-/mittastandardi	
Putkipalkin ulkomitat, mm	
Seinämän paksuus, mm	
Putkipalkin pituus, mm	
Teräslaji	
Ainestodistusstandardi ja todistustyyppi	

Alumiinin merkintä piirustukseen ja tilaukseen:

Alumiiniprofiili nro 1966 AlMgSi SFS 2554 - T5 EN 515 tai 6063 EN 573

Nimi	
Myyjäkohtainen profiilin numero	
Alumiiniseos	
Toimitustila	

Ohjetekstissä esiintyvät kemialliset merkit:

Al = alumiini
 C = hiili
 Cr = kromi
 Cu = kupari
 Fe = rauta
 Mg = magnesium
 Mn = mangaani
 Mo = molybdeeni
 Ni = nikkeli
 P = fosfori
 Pb = lyijy
 Si = pii
 V = vanadiini
 Zn = sinkki

1.3 Siltojen teräsrakenteiden vauriot

Korroosio on yleisin vaurio terässilloissa. Jos pintakäsittely ei ole kunnossa, teräsrakenteisiin tulee aluksi pistekorroosiota, joka etenee kuoppamaisen syöpymän (kuopparuosteen) kautta puhki-ruostumiseen. Tällaisia vaurioita esiintyy varsin-kin paikoissa, jotka ovat olleet jatkuvasti maa-ainesten peitossa tai joiden päälle on valunut jatkuvasti suolaista vettä. Korroosiovaurioita on käsitelty tarkemmin pintakäsittelyn yleisohjeessa /2/.

Rakenteellisia halkeamia ja säröjä esiintyy

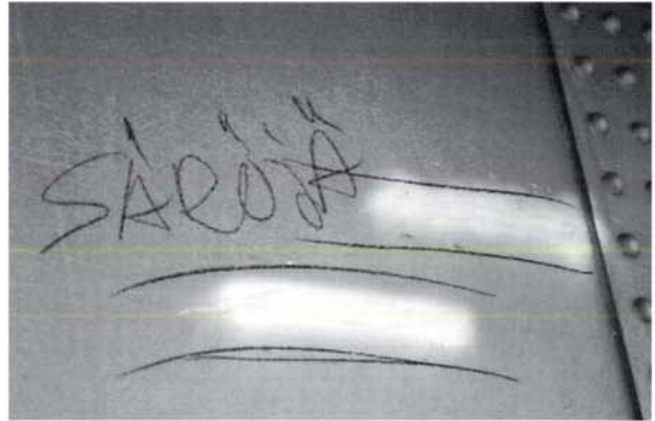
- riippusiltojen jäykiste- ja poikkipalkkien nurkissa (kuva 6)
- teräskansien väsytkuormitetuissa hitseissä
- riipputankojen kiinnityslaitteissa
- erikoislujasta teräksestä valmistetuissa laake-reissa ja avattavien siltojen ritiläkansissa.

Halkeilun ja säröilyn syitä ovat suunnittelu-, materiaali- ja työvirheet, ylikuormitus, väsyminen ja kylmähauraus.

Siltojen teräsrakenteissa esiintyy muodonmuutoksia:

- teräspalkit taipuvat (kuva 7)
- riippuköydet venyvät ja säikeet katkeavat (kuva 8)
- riipputankojen soljet liukuvat (kuva 9).

Muodonmuutosten syitä ovat suunnittelu- ja työvirheet, sillan alusrakenteiden vaurioituminen ja ylikuormitus.



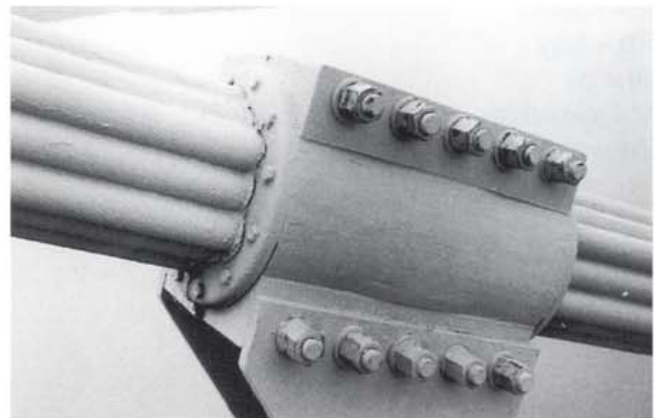
Kuva 6. Halkeamia teräspalkin uumassa.



Kuva 7. Taipuma teräspalkissa.



Kuva 8. Riippuköyden säikeitä on katkennut.



Kuva 9. Riipputangon solki on liukunut.

Törmäysvaurioita esiintyy seuraavissa siltojen teräsrakenteissa:

- ristikkosiltojen porttaalien yläpoikkisiteissä ja muissa yläpuolisissa sauvoissa (kuva 10)
- kaiteissa (kuva 11)
- risteyssiltojen ja ylikulkukäytävien teräspalkkeissa (kuva 12).

Kunnossapitokalustolla saatetaan vaurioittaa liikuntasaumalaitteiden metalliosia.

Jäätymisvaurioita esiintyy joskus syöksytorvissa (kuva 13) ja sisältä onttojen kaidepylväiden juurissa.

Vauriot pahenevat tarpeettomasti, jos vesi ei poistu rakenteen päältä tai jos tuuletus on riittämätön.



Kuva 10. Törmäysvaurio porttaalin poikkisiteessä.



Kuva 11. Törmäysvaurio kaiteessa.



Kuva 12. Törmäysvaurio teräspalkissa.



Kuva 13. Jäätymisvaurio syöksytorvessa.

2 METALLIEN KÄYTTÖ SILLOISSA

2.1 Teräkset ja valurauta

Teräs on ollut lujuutensa ja suhteellisen keveytensä vuoksi suurten siltojen (kuvat 14 ja 15) rakennusmateriaali jo 1800-luvun lopulta lähtien (kuva 16), mutta sitä käytetään myös pienten ja keski-suurten siltojen pääkannattajissa (kuva 17), jolloin kansi tehdään yleensä muusta materiaalista. Silta-tyyppejä ovat olleet mm. palkkisillat, ristikkosillat, kaarisillat, Langer-palkkisillat, riippusillat ja vinoköysisillat. Teräsputkisiltoja on tehty paljon 1950-luvulta lähtien ja 1990-luvulla on teräslevykaaria ryhdytty käyttämään ruiskubetonoimalla tehtävien siltojen runkona. Avattavat sillat on tehty lähes yksinomaan teräksestä (kuva 16). Nykyisin terästä käytetään lähinnä liittopalkki- ja vinoköysisiltojen kantavissa rakenteissa.

2.1.1 Kantavat rakenteet

1800-luvulla valmistuneet sillat on tehty keitto-teräksestä, joka tunnetaan myös nimellä keittorauta. Keittoteräs on valssaussuunnassa vahvempaa kuin kohtisuoraan valssaussuuntaa vastaan. Keittoterästä ei voi hitsata. Murtovenymä on valssaussuunnassa 12–25 % ja kohtisuoraan sitä vastaan 3–5 %.

1900-luvun alusta lähtien valantateräs on ollut eniten käytetty sillanrakennuksen teräsmateriaali. Valmistusmenetelmän perusteella puhutaan Thomas-teräksestä, Siemens–Martin-teräksestä ja sähkömellotuksella valmistetusta teräksestä. Thomas-terästä, joka ei ole koostumukseltaan tasalaatuista, on käytetty niitatuissa rakenteissa. Siemens–Martin-terästä ja sähkömellotuksella valmistettua terästä on käytetty hitsatuissa rakenteissa.

Näillä valmistusmenetelmillä tuotettua rakenneterästä on merkitty tunnuksilla St 37.12 ja St 37.21. Numero 37 osoittaa teräksen vähimmäisvetolujuuden (yksikkönä kp/mm^2), numero 12 viittaa saksalaiseen valssattuja muototeräksiä koskevaan normiin DIN 1612 ja numero 21 vastaavaan valssattuja levyjä koskevaan normiin DIN 1621. Näiden terästen myötöraja on keskimäärin 240 N/mm^2 (24 kp/mm^2) ja murtovenymä 15–20 %.

Teräs St 44 on Itävallassa, Ruotsissa ja Englannissa tuotettu ja käytetty rakennusteräs, jota Suomessa ei ole merkittävästi käytetty. Porissa Kokemäenjoen yli rakennettu katusilta, joka valmistui vuonna 1926, on tehty tästä teräksestä.



Kuva 14. Vuonna 1964 valmistunut Kirjalansalmen silta on pisin teräksinen riippusilta.



Kuva 15. Vuonna 1965 valmistunut Lapinlahden silta on ensimmäinen teräksinen kotelopalkkisilta.



Kuva 16. Vuonna 1897 valmistunut Strömman kanavan ristikkorakenteinen kääntösilta.



Kuva 17. Puukantinen teräspalkkisilta ja teräsrakenteiset välituet (Saikkalan silta vuodelta 1934).

Teräs St 52 on rakenneteräs, joka on tullut tuotantoon 1930-luvulla ja jota on käytetty etupäässä pitkäjänteisten teräsiltojen pääkannattajien rakennusaineena. Hitsatuissa rakenteissa vaadittiin käytettäväksi Siemens–Martin-terästä. Vertailuna keittoteräkseen voidaan todeta, että murtovenymä valssauksen suunnassa on 18–20 % ja poikisuunnassa 16–18 %. Vuonna 1964 valmistunut Lapinlahden silta on valmistettu St 52 -teräksestä. Tämä silta on Suomessa ensimmäinen, jonka korroosionestomaalauksen esikäsittely tehtiin hiekkapuhalluksena.

Rakenneteräs St 50 HSB on saksalainen tuote, josta on käytetty myös tunnusta St 50 m.e.S. Terästä on käytetty menestyksellisesti suurissa hitsatuissa siltarakenteissa.

Alfort-rakenneteräs on korkealuokkainen teräs, joka on tarkoitettu nimenomaan hitsattuja rakenteita varten. Sitä on käytetty mm. Helsingin kaupungin Kulosaaren katusillan hitsattujen pääkannattajien rakennusaineena vuonna 1956.

Hitsaustekniikan rakennusteräksille asettamien vaatimusten tähden teräkset jaettiin hitsattujen teräsrakenteiden erikoismääräyksissä (vuodelta 1958) neljään laatuluokkaan A, B, C ja D. Vastava saksalainen luokitus sisälsi laatuluokat 1, 2 ja 3, jotka vastasivat laatuluokkia A, B ja C.

2.1.2 Liitokset

Hitsausta alettiin käyttää Suomessa sillanrakennuksessa 1950-luvulla. Teräksen hitsattavuuteen ei kiinnitetty kuitenkaan aluksi riittävästi huomiota, joten rakenteisiin tuli haurasmurtumien aiheuttamia vaurioita. Asia saatiin hallintaan 1960-luvulla, kun hitsaus syrjäytti niittauksen. Niittiliitoksin valmistetun teräsrakenteen hitsattavuus onkin selvitettävä tutkimalla ennen vanhan sillan korjaamista, ellei asia selviä luotettavasti sillan asiakirjoista. Niitatun rakenteen lämpökäsittelykin on arveluttavaa ilman tarkempia selvityksiä. Laakerin hitsaus on ehdottomasti kielletty.

Niittiterästä St 34 (saksalainen merkintä St 34.13) on käytetty rakenneteräksestä St 37 tehdyissä rakenteissa ja niittiterästä St 44 teräksestä St 52 tehdyissä rakenteissa 1960-luvulle asti.

Sorvatut ruuvit on valmistettu teräksestä St 38.13 ja ruuvien sydänpoikkipinnalle on sallittu vetoa 100 N/mm^2 (1000 kp/cm^2). Ruuvien väsytyslujuus on suhteellisen pieni, jos kierteet on tehty leikkaamalla. Jos kierteet tehdään kylmävalssaamalla, väsytyslujuus kasvaa huomattavasti.

2.1.3 Sillan varusteet

Terästä on käytetty paljon myös sillan varusteissa ja laitteissa. Niitä ovat

- kaiteet
- laakerit
- avattavien siltojen koneistot
- liikuntasaumalaitteet
- kuivatuslaitteet
- portaat ja hyllyt
- sillakkeet
- valaisinpylväät ja valaisimet
- liikennemerkkit ja porttaalit
- portaat, tikkaat ja erilaiset kiinnikkeet.

Teräsvalua on käytetty siltojen valuosien, kuten laakereiden, nivelten ja liikkuvien siltojen koneiston osien, valmistuksessa. Suomessa on useimmiten käytetty teräsvalua Stg 52.81, myös merkinnällä GS 52. Materiaalin vetolujuus on vähintään 520 N/mm^2 (52 kp/mm^2) ja myötöraja vähintään 250 N/mm^2 (25 kp/mm^2).

Pienissä silloissa vastaavat osat ovat valurautaa Ge 14.91, myös merkinnällä GG 14.

Sillan varusteissa käytetään jonkin verran austeiniittista ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Muiden teräslaatujen ongelma on ruostuminen, jota ehkäistään pinnoittamalla. Yleisin pintakäsittelymenetelmä on maalaus, mutta kooltaan sopivia rakenneosia kuumasinkittää sinkityslaitoksissa. Kaiteita on ruiskusinkitty hyvällä menestyksellä siltapajoilla.

2.1.4 Teräslaatuojen vertailu

Teräsiltojen kantavissa rakenteissa käytettyjä teräslaatuja ovat

- Fe 430 C ja D
- Fe 510 C, D ja E
- Fe 355 E (SFS 255) / RAEX 385; vuodesta 1977 lähtien
- Cor-Ten B; vuodesta 1975 lähtien, mm. Tornion-joen ja Tervolan sillat
- S420ML / RAEX 420 ML; vuodesta 1992 lähtien, mm. Tähtiniemen ja Utsjoen sillat.

Cor-Ten B on säänkestävä teräs, jonka pinnalle muodostuu sään vaikutuksesta tiivis ja lujasti kiinnittynyt oksidikerros, joka pysäyttää lähes täysin korroosion etenemisen. Teräslaatu ei vaadi pintakäsittelyä suolaamattomien teiden silloilla.

Muita siltojen teräsrakenteissa käytettyjä teräslaatuja ovat

Rakenneosa	Teräslaatu
Muoto- ja levyteräkset	St 37, St 44, St 52
Niitit	St 34, St 41, St 44
Pultit	St 38
Ankkuritangot ja -pultit	St 37
Valurautaosat	GG 14
Teräsvaluosat	GS 45 (Stg 45) GS 52 (Stg 52)
Laakerit ja vastaavat rakenneosat	GG 14, St 37, GS 45, GS 52, St 52, C 35.

Yleisten rakenneterästen myötö- ja murtolujuudet ja iskusitkeydet sekä eri standardeissa käytetyt merkinnät on esitetty taulukossa 1. Tarkempia tietoja saa terästuotteiden suunnittelijan oppaasta /6/ ja teräksen valmistajan asiantuntijoilta.

Taulukko 1. Yleiset rakenneteräkset. Vertailustandardit /6/.

Myötö- lujuus	Murto- lujuus	Iskusitkeys		EN	EN	SFS	SS	DIN	BS	NF
R_{eH} N/mm ²	R_m N/mm ²	KV J	t °C	10 025 1993	10 025 1991	200 1986	14 xx xx 1987	17 100 1980	4360 1986	A 35-501 1981
235	360 - 510	27	20	S235JR	Fe 360 B	-	13 11-00	St 37-2		E 24-2
235	360 - 510	27	20	S235JRG2	Fe 360 B FN	Fe 37 B	13 12-00	RSt 37-2	40 B	
235	360 - 510	27	0	S235JO	Fe 360 C	-		St 37-3 U	40 C	E 24-3
235	360 - 510	27	-20	S235J2G3	Fe 360 D1	Fe 37 D		St 37-3 N	40 D	E 24-4
235	360 - 510	27	-20	S235J2G4	Fe 360 D2	-		-		
275	430 - 580	27	20	S275JR	Fe 430 B	Fe 44 B	14 12-00	St 44-2	43 B	E 28-2
275	430 - 580	27	0	S275JO	Fe 430 C	-		St 44-3 U	43 C	E 28-3
275	430 - 580	27	-20	S275J2G3	Fe 430 D1	Fe 44 D	14 14-00	St 44-3 N	43 D	E 28-4
275	430 - 580	27	-20	S275J2G4	Fe 430 D2	-	14 14-01	-		
355	510 - 680	27	20	S355JR	Fe 510 B	-	(21 72-00)	-	50 B	E 36-2
355	510 - 680	27	0	S355JO	Fe 510 C	Fe 52 C		St 52-3 U	50 C	E 36-3
355	510 - 680	27	-20	S355J2G3	Fe 510 D1	Fe 52 D	(21 74-01)	St 52-3 N	50 D	
355	510 - 680	27	-20	S355J2G4	Fe 510 D2	-		-		
355	510 - 680	40	-20	S355K2G3	Fe 510 DD1	-		-		E 36-4
355	510 - 680	40	-20	S355K2G4	Fe 510 DD2	-		-		
185	290 - 510	-	-	S185	Fe 310-0	Fe 33	13 00-00	St 33		A 33
295	470 - 610	-	-	E295	Fe 490-2	Fe 50	15 50-00 15 50-01	St 50-2		A 50-2

Arvot huoneen lämpötilassa. Ainepaksuus ≤ 16 mm.

Tarkassa vertailussa on käytettävä alkuperäisiä standardeja.

2.2 Ruostumatonta teräs

Ruostumatonta terästä alettiin käyttää siltojen kuivatuslaitteissa 1970-luvun lopulla seuraavasti:

- Tippuputkissa käytetään austeniittista ruostumatonta terästä, jossa on kromia 18 % ja nikkeliä 9 %. Tyyppimerkintä on AISI 304 tai SFS 725.
- Syöksytorvissa ja pintavesikouruissa käytetään austeniittista haponkestävää terästä, jossa on kromia 18 %, nikkeliä 11 % ja molybdeenia 3 %. Seos kestää paremmin suolan vaikutusta kuin tippuputkissa käytettävä laatu. Tyyppimerkintä on AISI 316 tai SFS 757.

Haponkestävän teräksen käyttö yleistyi välitukien pilareiden suojaamisessa 1970-luvun alussa. Yleisin suojauskohde on vedenpinnan vaihtelualue, johon kohdistuu voimakas korroosio- ja kulutusrasitus.

Haponkestävää terästä on käytetty kaidepylväiden kiinnitysruuveissa 1980-luvun alusta lähtien.

2.3 Alumiini

Alumiiniseosten käyttö silloissa perustuu niiden keveyteen ja korroosionkestävyyteen. Alumiinista valmistettuja osia ei ole käytetty siltojen kantavissa rakenteissa, mutta hyväksi havaittuja käyttökohteita ovat

- sillan reunojen pituussuuntaiset salaojat (U-profiili)
- liikuntasauvojen poikittaissalaojat (U-profiili)
- sillan reunojen ja liikuntasauvojen tippulistat
- päällysrakenteen alapintaan kiinnitettävät kaapelihyllyt (kuva 3)
- raittisiltojen, portaiden ja alikulkusiltojen kaiteet
- sillan reunoihin asennettavat valaisinpylväät
- muottisiteet.

Ruiskutettavaa alumiinia voidaan käyttää pintakäsittelytoissa ruiskusinkityksen vaihtoehtona tai sen seoksena.

2.4 Kupari ja messinki

Kuparia on käytetty silloissa vahvennettaessa vedeneristystä liikuntasauvan tai siirtymälaatan kohdalla. Kuparia on käytetty myös kuivatuslaitteissa, mutta seurauksena on ollut korroosiovaurioita, kun kupari on joutunut kosketukseen teräksen kanssa. Kiintopisteitä on tehty messingistä.

Kuparimetallien hyviä ominaisuuksia ovat muokattavuus ja korroosionkestävyys.

2.5 Muut metallit

Lyijystä on tehty siltojen vedeneristystä ja laakerointirakenteita. Sinkkiä käytetään pintakäsittelytoissa kuuma- ja ruiskusinkityksessä ja maalien osa-aineina. Sinkkiä voidaan käyttää myös katodisen suojauksen uhrautuvana anodina. Katodisen suojauksen anodiverkot valmistetaan tiitaanista.

3 METALLIT

3.1 Metallien ominaisuudet

Metallien ominaisuudet poikkeavat toisistaan paljon. Taulukkoon 2 on kerätty suuruusluokkaa kuvaavia arvoja, joiden suhteen on syytä muistaa, että ominaisuudet vaihtelevat metallin puhtauden mukaan. Jos ominaisuuden on ilmoitettu vaihtelevan tietyllä välillä, kysymys on kaupallisten laatu-
jen ominaisuuksista; puhtaan metallin ominaisuus voi sijoittua raja-arvojen väliin tai ylä- tai alarajalle.

Taulukko 2. Metallien ominaisuudet.

Ominaisuus	Yksikkö	Rakenne- teräs	Ruostumaton teräs (austeniittinen)	Alumiini	Kupari	Sinkki	Lyijy
Tiheys	kg/m ³	7850	8050	2700	8930	7100	11340
Murtolujuus	N/mm ²	350—700	500—800	100—600	220-400	37	18
Sulamispiste	°C	n. 1500	1230—1280	n. 650	1083	420	327
Pituuden lämpötilakerroin	1/°C×10 ⁻⁶	12	18	24	16,8	31	29,1
Normaali lämmönjohtavuus	W/°Cm	52—63	16	n. 220	314—402	112	17—35
Kimmokerroin	kN mm ²	206	207	68	110—120	97	14—17

3.2 Teräs

3.2.1 Teräksen valmistaminen

Teräs on metalliseos, jonka pääaineosa on rauta ja jonka hiilipitoisuus on yleensä alle 2 %. Silta-rakenteissa nykyisin käytettävissä teräksissä hiilipitoisuus on alle 0,2 %. Lisäksi teräksessä on seosaineita.

Noin kaksi kolmannesta teräksen maailmantuotannosta käyttää raaka-aineena rautamalmia ja yksi kolmannes teräksestä valmistetaan teräsromusta (kuva 18).

Kun terästä valmistetaan rautamalmista, on väli-tuotteena raakarauta. Raakarauta käytetään suoraan sulana teräksen valmistukseen. Teräksen valmistusprosessissa poltetaan ylimääräinen hiili pois, ja samalla vapautuu energiaa. Liiallinen kuumeneminen estetään jäähdytysromulla.

Kun teräs valmistetaan romusta, kaikki lämpö-energia on tuotava prosessin ulkopuolelta. Romun sulatukseen käytetään valokaariuunia. Romurautaa käytettäessä voi osa panoksesta olla raakarautaa.



Kuva 18. Teräksen valmistusprosessi (Teräskirja 1983).

Lujuus-, sitkeys- ja hitsattavuusominaisuuksien säätämiseksi lisätään teräkseen pieniä määriä seosaineita, kuten alumiinia, niobia, vanadiinia tai titaania. Kupari- ja nikkelilisäykset lisäävät sitkeyttä ja korroosionkestävyyttä. Seosaineet lisätään joko teräsuuniin tai kun teräs kaadetaan uunista valusankoon. Seosaineiden merkitys teräksen ominaisuuksille on erittäin suuri.

Valussa sula teräs jäähmettyy kiinteään olomuotoon. Valu tehdään joko valamalla teräs valurautakokilleissa valanteiksi tai jatkuvavalukoneella valmiiksi valssausaihioiksi tai teelmiksi. Osa teräksestä käytetään valutuotteiden valmistukseen.

Teräksen valmistuksessa saadut valanteet ja aihiot ovat välituotteita, jotka jatkajalostetaan edelleen. Terästehtaiden tuotannosta suurin osa jatkajalostetaan edelleen muualla.

Teräsosat ja -tuotteet valmistetaan valamalla, työstämällä tai muokkaamalla (kuva 19).

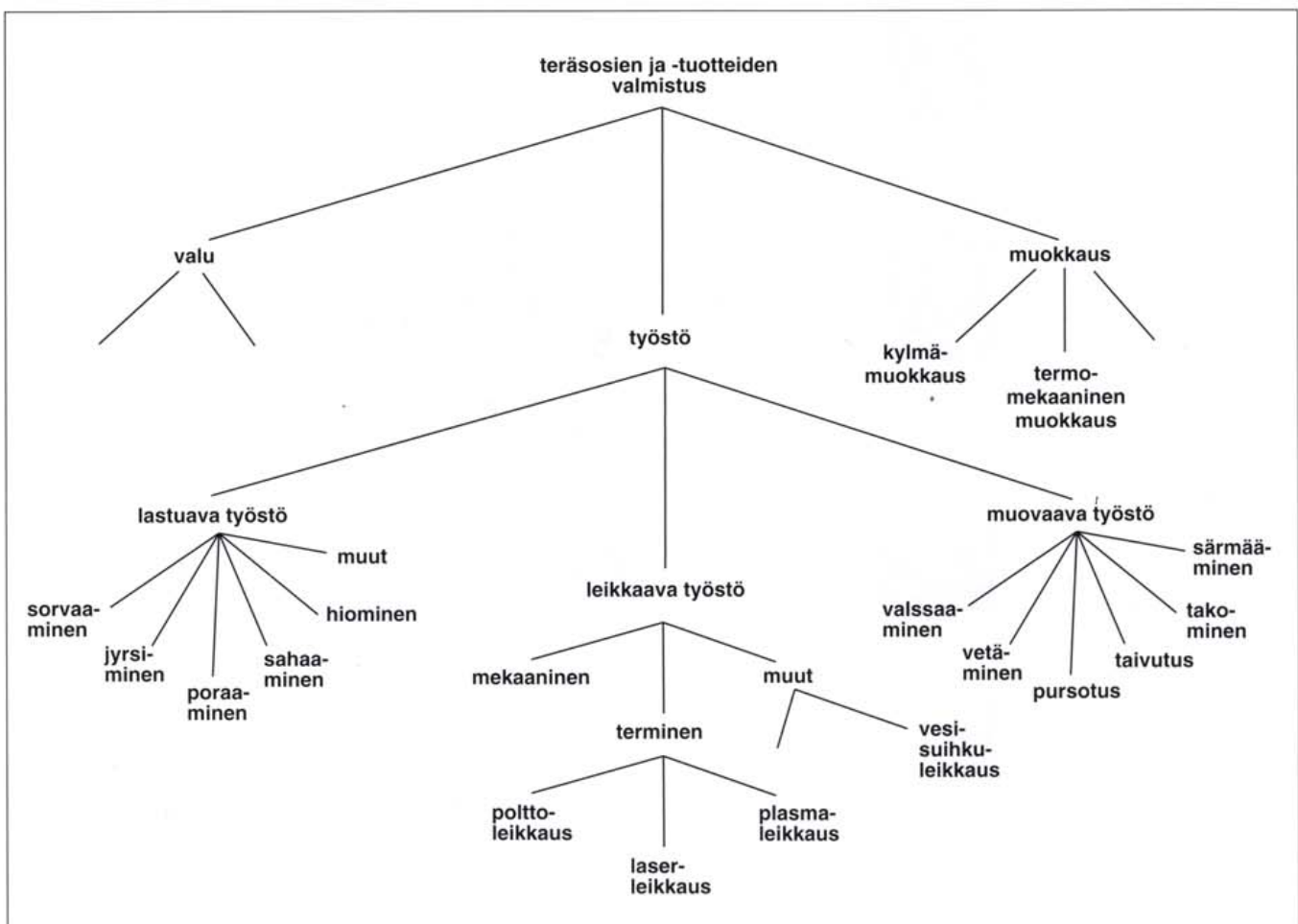
3.2.2 Teräksen muokkaus ja lämpökäsittely

Teräksen ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa erilaisilla käsittelyillä. Näitä ovat muokkaus ja lämpökäsittely.

Metallien muokkauksessa tapahtuu metallin kiderakenteen plastinen (pysyvä) muodonmuutos. Tällöin muuttuvat useimmat metallien ominaisuuksista. Ennen kaikkea metalli lujittuu. Muokkaus voidaan tehdä joko kylmämuokkauksena tai korotussa lämpötilassa.

Lämpökäsittelyillä pyritään lämpötilaa tai sen muutoksia hyväksikäyttäen vaikuttamaan metallien käyttöominaisuuksiin. Lämpökäsittelyn tavalliset tavoitteet ovat kiderakenteen muutokset ja materiaalin saattaminen tasalaatuiseksi. Jos lämpökäsittely tehdään tietyssä väliaineessa ja halutaan muuttaa rauta- tai terästuotteiden kemiallista koostumusta, puhutaan termokemiallisesta käsittelystä. Jos lämpökäsittelyyn yhdistetään mekaaninen muokkaus, puhutaan termomekaanisesta käsittelystä.

Rauta- ja terästuotteiden lämpökäsittelysanasto on esitetty standardissa SFS-EN 10052.



Kuva 19. Teräsosien valmistusmenetelmät.

3.2.3 Teräksen työstäminen

Terästen työstäminen voidaan tehdä lastuavilla tai muovaavilla menetelmillä. Nykyään myös leikkaus luetaan teräksen työstömenetelmiin.

Lastuaminen on teräksen tärkein työstömenetelmä. Lastuttaessa annetaan kappaleelle tietty muoto, mitat ja pinnanlaatu. Terästen lastuttavuus riippuu teräksen seosaineista ja mikrorakenteesta. Lastuavia työstömenetelmiä ovat sorvaaminen, jyrsiminen, poraaminen, avartaminen, höylääminen, kalvaminen, pistäminen, aventaminen, sahaaminen ja hiominen.

Muovaavia työstömenetelmiä ovat valssaaminen ja vetäminen, tankopuristus (pursotus) ja takominen. Muovauskäsittelyt parantavat teräksen ominaisuuksia. Muovatuille kappaleille tehdään erilaisia lämpökäsittelyjä, jotka vaikuttavat teräksen rakenteeseen, sitkeyteen ja lujuuteen. Lämpökäsittelyt voidaan tehdä työvaiheiden välillä tai valmiin tuotteen loppukäsittelynä.

Muovaus, samoin kuin muokkauskin, perustuu metallien plastisuuteen eli mahdollisuuteen saada ulkoisten voimien avulla aikaan pysyviä muodon-

muutoksia. Muovausta ja muokkausta ei voida jyrkästi erottaa toisistaan. Muovauksen päätarkoitus on antaa tuotteelle tietty muoto, mutta kylmämuovauksessa tapahtuu kuitenkin samalla myös muokkauslujittumista. Jos muovauksen lujittava vaikutus halutaan poistaa, kuumennetaan aine uudelleen kiteytymislämpötilan yläpuolelle.

Leikkaus voidaan tehdä termisenä leikkauksena (polttoleikkauksena, plasmaleikkauksena tai laserleikkauksena) tai mekaanisesti. Mekaanista leikkausta voidaan käyttää noin 10 mm:n levypaksuuteen saakka. Polttoleikkaus on siltarakenteissa yleisin.

Polttoleikkauksessa leikattava metalli kuumennetaan paikallisesti syttymislämpötilaansa ja poltetaan suuntaamalla siihen happisuihku. Eräs suurimmista polttoleikkauksen eduista mekaaniin ja muihin termisiin leikkausmenetelmiin verrattuna on se, että sillä pystytään leikkaamaan erittäin suuria ainepaksuuksia, paksuus voi olla jopa 150 mm.

Leikkaus suurpaineisella vesisuihkulla on myös mahdollista.