

SFS-EN 1011-3:2018

Hitsaus. Metallisten materiaalien hitaussuositukset. Osa 3: Ruostumattomien terästen kaarihitsaus

Welding. Recommendations for
welding of metallic materials.
Part 3: Arc welding of stainless steels

Vahvistettu 2018-12-21

1 (51)

2. painos

Korvaa standardien SFS-EN 1011-3/A1:en:2004 painoksen 1 ja SFS-EN 1011-3:2001 painoksen 1

2nd edition

Replaces standards SFS-EN 1011-3/A1:en:2004 edition 1 and SFS-EN 1011-3:2001 edition 1

Ristiriitatapauksissa pätee englanninkielinen teksti.
Suomenkielisen käännöksen päivämäärä 2019-10-18

In case of interpretation disputes the English text applies.
Date of translation into Finnish 2019-10-18

Hitsaus. Metallisten materiaalien hitsaussuositukset.

Osa 3: Ruostumattomien terästen kaarihitsaus

Welding. Recommendations for welding of metallic materials. Part 3: Arc welding of stainless steels

Tämä standardi sisältää eurooppalaisen standardin EN 1011-3:2018 "Welding. Recommendations for welding of metallic materials. Part 3: Arc welding of stainless steels" englanninkielisen tekstin.

This standard consists of the English text of the European Standard EN 1011-3:2018 "Welding. Recommendations for welding of metallic materials. Part 3: Arc welding of stainless steels".

Standardi sisältää myös englanninkielisen tekstin suomenkielisen käännöksen.

The Standard also contains a Finnish translation of the English text.

Eurooppalainen standardi EN 1011-3:2018 on vahvistettu suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi.

The European Standard EN 1011-3:2018 has the status of a Finnish national standard.

Standardista vastaava toimialayhteisö:

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry

Standards writing body responsible for the standard:

Mechanical Engineering and Metals Industry Standardization in Finland

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Malminkatu 34, PL 130, 00101 Helsinki
p. 09 149 9331, www.sfs.fi, sales@sfs.fi

Finnish Standards Association SFS

P.O. Box 130, FI-00101 Helsinki, (Malminkatu 34)
Tel. +358 9 149 9331, www.sfs.fi, sales@sfs.fi

Monta tapaa tilata

Pysy ajan tasalla

Standardien seurantapalvelu on helppo tapa pysyä ajan tasalla toimialaasi liittyvistä standardeista. Lue lisää www.sfs.fi/tietopalvelu.

Haluatko tietoa uusista julkaisuista sähköpostilla?

Tilaa sähköinen uutiskirje haluamastasi aiheesta www.sfs.fi/uutiskirjetilaus.

Asiakaspalvelu auttaa

SFS:n asiakaspalvelusta voit tilata kaikki tarvitsemasi julkaisut.

Ota yhteyttä sales@sfs.fi tai p. 09 1499 3353.

SFS-kauppa

Verkkokaupassa voit tarkistaa julkaisujen ajantasaiset tiedot. Voit myös ladata useimmat standardit omalle koneellesi saman tien ja tilata uusia julkaisuja.

Astu sisään osoitteessa sales.sfs.fi.

SFS Online

SFS Online -palvelussa oma standardikokoelmanne on aina ajan tasalla internetissä.

Kiinnostuitko? Kysy lisää SFS:n asiakaspalvelusta sales@sfs.fi.

 [facebook.com/SFSedu](https://www.facebook.com/SFSedu)

 [@standardeista](https://twitter.com/standardeista)

 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

SFS-EN 1011-3:2018

Aihealueuokitus: SFS/ICS 25.160.10

Julkaistu: SFS 2019-11

Copyright © SFS. Osittainenkin julkaiseminen tai kopiointi sallittu vain SFS:n luvalla.

Tätä julkaisua myy Suomen Standardisoimisliitto SFS

© CEN 2018 – All rights reserved

© SFS 2019 for the translation

SFS-EN 1011-3:2018

EUROOPPALAINEN STANDARDI
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1011-3

December 2018

ICS 25.160.10

Supersedes EN 1011-3:2000

English Version

Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 3: Arc welding of stainless steels

Soudage - Recommandations pour le soudage
des matériaux métalliques - Partie 3:
Soudage à l'arc des aciers inoxydables

Schweißen - Empfehlungen zum Schweißen
metallischer Werkstoffe - Teil 3: Lichtbogenschweißen
von nichtrostenden Stählen

This European Standard was approved by CEN on 17 September 2018.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2018 CEN

All rights of exploitation in any form and by any means reserved
worldwide for CEN national Members

Ref. No. EN 1011-3:2018: E

Sisällys

Sivu

Eurooppalainen esipuhe	3
Johdanto	4
1 Soveltamisala	5
2 Velvoittavat viittaukset	5
3 Termit ja määritelmät	5
4 Perusaine	5
5 Perusaineiden varastointi ja käsittely	6
6 Hitsausaineet	6
7 Valmistus	6
7.1 Yleistä.....	6
7.2 Hitsaustiedot.....	7
7.3 Juurituet ja juurensuojaus.....	7
8 Laatuvaatimukset hitseille	7
9 Muodonmuutokset	8
10 Hitsien puhdistus	8
Liite A (opastava) Austeniittisten ruostumattomien terästen hitsaus	10
Liite B (opastava) Ferriittisten ruostumattomien terästen hitsaus	15
Liite C (opastava) Austeniittis-ferriittisten ruostumattomien terästen hitsaus	18
Liite D (opastava) Martensiittisten ja martensiittis-austeniittisten ruostumattomien terästen hitsaus	22
Kirjallisuus	25

Eurooppalainen esipuhe [\(EN\)](#)

Tämän asiakirjan (EN 1011-3:2018) on laatinut CENin tekninen komitea CEN/TC 121 "Welding and allied processes", jonka sihteeristönä toimii DIN.

Tälle eurooppalaiselle standardille on annettava kansallisen standardin asema joko julkaisemalla standardin kanssa yhtäpitävä teksti tai vahvistamalla tämä standardi kansalliseksi standardiksi viimeistään kesäkuun 2019 loppuun mennessä. Lisäksi tämän standardin kanssa ristiriitaiset kansalliset standardit on kumottava viimeistään kesäkuun 2019 loppuun mennessä.

On huomattava, että jotkin tämän asiakirjan yksityiskohdat saattavat olla patenttioikeuksien suojattuja. CEN ei vastaa tällaisten patenttioikeuksien yksilöimisestä.

Tämä asiakirja korvaa standardin EN 1011-3:2000.

Standardiin EN 1011 kuuluvat seuraavat osat, joiden yhteinen otsikko on *Hitsaus. Metallisten materiaalien hitsaussuosituksat*:

- *Osa 1: Yleisohjeet kaarihitsaukselle*
- *Osa 2: Ferriittisten terästen kaarihitsaus*
- *Osa 3: Ruostumattomien terästen kaarihitsaus*
- *Osa 4: Alumiinin ja alumiiniseosten kaarihitsaus*
- *Osa 5: Päälystettyjen terästen hitsaus*
- *Osa 6: Laserhitsaus*
- *Osa 7: Elektronisuihkuhitsaus*
- *Osa 8: Valurautojen hitsaus.*

CENin ja CENELECin sääntöjen mukaan seuraavien maiden standardisoimisjärjestöt ovat velvollisia vahvistamaan tämän eurooppalaisen standardin: Alankomaat, Belgia, Bulgaria, Espanja, Irlanti, Islanti, Iso-Britannia, Italia, Itävalta, Kreikka, Kroatia, Kypros, Latvia, Liettua, Luxemburg, Makedonia, Malta, Norja, Portugali, Puola, Ranska, Romania, Ruotsi, Saksa, Serbia, Slovakia, Slovenia, Suomi, Sveitsi, Tanska, Tšekki, Turkki, Unkari ja Viro.

Johdanto (EN)

Tässä eurooppalaisessa standardissa on useita liitteitä, jotka käsittelevät eri terästyyppejä, joita valmistetaan eurooppalaisten ruostumattomien terässtandardien mukaan.

Kun tähän standardiin viitataan sopimustarkoituksessa, niin tilaavan viranomaisen tai sopimusosapuolen pitäisi määrittää vaatimukset yhdenmukaisuudelle tämän standardin ja asianmukaisten liitteiden kanssa.

Tämä standardi antaa yleiset ohjeet hyvälle tuotannolle ja hitsausten valvonnalle. Standardi luettelee myös mahdollisia haitallisia ilmiöitä, joita voi esiintyä hitsauksessa, ja antaa ohjeita niiden välttämiseksi. Se soveltuu yleensä kaikille ruostumattomille teräksille tuotteesta riippumatta, vaikka asiaankuuluva sovellusstandardi voi sisältää lisävaatimuksia. Hitsien sallitut suunnittelujännitykset, tarkastusmenetelmät ja hyväksymisrajat eivät sisälly tähän standardiin, koska niihin vaikuttavat tuotteen käyttöolosuhteet. Nämä yksityiskohdat saadaan suunnittelumäärittelyistä.

Tämä asiakirja sisältää lisäohjeita ruostumattomien terästen sulahitsausta varten ja ne pitäisi lukea yhdessä standardin EN 1011-1 suositusten kanssa.

1 Soveltamisala (EN)

Tämä asiakirja antaa yleiset suositukset ruostumattomien terästen sulahitsaukseen. Standardin [liitteet A...D](#) antavat lisätietoja koskien austeniittisia, austeniittis-ferriittisiä, ferriittisiä ja martensiittisiä ruostumattomia teräksiä.

2 Velvoittavat viittaukset (EN)

Osa tämän asiakirjan vaatimuksista esitetään muissa asiakirjoissa, joihin viitataan tekstissä. Viittaus voi koskea asiakirjan koko sisältöä tai sen osaa. Jos viittaus on päivätty, tätä asiakirjaa koskee vain siinä mainittu painos. Jos viittaus on päiväämätön, sovelletaan sen viimeisintä painosta sekä muutoksia.

EN ISO 5817¹⁾, *Welding - Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections (ISO 5817:2014)*

EN ISO 14175²⁾, *Welding consumables - Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes (ISO 14175:2008)*

CEN ISO/TR 15608³⁾, *Welding — Guidelines for a metallic materials grouping system (ISO/TR 15608)*

EN ISO 15609-1⁴⁾, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 1: Arc welding (ISO 15609-1:2019)*

3 Termit ja määritelmät (EN)

Tässä asiakirjassa käytetään seuraavia termejä ja määritelmiä.

ISO ja IEC ylläpitävät standardisoinnissa käytettäviä termitietokantoja seuraavissa osoitteissa:

- IEC Electropedia osoitteessa <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform osoitteessa <http://www.iso.org/obp>

3.1

passiivikalvo

ohut, läpinäkyvä ja lujasti kiinnipysyvä kalvo ruostumattoman teräksen pinnalla, joka suojaa terästä korroosiohyökkäyksiltä.

3.2

stabiloitu/stabiloimaton

stabiloidut teräkset sisältävät vahvoja karbidia/nitridiä muodostavia elementtejä (yleensä titaani tai niobi), jotka rajoittavat kromin karbidien/nitridien muodostumista, antaen ruostumattoman teräksen korroosiokestävyyden säilyä, etenkin raerajoilla

-
- 1) Vastaava suomenkielisenä julkaistu SFS standardi: SFS-EN ISO 5817 Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat.
 - 2) Vastaava suomenkielisenä julkaistu SFS standardi: SFS-EN ISO 14175 Hitsausaineet. Kaasut ja kaasuseokset sulahitsaukseen ja lähiprosesseille.
 - 3) Vastaava suomenkielisenä julkaistu SFS julkaisu: CEN ISO/TR 15608:2017:fi Hitsaus. Metallisten materiaalien ryhmittely.
 - 4) Vastaava suomenkielisenä julkaistu SFS standardi: SFS-EN ISO 15609-1:2019 Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Osa 1: Kaarihitsaus.

3.3

ferritiiluku

numero, joka perustuu ferromagneettisen faasin magneettisen vetovoimaan ja siten tämän faasin (ferritiin) pitoisuuteen, ja joka vastaa suurin piirtein ferritiipitoisuutta (deltaferritti) pitoisuuksilla 0...10 %, mutta on oleellisesti helpommin mitattavissa

3.4

sulava juurituki

lisäainepala, joka on valmistettu sen muotoiseksi, että se sopii asetettavaksi juuritueksi railoon, ja se sulaa hitsauksessa ja tulee osaksi liitosta

4 Perusaine [\(EN\)](#)

Tämä asiakirja soveltuu teknisen raportin CEN ISO/TR 15608 mukaisille ruostumattomien terästen perusaineryhmille 8...10, jotka käsittelevät austeniittisia, ferritiittisiä, austeniittis-ferritiittisiä ja martensiittisiä ruostumattomia teräksiä.

5 Perusaineiden varastointi ja käsittely [\(EN\)](#)

Ruostumattoman teräksen varastoinnin, käsittelyn ja valmistuksen aikana huolehditaan siitä, ettei teräksen pinnalla oleva pysyvä passiivikalvo vaurioidu, koska se antaa ruostumattomalle teräkselle sen hyvän korroosionkestävyyden. Ruostumattomat teräkset suojataan pinnan vaurioitumiselta ja likaantumiselta kaikissa vaiheissa varastoinnin, valmistuksen ja kuljetuksen aikana.

Ruostumattoman teräksen kosketusta muiden materiaalien kanssa (esim. seostamaton teräs ja kupari sekä maalit ja teipit), jotka vahingoittavat passiivikalvoa tai aiheuttavat muuta vahinkoa, pitäisi välttää. Jos kosketusta ei voida välttää, niin kaikki jäänteet poistetaan huolellisesti ruostumattoman teräksen pinnalta.

Varastohyllyjen on oltava tukevia ja suojattava sopivalla materiaalilla, joka ei aiheuta vahinkoa ruostumattoman teräksen pinnalle, esim. kuiva puu, muovi tai ruostumaton teräs. Suojaamatonta tai maalattua terästä ei saa käyttää. Nostotarraimet tehdään sopivasta materiaalista tai ne suojataan sopivalla materiaalilla.

Hitsauskiinnittimet, maadoittimet ja käsittelylaitteet valmistetaan joko sopivasta materiaalista tai suojataan sopivalla materiaalilla.

6 Hitsausaineet [\(EN\)](#)

Hitsauslisäaineet valitaan perusaineen ja käyttökohteen mukaan ja niiden on oltava yhdenmukaisia asiaankuuluvien standardien kanssa.

Kun käytetään sulavia juuritukia, niin niiden koostumuksen on oltava yhteensopiva lisä- ja perusaineiden koostumuksen kanssa.

7 Valmistus [\(EN\)](#)

7.1 Yleistä [\(EN\)](#)

Ruostumattoman teräksen valmistukseen käytettävät tuotantotilat erotetaan muista tuotantotiloista. Ruostumaton teräs pidetään erillään haitallista materiaaleista, kuten lyijystä, sinkistä, kuparista, seostamattomasta teräksestä jne.

Muovaavat työkalut puhdistetaan haitallisista aineista ennen käyttöä. Voiteluaineet yms. puhdistetaan huolellisesti työn jälkeen työkappaleiden pinnoilta.

Ruostumattomalle teräkselle saadaan käyttää vain sellaisia työkaluja, jotka on tarkoitettu sille.

Tämä koskee erityisesti hiomalaikkoja ja teräsharjoja. Hitsaus aiheuttaa vaikutusalueellaan teräksen pinnan hapettumista. Tämä hapettumakerros sekä puikko-, täytelanka- ja jauhekaarihitsauksen jättämät kuonajäänteet poistetaan, jos hitsit ovat alttiina korroosiota aiheuttavalle ympäristölle, tai muista syistä (ks. [kohta 10](#)).

Kun valmistetaan railoja, niin railopinnat puhdistetaan termisten leikkausmenetelmien käytön jäljiltä, koska pinnat voivat hapettua, kareta ja muuten likaantua. Levyjen mekaanisessa leikkauksessa voi syntyä säröjä, jotka voivat vaatia poistamista ennen hitsausta.

Jos leikatut reunat eivät ole railopintoja, niin varmistetaan huolellisesti, ettei mekaaninen tai terminen leikkaus vaikuta haitallisesti rakenteen kestävyYTEEN.

Osien merkinnöissä vältetään käyttämästä kovia leimasimia. Jos niitä on kuitenkin käytettävä, niin otetaan huomioon, että ne voivat aiheuttaa vaaraa voimakkaasti kuormitetuissa tai korroosiolle alttiina olevissa kohdissa. Sellaisten merkintöjen paikoista on annettava tiedot. Radiografisessa tarkastuksessa otetaan vastaavasti huomioon myös käytettävät merkinnät.

Sellaisia hitsejä, jotka pitää tarkastaa ja hyväksyä, ei saa maalata tai muuten käsitellä ennen näitä toimenpiteitä.

7.2 Hitsaustiedot (EN)

Hitsausta koskevat yksityiskohtaiset tiedot annetaan standardin EN ISO 15609-1 mukaisessa asiaankuuluvassa hitsausohjeessa (WPS).

Eri ruostumattomien terästyypin hitsattavuuteen liittyviä tietoja annetaan [liitteissä A...D](#).

Hyväksymisrajat sovitusrakenteille annetaan standardissa EN ISO 5817. Tietyissä kohteissa (esim. putkistojen hitsauksissa) voi olla tarpeen käyttää tiukempia toleransseja.

Jos käytetään aloitus- ja lopetuspalloja, niin ne valmistetaan ruostumattomasta teräksestä, joka on yhteensopiva perusaineen kanssa ja jonka paksuus sekä railomuoto ovat samanlaiset kuin hitsattavassa liitoksessa.

Aloitus- ja lopetuspallojen irrotus tehdään menetelmällä, joka ei vaikuta haitallisesti perusaineen ja hitsin ominaisuuksiin. Tarkastuksella olisi varmistettava, että perusaineessa ja hitsissä ei ole hyväksymisrajan ylittäviä virheitä.

Jos hitsaus tehdään ainoastaan yhdeltä puolelta, niin voi olla tarpeen suojata juurenpuoli hapettumiselta, jotta korroosionkestävyys säilyy hyvänä. Näissä tapauksissa pohjapalkko tehdään yleensä TIG- tai plasmahitsauksella.

7.3 Juuritet ja juurensuojaus (EN)

Pysyvän juuritetun materiaalin pitää olla yhteensopiva perusaineen kanssa. Juuritukea ei pitäisi käyttää sellaisissa kohteissa, joissa on vaara rakokorroosiosta.

Kun itse rakenne ei toimi juuren tukena, kiinteän juuritetun materiaali on määriteltävä rakennesuunnitelmassa.

Kun käytetään kuparista poistettavaa juuritukea, niin tankoon tehdään ura hitsin kohdalle. Hitsauksessa varotaan, ettei kupari sula ja sekoitu hitsisulaan. Tätä voidaan estää myös pinnoittamalla kupari nikkelillä tai kromilla. Kuparin pitäisi olla vesijähdytetty, mikäli hitsauksen lämmöntuonti on korkea.

Juuritetun materiaalin pitää olla puhdas rasvasta, kosteudesta, oksideista yms.

Kun käytetään kiinteää tai poistettavaa juuritukea, on liitosten oltava sellaisia, että liitettävien osien särmit pystytään sulattamaan helposti.

Jos on tarpeen estää juuren puolen hapettuminen, niin juuren suojaus järjestetään sopivalla tavalla, esim. juurikaasulla. Juuren puolelle tuodaan standardin EN ISO 14175 mukaista riittävän puhdasta kaasua tai kaasuseosta, joka on yhteensopiva perusaineen ja hitsiaineen kanssa. Tämän tarkoituksena on estää kuumen metallipinnan hapettuminen, mikä voi aiheuttaa hitsausvirheitä ja/tai korroosionkestävyyden huononemista.

Kun käytetään juurikaasua, niin huuhteluajan olisi oltava riittävän pitkä ennen hitsausta, jotta saavutettava hapettumisen taso (päästövärit) alittaa suunnitteluvaatimukset. Huuhtelu-aika riippuu kaasun virtausmäärästä ja huuhteluvälikäytännöstä sekä juurikaasun tiheydestä ja kaasun tuontitavasta.

Kun happipitoisuudelle on määritetty enimmäisarvo, niin se on mitattava ulos tulevasta kaasusta. Ohjeena esitetään tilavuus huuhdeltavaksi kymmenkertaisella kaasumäärällä.

Juurikaasua olisi ylläpidettävä riittävän kauan hitsauksen jälkeen, jotta hyväksyttävä juuren puolen hapettumistaso saavutettaisiin.

8 Laatuvaatimukset hitseille [\(EN\)](#)

Hitseissä ei saa olla virheitä, jotka vaikuttavat heikentävästi rakenteen toimintakykyyn. Hyväksymisrajojen on oltava tuotestandardin mukaiset. Jos sellaista ei ole, niin hyväksymisrajojen pitää perustua standardiin EN ISO 5817.

Ruostumattomilla teräksillä voi olla lisäksi erityisiä laatuvaatimuksia esim. ulkonäölle ja korroosionkestävyydelle. Ne määritetään sopimuksessa.

9 Muodonmuutokset [\(EN\)](#)

Hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset syntyvät epätasaisesta laajenemisesta ja kutistumisesta hitseissä ja niiden ympäristössä. Austeniittisessa ruostumattomassa teräksessä nämä ovat suurempia kuin seostamattomassa teräksessä, koska austeniittisen teräksen lämpölaajenemiskerroin on suurempi ja lämmönjohtavuus pienempi.

Muodonmuutoksia voidaan vähentää käytännössä monella eri tavalla:

- railotilavuudet mahdollisimman pieniä
- hitsaus molemmilta puolilta
- pieni lämmöntuonti
- palkojen määrä mahdollisimman pieni
- taka-askelhitsaus
- osien esitaivutus
- kiinnittimien käyttö
- siltahitsien käyttö
- jäähdytyskappaleiden käyttö.

Kun näitä tapoja käytetään, huolehditaan siitä, etteivät ne vaikuta haitallisesti hitsien ja rakenteen ominaisuuksiin.

10 Hitsien puhdistus [\(EN\)](#)

Ruostumattoman teräksen hitsien korroosionkestävyyteen vaikuttaa ratkaisevasti teräspinnan kunto. Hitsien puhdistusten tarve riippuu hitsien laatuvaatimuksista ja ne tehdään siten, kuin ne on määritetty suunnitteluohjeissa.

Jälkipuhdistus voidaan tehdä esimerkiksi jollakin alla mainitulla tavalla tai niitä yhdistelemällä:

- **Harjaus:** Teräsharjojen pitää olla ruostumattoman teräksen harjaukseen tarkoitettuja ja niiden harjasten pitää olla ruostumatonta terästä tms. sopivaa materiaalia. Harjausta ei voi yleisesti ottaen käyttää tiukasti kiinnittyneeseen epäpuhtauteen. Koneharjaa käytetään varovaisesti, koska se voi muokata teräspintaa ja heikentää korroosionkestävyyttä. Harjauksen jälkeen voi olla tarpeen tehdä peittauskäsittely.
- **Raepuhallus:** Raepuhallusta käytetään irrottamaan pintaan kiinnittyneitä epäpuhtauksia ja tuottamaan puristusjännityksiä pintaan. Suositeltavia puhallusaineita ovat lasikuulat ja ruostumaton teräs. Puhallusaineet eivät saa sisältää rautaa ja seostamattomia teräksiä.

- **Hionta:** Olisi käytettävä erityisiä raudattomia ja kloorittomia hiomalaikkoja ja -nauhoja. Hiominen tehdään varovaisesti, jotta pinta ei kuumene, vaurioidu eikä kappale ohene liikaa. Hiontaa käytetään pinnan hapettumien poistamiseen ja hitsikupujen jouhevaan muotoiluun perusaineen kanssa.
- **Peittaus:** Peittauksen tarkoituksena on poistaa kemiallisen reaktion avulla hitsauksessa teräksen pinnalle syntynyt hilse ja sen alla oleva kromiköyhä vyöhyke. Peittausaineet sisältävät erilaisia happoja. Koostumus riippuu teräksen koostumuksesta, peittauslämpötilasta ja -ajasta. Peittausjätteet huuhdellaan huolellisesti pois, koska ne syövyttävät teräspintaa. Peittauksen jälkeen on tarpeellista tehdä passivointi passiivikerroksen luomiseksi.
- **Elektrolyyttinen kiillotus:** Elektrolyyttistä kiillotusta käytetään yleensä stabiloimattomille ruostumattomille teräksille. Se antaa hyvin hienon pinnanäljen ja parhaan korroosionkestävyyden.

Paras mahdollinen korroosionkestävyys saavutetaan käyttämällä peittausta tai elektrolyyttistä kiillotusta sekä sitä seuraavaa luonnollista passivoitumista tai erillistä passivointikäsitelyä.

Liite A (opastava) Austenittisten ruostumattomien terästen hitsaus [\(EN\)](#)

A.1 Yleistä [\(EN\)](#)

A.1.1 Kemiallinen koostumus [\(EN\)](#)

Austenittisten ruostumattomien terästen kemialliset koostumukset esitetään standardissa EN 10088-1. Nämä teräkset sisältävät yleensä vähintään 16,5 % kromia, minkä lisäksi niissä on riittävästi nikkeliä ja/tai mangaania, hiiltä ja typpeä austeniittisen mikrorakenteen aikaansaamiseksi. Ne voivat sisältää lisäksi vielä muita seosaineita, kuten molybdeeniä, typpeä, titaania, niobia, kuparia, piitä tai rikkiä, jotka parantavat erilaisia ominaisuuksia teräksessä, esim. korroosionkestävyyttä, hilseilynkestävyyttä tai koneistettavuutta.

A.1.2 Mikrorakenne [\(EN\)](#)

Austenittisten ruostumattomien terästen mikrorakenne määräytyy ferriittiä ja austeniittia suosivien seosaineiden määrien perusteella. Ferriittiä suosivia seosaineita ovat kromi, molybdeeni ja pii sekä austeniittia suosivia seosaineita nikkeli, mangaani, hiili ja typpi. Hitsiaineen mikrorakenne voidaan ennustaa näiden seosaineiden määrien perusteella käyttäen apuna erilaisia ferriittidiagrammeja, esim. Schaeffler-, DeLong-, WRC- ja ESPY-diagrammi.

Austenittisissa ruostumattomissa teräksissä mikrorakenne on austeniittinen, jossa voi olla lisäksi pieni määrä deltaferriittiä. Ferriittipitoisuus kasvaa, jos hitsauksessa ei käytetä lisäainetta. Täysin austeniittiset teräkset eivät sisällä ferriittiä edes hitsauksenkaan jäljiltä.

Austenittiset ruostumattomat teräkset toimitetaan yleensä liuotushehkutetussa tilassa, mikä käsittää liuotushehkutuksen lämpötilassa noin 1 050 °C ja sitä seuraavan nopean jäähtymisen huoneenlämpötilaan. Hehkutus pehmentää teräksen. Ferriittipitoisuus on hehkutuksen tuloksena mahdollisimman pieni. Teräkset, joihin muodostuu pieni määrä ferriittiä hitsauksessa, eivät yleensä sisällä ferriittiä liuotushehkutetussa tilassa.

A.1.3 Austeniittisten ruostumattomien terästen ryhmittely [\(EN\)](#)

A.1.3.1 Austeniittiset ruostumattomat vakioteräkset [\(EN\)](#)

Useimmat austeniittiset ruostumattomat vakioteräkset eivät ole täysin austeniittisia, vaan voivat sisältää pienen määrän ferriittiä hitsauksen tuloksena, vaikka hitsaus tehdään ilman lisäainetta. Teräksiä kutsutaan austeniittisiksi teräksiksi, vaikka ne sisältävätkin hiukan ferriittiä. Tällaisia teräksiä ovat standardissa EN 10088-1 esim. 1.4301, 1.4401 ja 1.4436.

Vakioterästen hiilipitoisuus on yleensä vähemmän kuin 0,06 %.

Kromikarbidien syntymisen estämiseksi hitsauksessa monista teräksistä on myös erittäin matalahiiliset laadut, joissa hiilipitoisuus on alle 0,03 %, esim. 1.4307, 1.4404 ja 1.4432. Tämä parantaa raerajakorroosionkestävyyttä.

Vastaava raerajakorroosionkestävyys voidaan saavuttaa myös titaani- tai niobi/tantaaliseostuksella. Karbidinmuodostajina nämä seosaineet estävät kromikarbidien muodostumisen hitsauksessa. Näitä teräksiä kutsutaan stabiloiduiksi teräksiksi, esim. 1.4541, 1.4550 ja 1.4571.

A.1.3.2 Täysin austeniittiset ruostumattomat teräkset [\(EN\)](#)

Näiden terästen kemiallinen koostumus on sellainen, että niiden mikrorakenne on täysin austeniittinen kaikissa tilanteissa. Tällainen teräs on esim. EN 10088-1 1.4335. Näillä teräksillä on monia erityisominaisuuksia verrattuna vakioteräksiin, esim. erittäin matala magneettinen permeabilitetti

(ei-magneettisuus), erittäin hyvä korroosionkestävyys, hyvä virumisen ja hilseilynkestävyys. Sitkeys matalissa lämpötiloissa on erittäin hyvä ja näitä teräksiä voidaan käyttää erittäin kylmissä sovelluskohteissa.

Kuumahalkeiluvaara (jäähettymishalkeilu) täysin austeniittisten terästen hitsauksessa on suurempi kuin vakioterästen hitsauksessa.

Täysin austeniittisten ruostumattomien terästen ryhmään kuuluvat myös erittäin korroosionkestävät superausteniittiset teräkset. Näissä teräksissä on yleensä normaalia korkeampi kromipitoisuus. Seosaineina on myös molybdeeniä ja tyypeä, jotka parantavat piste- ja rakokorroosionkestävyyttä sekä kuparia, joka parantaa kestävyyttä happoja vastaan. Nikkelipitoisuus pitää olla vastaavasti korkeampi, jotta täysin austeniittinen mikrorakenne säilyisi teräksessä. Teräksillä on erittäin hyvä korroosionkestävyys ja hitsaus edellyttää erityistä huolellisuutta, jotta teräkset säilyttävät korroosionkestävyytensä. Tällaisia teräksiä ovat esim. EN 10088-1 mukaiset teräkset 1.4539 ja 1.4547.

A.1.3.3 Muita austeniittisiä ruostumattomia teräksiä, joilla on erityisominaisuuksia (EN)

Lisäksi on muita austeniittisiä ruostumattomia teräksiä, joiden kemiallinen koostumus on sellainen, että niillä on vielä tiettyjä erityisominaisuuksia. Kemiallisen koostumuksen mukaan teräkset kuuluvat jompaan kumpaan yllä mainittuun ryhmään (A1.3.1 ja A1.3.2) ja ne pitäisi hitsata vastaavalla tavalla.

- Typiseosteiset austeniittiset teräkset, joilla on korkea lujuus. Näissä teräksissä on seosaineena tyypeä, aina 0,45 % saakka, mikä nostaa teräksen lujuutta (0,2-rajaa). Typiseostusta voidaan käyttää sekä normaali- että matalahiilisissä laaduissa. Typpi on austeniittia suosiva seosaine, mikä voi pienentää ferriittipitoisuutta hitsauksessa.
- Tulenkestävät austeniittiset teräkset. Korkeissa lämpötiloissa käytettäviin teräksiin voidaan seostaa normaalia enemmän kromia ja/tai piitä, mikä parantaa teräksen hilseilynkestävyyttä. Seosaineina voidaan käyttää myös molybdeeniä, tyypeä, alumiinia, hiiltä, harvinaisia maametalleja, titaania ja/tai niobia parantamaan korkealämpötilaominaisuuksia.
- Hyvin koneistettavat austeniittiset teräkset. Nämä hyvin koneistettavat teräkset sisältävät seosaineena rikkiä, aina 0,35 % saakka, ja/tai seosaineita kuten kalsium tai seleeni, ja sen vuoksi niillä on yleisesti ottaen huonompi hitsattavuus ja korroosionkestävyys.

A.2 Hitsattavuus (EN)

A.2.1 Hitsaus (EN)

Kaikki standardin EN 1011-1 mukaiset hitsausprosessit soveltuvat austeniittisten ruostumattomien terästen hitsaukseen.

Lämmöntuonnin pitäisi olla matala, mikä pienentää muodonmuutoksia, kuumahalkeilua, herkistymistä (raerajakorroosiovaaraa) ja metallien välisten yhdisteiden erkautumista.

Esikuumennusta pitäisi välttää, koska se lisää myös lämmöntuontia, josta voi olla seurauksena edellä kuvattuja asioita.

Railomuodot ovat samanlaisia kuin seostamattoman teräksen hitsauksessa, vaikkakin käytettävät railokulmat ja ilmaraot voivat olla erilaisia, esim. typiseosteiset teräkset saattavat edellyttää avarampia railoja.

Ohutlevyjä voi olla mahdollista hitsata myös ilman lisäainetta pelkästään sulattamalla railon reunat.

A.2.2 Hitsausaineet (EN)

Hitsausaineet valitaan valmistajan/toimittajan suositusten mukaisesti.

Hitsauslisäaineet pitäisi valita yhdenmukaisesti standardien EN ISO 3581, EN ISO 14343, EN ISO 14174 tai EN ISO 17633 kanssa, jos niin vaaditaan.

Austeniittisten ruostumattomien vakioterästen lisäaineiden kemiallinen koostumus on yleensä sellainen, että se antaa ferriittipitoisuuden 3...15 FN hitsiaineeseen kuumahalkeilun estämiseksi.

Schaeffler-, DeLong-, WRC- tai ESPY-diagrammeja voidaan käyttää lisäaineen tuottaman hitsiaineen ferriittipitoisuuden määrittämiseksi, kun otetaan huomioon myös sekoittumisen vaikutus.

Täysin austeniittiset teräkset eivät ole magneettisia. Hitsiaineessa oleva ferriitti antaa hieman magneettisuutta hitsiaineeseen, mitä voidaan käyttää hyväksi ferriittipitoisuuden mittauksessa hitsistä.

Lisäaineen kemiallinen koostumus on yleensä hieman yliseostettu verrattuna perusaineeseen korroosionkestävyyden varmistamiseksi. Yliseostus kompensoi palohäviöiden, suotautumisen, sulkeumien ja pintavirheiden vaikutukset hitsiaineessa.

Täysin austeniittisten terästen lisäaineet ovat koostumukseltaan yleensä hieman yliseostettuja teräkseen verrattuna. Hitsiaineet ovat myös täysin austeniittisiä ilman ferriittiä, minkä takia ne ovat herkkiä kuumahalkeilulle. [Kohdassa A.3.1](#) on annettu erilaisia toimenpiteitä, joilla voidaan estää kuumahalkeamien syntymistä. Lisäaineissa voi olla myös korotettu mangaanipitoisuus, mikä pienentää myös kuumahalkeilua hitsiaineessa.

Eräille hyvin seostetuille erikoisteräksille käytetään yleensä nikkelpohjaisia lisäaineita.

TIG-hitsauksessa käytettävät suojakaasut ovat yleensä argon, argonvety, argon-helium tai näiden seoksia standardin EN ISO 14175 mukaan.

Vety- tai heliumseostus argoniin tekee mahdolliseksi käyttää suurempaa hitsausnopeutta. Vety on pelkistävä kaasu, minkä ansiosta hitsi jää puhtaammaksi ja vähemmän hapettuneeksi kuin käytettäessä puhdasta argonia.

MIG/MAG-hitsauksessa voidaan käyttää standardin EN ISO 14175 mukaisia monia erilaisia suojakaasuja.

A.3 Hitsauksen vaikutukset [\(EN\)](#)

A.3.1 Halkeilu [\(EN\)](#)

Austeniittisten ruostumattomien terästen hitsit eivät ole taipuvaisia kylmähalkeiluun, koska teräkset ovat luontaisesti hyvin sitkeitä.

Austeniittisten ruostumattomien terästen hitsit ovat kuitenkin taipuvaisia kuumahalkeiluun, jota on kahta tyyppiä: jähmettymishalkeilu hitsiaineessa ja sulamishalkeilu perusaineen tai hitsiaineen muutosvyöhykkeellä. Kuumahalkeilu on yhteydessä epäpuhtauksiin, kuten rikkiin ja fosforiin, jotka erkaantuvat raerajoille ja muodostavat matalalla sulavia yhdisteitä. Hitsissä vallitsevat jännitykset repivät auki sulat kalvot, minkä tuloksena syntyy halkeamia.

Jähmettymistavalla on suuri vaikutus kuumahalkeiluun. Austeniittiset ruostumattomat teräkset voivat jähmettyä kemiallisen koostumuksen mukaan ferriittisenä, austeniittisenä tai näiden yhdistelmänä. Kun jähmettyminen tapahtuu ferriittisenä, niin kuumahalkeilutaipumus on pieni. Austeniittisten ruostumattomien vakioterästen kemiallinen koostumus on yleensä sellainen, että jähmettyminen tapahtuu ferriittisenä ja ferriittipitoisuus on vähintään 3 FN, mikä pienentää kuumahalkeilutaipumusta. Ferriittipitoisuuden mittauksesta on julkaistu myös kansainvälinen standardi EN ISO 8249.

Hitsaus vaikuttaa myös kuumahalkeiluun. Suuri hitsausnopeus antaa muodoltaan pitkän pisaramaisen sulan, mikä edesauttaa epäpuhtauksien suotautumista hitsin keskilinjalle ja siten lisää kuumahalkeiluvaaraa. Hitsausvirta ja hitsausnopeus on valittava oikeassa suhteessa toisiinsa, jotta sulan muoto olisi edullinen kuumahalkeilun kannalta.

Kuumahalkeilun estämiskeinoista on lueteltu seuraavassa yhteenveto:

- Valitse austeniittisille ruostumattomille vakioteräksille koostumuksiltaan sellaiset lisäaineet, joiden hitsiaineen ferriittipitoisuus on 3...15 FN.

- b) Valitse täysin austeniittisille ruostumattomille teräksille sellaiset lisäaineet, joissa epäpuhtauspitoisuudet ovat hyvin matalat ja mangaanipitoisuus on korotettu.
- c) Huolehdi riittävästä puhtaudesta.
- d) Vähennä liitoksen jäykkyyttä.
- e) Käytä matalaa lämmöntuontia ja vältä suurta hitsisulaa.
- f) Pidä välipalkkolämpötila matalana, max 150 °C.
- g) Pienennä hitsausnopeutta.
- h) Palon leveys/syvyyssuhde pitäisi olla 1...1,5.

Täysin austeniittisten terästen hitsit ovat huomattavasti alttiimpia kuumahalkeilulle, koska niiden jähmettymistapa on austeniittinen. Tästä syystä näiden terästen hitsauksessa on otettava huomioon mahdollisimman monta edellä luetelluista estämiskeinoista, paitsi kohta a). SUOM. HUOM. Tämä siksi, että se ei sovellu täysin austeniittisille teräksille.

A.3.2 Mekaaniset ominaisuudet (EN)

Austeniittisten ruostumattomien terästen hitsien lujuus (myötö- ja murtolujuus) ovat yleensä vähintään sama kuin perusaineiden lujuus. Sitkeys saattaa olla hieman heikentynyt, mutta on silti vielä erinomainen. Jälkilämpökäsittely (PWHT) ei yleensä ole tarpeen.

Hitsin sitkeys saattaa heikentyä, jos metallien välisiä yhdisteitä, kuten sigma- ja chifaasia, muodostuu paljon. Tätä tapahtuu yleensä ainoastaan teräksissä, joissa on korkea kromi-, molybdeeni- ja piipitoisuus ja joiden hitsauksessa on käytetty suurta lämmöntuontia. Hyvin runsasseosteisten austeniittisten terästen hitsauksessa pitäisi siksi välttää suurta lämmöntuontia.

A.3.3 Korroosionkestävyys (EN)

A.3.3.1 Herkistyminen ja raerajakorroosio (EN)

Hyvän korroosionkestävyyden edellytys on, että kromi ja molybdeeni ovat jakautuneet tasaisesti hitsiaineessa ja perusaineessa. Herkistyminen (karbidien ja nitridien muodostuminen) tai metallien välisten yhdisteiden, esim. sigmafaasin, syntyminen aiheuttavat paikallisesti kromi- ja/tai molybdeeniköyhiä alueita, mikä heikentää korroosionkestävyyttä. Herkistymistä voidaan välttää käyttämällä erittäin matalahiilisiä (enintään 0,03 % C) tai stabiloituja (titaani- tai niobi-/tantalistabilointi) teräksiä ja lisäaineita.

Hitsin ja lämpövyöhykeen epätoivottavaa hiili- ja typpipitoisuuden kasvua pitäisi ehkäistä ylläpitämällä hyvää hitsausaineiden puhtautta. Suojakaasujen hiilidioksidipitoisuuden pitäisi olla alle 2,5 %, jotta hitsiaineen hiilipitoisuus ei kasva liiaksi, ellei lisäaineen valmistaja/toimittaja anna toisenlaista suositusta.

Metallien välisten yhdisteiden erkautumisen estämiseksi lämmöntuonnin ja välipalkkolämpötilan pitäisi olla matalia.

A.3.3.2 Jännityskorroosio (EN)

Jännityskorroosion aiheuttamaa halkeilua voi esiintyä austeniittisissä teräksissä, jos ne toimivat sopivissa olosuhteissa, ml. tietyt aggressiiviset liuokset (halideja, kuten klorideja, sisältävät liuokset), riittävän korkea käyttölämpötila ja vetojännitykset. Hitsauksen ja hionnan aiheuttamat jäännösjännitykset voivat usein riittää aiheuttamaan jännityskorroosiota, jos muut olosuhdetekijät ovat suotuisat. Tästä syystä on suositeltavaa, että valmistuksen jäännösjännitykset saadaan pidettyä matalina tuotteissa, jotka voivat olla alttiita jännityskorroosiolle.

Kestävyys jännityskorroosiota vastaan paranee huomattavasti, jos käytetään ferriittisiä ja austeniittis-ferriittisiä (duplex) teräksiä sekä ns. suprausteniittisiä teräksiä (runsasseosteisia austeniittisiä teräksiä),

joissa on korkea nikkelpitoisuus. Ferriittisten ruostumattomien terästen yleisen korroosion kestävyys on kuitenkin huonompi kuin austeniittisten.

A.3.4 Muodonmuutokset [\(EN\)](#)

Muodonmuutokset austeniittisten ruostumattomien terästen hitsauksessa ovat huomattavasti suuremmat kuin seostamattomien terästen hitsauksessa, koska austeniittisilla teräksillä on suuri lämpölaajenemiskerroin ja pieni lämmönjohtavuus. [Kohdassa 9](#) annetaan suosituksia muodonmuutosten vähentämiseksi.

A.4 Jälkikäsittelyt [\(EN\)](#)

A.4.1 Lämpökäsittely [\(EN\)](#)

Austeniittisten ruostumattomien terästen hitseille ei ole yleensä tarpeen tehdä jälkilämpökäsittelyä (PWHT). Joskus lämpökäsittely voi olla kuitenkin tarpeen. Tällaisia tapauksia ovat esim. myöstö voimakkaan kylmämuokkauksen jälkeen tai suotautumisten/erkaumien liuotushehkus hyvän korroosionkestävyyden varmistamiseksi. Liuotushehkutusta on harkittava huolellisesti, koska se voi aiheuttaa muodonmuutoksia ja pinnan oksidoitumista. Jos liuotushehkutusta ei ole mahdollista tehdä, niin matalalämpötilamyöstö noin 450 °C:ssa voi auttaa jäännösännitysten laukeamisessa ja vähentämään muodonmuutoksia.

A.4.2 Puhdistukset [\(EN\)](#)

Hitsien korroosionkestävyyden palauttamiseksi on tarpeen poistaa hitsauksen aiheuttama pinnan hapettuminen ja erilaiset epäpuhtaudet.

[Kohdassa 10](#) annetaan suosituksia hitsien jälkipuhdistuksille.

Liite B (opastava) Ferriittisten ruostumattomien terästen hitsaus (EN)

B.1 Yleistä (EN)

B.1.1 Kemiallinen koostumus (EN)

Ferriittiset ruostumattomat teräkset sisältävät standardin EN 10088-1 mukaan yleensä 10,5...30 % kromia ja hiiltä 0,08 % saakka. Jotkut terästyypit sisältävät lisäksi yhtä tai useampia seuraavista seosaineista: molybdeeniä 4,5 % saakka, nikkeliä 1,6 % saakka ja alumiinia 2,1 % saakka sekä stabilointiaineina titaania, niobia/tantaalia tai zirkoniumia. Eräissä teräslajeissa hiili- ja typpipitoisuudet ovat erittäin matalia, ns. ELI-teräkset.

B.1.2 Mikrorakenne (EN)

Mikrorakenne määräytyy ferriittia ja austeniittia suosivien seosaineiden määrien mukaan. Mikrorakenne on joko ferriittinen (täysin ferriittiset teräkset) tai ferriittinen yhdessä pienen martensiittimäärän kanssa (ferriittis-martensiittiset teräkset). Teräksen toimittaja tai valmistaja antaa yksityiskohtaisempia tietoja teräksistä.

Täysin ferriittinen rakenne on altis rakeenkasvulle yli 950 °C lämpötiloissa. Tästä on seurauksena alentunut sitkeys mm. hitsausliitoksessa. Raekoon hienontaminen ja sitkeyden palauttaminen ei ole mahdollista lämpökäsittelyllä.

Rakeenkasvu on pienempää stabiloiduissa ferriittisissä ruostumattomissa teräksissä ja pienintä ferriittis-martensiittisissä ruostumattomissa teräksissä. Rakeenkasvun laajuus riippuu huippulämpötilasta, kuumentumisajasta ja hitsipalkojen määrästä. Tästä syystä täysin ferriittisten terästen hitsattuja osia voidaan käyttää vain ohuina aineenpaksuuksina (enintään noin 2,5 mm).

Ferriittis-martensiittisten ruostumattomien terästen sitkeys säilyy paksussa hitsausliitoksessa parempana kuin täysin ferriittisten terästen sitkeys. Hitsauksen jälkeisessä nopeassakin jäähtymisessä kromikarbidit ehtivät kuitenkin erkautua raerajoille, mikä heikentää sitkeyttä ja korroosionkestävyyttä sekä muutosvyöhykkeellä että perusainetta vastaavassa hitsiaineessa. Tämä voidaan estää, jos käytetään erittäin matalahiilistä tai mieluummin titaani-, niobi-/tantaali- tai zirkoniumstabiloitua perusainetta ja lisäainetta.

Näissä teräksissä voi muodostua metallien välisiä yhdisteitä, esim. sigmafaasia, kun teräksessä on kromia ja molybdeeniä yhteensä yli noin 22 % ja mikäli terästä kuumennetaan lämpötila-alueella 550...850 °C. Tästä seuraa haurautta huoneenlämpötilassa ja joissakin tapauksissa myös heikentynyt korroosionkestävyys. Sigmafaasi voidaan liuottaa kuumentamalla 900...1 000 °C lämpötilaan ja jäädyttämällä nopeasti.

Näissä teräksissä voi syntyä 475 °C-haurautta, kun teräksessä on yli noin 15 % kromia, jos terästä kuumennetaan lämpötila-alueella 400...450 °C. Tästä seuraa myös haurastumista. Haurastuminen voidaan poistaa ja sitkeys palauttaa kuumentamalla terästä lämpötilassa noin 540 °C ja jäädyttämällä teräs sen jälkeen nopeasti huoneenlämpötilaan.

B.2 Hitsattavuus (EN)

B.2.1 Hitsaus (EN)

Ferriittisten ruostumattomien terästen hitsauksessa voidaan käyttää puikkohitsausta (111), MIG-hitsausta (131), MAG-hitsausta (135), TIG-hitsausta (141) ja plasmahitsausta (15).

Muita prosesseja, esim. elektronisuihkuhitsausta (51), laserhitsausta (52) ja suurtaajuusvastushitsausta (29), voidaan käyttää sopimuksen mukaan.

Ferriittiset ruostumattomat teräkset ovat taipuvaisia rakeenkasvuun ja siihen liittyvään haurauteen. Tästä syystä lämmöntuonti on pidettävä pienenä, esim. käyttämällä suurta hitsausnopeutta.

Esikuumentusta 200...300 °C voidaan käyttää ferriittis-martensiittisten terästen hitsauksessa, kun aineenpaksuus on yli 3 mm. Välipalkolämpötila on pidettävä samalla alueella.

Hiilen ja typen seostumista hitsiaineeseen hitsauksen aikana on vältettävä, mm. puhdistamalla hitsattava alue ja käyttämällä lyhyttä valokaarta.

B.2.2 Hitsausaineet (EN)

Yleensä suositetaan austeniittisia lisäaineita perusainetta vastaavien lisäaineiden sijaan austeniittisen hitsiaineen suuremman sitkeyden takia. Riittävän korroosionkestävyyden varmistamiseksi kromipitoisuus hitsiaineessa ei saa olla matalampi kuin perusaineessa. Jos käyttöolosuhteissa on rikkiä, niin ympäristön kanssa kosketuksissa olevat palot pitäisi hitsata ferriittisellä tai ferriittis-austeniittisellä lisäaineella.

Jos hitsiaineelta vaaditaan samanlaista lämpölaajenemista perusaineen kanssa, väriyhtäläisyyttä perusaineen kanssa tai nikkelitöntä hitsiainetta, niin on käytettävä ferriittisiä ruostumattomia lisäaineita.

TIG-hitsaus voidaan tehdä käyttäen lisäainetta tai ilman lisäainetta.

Hitsauspuikot pitäisi uudelleen kuivata ennen käyttöä valmistajan/toimittajan suositusten mukaisesti, jos se on tarpeen.

Suojakaasujen pitäisi olla argonpohjaisia seoskaasuja, esim. standardin EN ISO 14175 mukainen kaasu M13. Kaasut eivät saa sisältää hiilidioksidia, vetyä ja/tai typpeä.

B.3 Hitsauksen vaikutukset (EN)

B.3.1 Halkeilu (EN)

Kuumahalkeilu ei ole yleensä ongelma ferriittisten ruostumattomien terästen hitsauksessa.

Hitsausliitokset voivat olla taipuvaisia kylmä- / vetyhalkeilulle:

- Kylmähalkeilu teräksen huonon sitkeyden takia. Yli 3 mm paksut osat (ferriittis-martensiittiset teräkset) voidaan esikuumentaa lämpötiloihin 200...300 °C. Olosuhteita, joissa vallitsee suuri jäykkyys, pitäisi välttää.
- Vetyhauraus (so. vetyhalkeilu). Tästä syystä on huolehdittava, että vetypitoisuus on mahdollisimman matala.

B.3.2 Mekaaniset ominaisuudet (EN)

Austeniittisten ja ferriittisten hitsiaineiden myötölujuuden ja murtolujuuden pitää vastata perusaineen vaatimuksia. Ferriittis-martensiittiset ruostumattomat teräkset pitää niiden matalan sitkeyden takia esikuumentaa lämpötiloihin 200...300 °C ennen mahdollista kylmämuovausta.

B.3.3 Korroosionkestävyys (EN)

Ferriittiset ruostumattomat teräkset ovat alttiita raerajakorroosiolle, jos herkistymistä ei estetä käyttämällä erittäin matalahiilisiä ja -tyypisiä tai stabiloituja (titaani-, niobi-/tantaali- tai zirkoniumstabilointi) teräksiä tahi tekemällä päästökäsittely lämpötiloissa 750...800 °C hitsauksen jälkeen. Ferriittisten ruostumattomien terästen, joissa kromipitoisuus on alarajalla ja joissa ei ole nikkeliä, passiivikalvo on monissa kemiallisissa ympäristöissä heikko. Korroosionkestävyys voi olla vähemmän aggressiivissa ympäristöissä kuitenkin riittävä.

B.3.4 Muodonmuutokset [\(EN\)](#)

Koska ferriittisten ruostumattomien terästen lämmönjohtavuus on suurempi ja lämpölaajeneminen pienempi kuin austeniittisilla ruostumattomilla teräksillä, muodonmuutokset hitsauksessa eivät ole niin suuria.

B.4 Jälkikäsittelyt [\(EN\)](#)

B.4.1 Lämpökäsittely [\(EN\)](#)

Hehkutus hitsauksen jälkeen lämpötiloissa 700...800 °C parantaa yleensä muutosvyöhykkeen ja perusainetta vastaavan hitsiaineen sitkeyttä sekä vähentää jäännösjännityksiä. Tällainen hehkutus palauttaa myös stabiloimattomien ferriittisten terästen raerajakorroosionkestävyyden.

B.4.2 Puhdistukset [\(EN\)](#)

Hitsien korroosionkestävyyden varmistamiseksi on tarpeen puhdistaa pinnan hapettumat yms. hitsauksen jäljiltä.

Suosituksia hitsien jälkipuhdistuksille annetaan [kohdassa 10](#).

Liite C (opastava) Austeniittis-ferriittisten ruostumattomien terästen hitsaus [\(EN\)](#)

C.1 Yleistä [\(EN\)](#)

C.1.1 Yleistä [\(EN\)](#)

Austeniittis-ferriittisiä ruostumattomia teräksiä, joista käytetään myös nimitystä ruostumattomat duplex-teräkset, käytetään niiden suuren lujuuden ja hyvän korroosionkestävyyden takia. Terästen käyttölämpötila-alue on yleensä -50...+250 °C.

C.1.2 Kemiallinen koostumus [\(EN\)](#)

Duplex-teräkset sisältävät standardin EN 10088-1 mukaan yleensä kromia 21...28 %, nikkeliä 3,5...8,0 %, molybdeeniä 0,1...4,5 % ja typpeä 0,05...0,35 %. Joissakin teräksissä on seosaineina myös kuparia ja volframia.

C.1.3 Mikrorakenne [\(EN\)](#)

Duplex-terästen mikrorakenteessa on ferriittinen matriisi, jossa on noin 45...60 % austeniittia. Tällainen rakenne saadaan, kun tehdään liuotushehkus lämpötilassa 1 020...1 100 °C ja nopea jäähdytys huoneenlämpötilaan.

C.1.4 Austeniittis-ferriittisten ruostumattomien terästen ryhmittely [\(EN\)](#)

C.1.4.1 Vähäseosteiset duplex-teräkset [\(EN\)](#)

Vähäseosteisten ruostumattomien duplex-terästen, esim. teräs 1.4362 standardin EN 10088-1 mukaan, molybdeenipitoisuus on hyvin matala. Näiden terästen pääkäyttökohde on tavanomaisten austeniittisten ruostumattomien terästen korvaaminen silloin, kun nämä teräkset kärsivät jännityskorroosiosta.

C.1.4.2 Keskiseosteiset duplex-teräkset [\(EN\)](#)

Yleisimmin käytetyt ruostumattomat duplex-teräkset, esim. teräs 1.4462 standardin EN 10088-1 mukaan, sisältävät seosaineena molybdeeniä. Näitä teräksiä käytetään yleisteräksinä pääasiassa kemian ja petrokemian teollisuudessa sekä offshore-teollisuudessa

C.1.4.3 Runsasseosteiset duplex-teräkset [\(EN\)](#)

Runsasseosteiset duplex-teräkset, esim. teräs 1.4410 standardin EN 10088-1 mukaan, sisältävät enemmän kromia, molybdeeniä ja typpeä kuin vähemmän seostetut teräkset. Tästä syystä näitä teräksiä käytetään vaikeissa korroosioympäristöissä.

C.2 Hitsattavuus [\(EN\)](#)

C.2.1 Hitsaus [\(EN\)](#)

Ruostumattomien duplex-terästen hitsattavuutta on kehitetty optimoimalla austeniitin ja ferriitin suhdetta ja lisäämällä tyypiseostus. Vaara rakeenkasvusta tai liian suuresta ferriitin määrästä muutosvyöhykkeellä hitsauksessa on pieni.

Ruostumattomien duplex-terästen hitsaukseen soveltuvat kaikki standardissa EN 1011-1 luetellut hitsausprosessit. Hitsausprosesseja, joissa ei yleensä käytetä lisäainetta tai joiden yhteydessä hitsin jäähtymisnopeus on hyvin suuri, esim. plasma-, laser-, elektronisuihku- ja vastushitsaus, voidaan käyttää ainoastaan erityistoimenpitein.

Hitsausta ilman lisäainetta ei suositella, ellei liitokselle tehdä hitsauksen jälkeistä liuotushehkutusta ja nopeaa jäädytystä huoneenlämpötilaan. Hitsaus ilman lisäainetta ja jälkilämpökäsittelyä voi antaa tyydyttävät ominaisuudet hitsissä, jos käytetään tyyppiä sisältävää suojakaasua edistämään austeniitin muodostumista.

Railomuotojen pitäisi olla standardin EN ISO 9692-1 mukaisia. V- ja X-railoissa suositellaan joskus käytettäväksi suurempaa railokulmaa kuin austeniittisilla teräksillä, jotta varmistetaan riittävä tunkeuma. Pohjapalkojen TIG- ja MIG/MAG-hitsauksessa suositellaan samasta syystä käytettäväksi suurempaa ilmarakoa.

Ruostumattomien duplex-terästen suuren lujuuden takia siltahitsien olisi sijaittava lähekkäin. Esikuumennus ei ole tarpeen.

Kosteuden poistamiseksi hitsattavilta pinnoilta voidaan käyttää pientä esikuumennusta, enintään 100 °C.

Ruostumattomien duplex-terästen hitsauksessa lämmöntuonnin pitää olla tiettyjen rajojen sisällä. Liian pieni lämmöntuonti johtaa suureen jäähtymisnopeuteen, minkä tuloksena ferriittipitoisuus voi tulla korkeaksi. Liian suuresta lämmöntuonnista voi seurata puolestaan metallien välisten yhdisteiden erkautumisia. Vähä- ja keskiseosteisten duplex-terästen hitsauksessa sopiva lämmöntuonti on yleensä 0,5...2,5 kJ/mm ja välipalkolämpötila alle 250 °C. Runsasseosteisten duplex-terästen lämmöntuonti on yleensä 0,2...1,5 kJ/mm ja välipalkolämpötila välillä 100...150 °C. Nämä luvut ovat vain yleisiä suosituksia, joten on tarpeen ottaa huomioon myös hitsausprosessi ja työkappaleen paksuus.

C.2.2 Hitsausaineet (EN)

Jotta hitsiaineeseen saadaan oikea mikrorakenne, käytettävän lisäaineen pitää olla yliseostettu nikkelillä. Tällaisella koostumuksella voidaan eliminoida hitsauksen jälkeisen nopean jäähtymisen ja pohjapalossa tapahtuvan suuren sekoittumisen vaikutukset.

Vähä- ja keskiseosteisten duplex-terästen hitsauksessa voidaan vaikeissa korroosioympäristöissä käyttää duplex-lisäaineita, jotka on yliseostettu kromilla, molybdeenillä ja tyypellä. Esimerkiksi runsasseosteista duplex-lisäainetta voidaan käyttää keskiseosteiselle duplex-teräkselle.

Kaikki suojakaasut valitaan standardin EN ISO 14175 mukaan.

Suosittelavat suojakaasut TIG- ja plasmahitsaukseen ovat argon, argon+helium tai argon+typpi (max 3 %). Vetyä sisältävien suojakaasujen käyttöä pitäisi välttää.

MAG-hitsauksessa voidaan käyttää vakiokaasuja, kuten argon+hiilidioksidia (max 2,5 %), argon+helium+happi -seoksia, argon+helium+hiilidioksidi -seoksia tai enintään 3 % tyypellä seostettuja kaasuja.

Täytelankahitsauksessa suojakaasut valitaan valmistajan suositusten mukaisesti.

Jos vaaditaan juurikaasun käyttöä, niin juurikaasun pitäisi olla argon, argon+typpi tai puhdas typpi tai erityistapauksissa typpi+vetyä.

Jauhekaarihitsauksessa rutiilityypiset hitsausjauheet antavat yleensä melko huonot iskutkeysominaisuudet hitsiaineeseen. Emästyypiset jauheet antavat parempia iskutkeysarvoja. Täysemäksisillä jauheilla voi kuitenkin olla ongelmia kuonan irtoavuuden kanssa.

C.3 Hitsauksen vaikutukset (EN)

C.3.1 Yleistä (EN)

Ruostumattomat duplex-teräkset, joissa on korotettu kromi-, molybdeeni- ja volframipitoisuus, ovat herkempiä metallien välisten yhdisteiden erkautumisille. Tämä voi heikentää mekaanisia ominaisuuksia ja korroosionkestävyyttä.

C.3.2 Halkeilu [\(EN\)](#)

Ruostumattomien duplex-terästen herkkyys kuumahalkeilulle on pieni, koska niiden jähmettymisjärjestys ferriittinen.

Vety duplex-hitsiaineissa voi aiheuttaa vetyhalkeilua, kun hitsiaineen ferriittipitoisuus on hyvin korkea (> 110 FN = noin 75 %), vetypitoisuus on korkea ja jäykkyys on suuri.

C.3.3 Mekaaniset ominaisuudet [\(EN\)](#)

Ruostumattomien duplex-hitsiaineiden lujuus ylittää aina vastaavan perusaineen vähimmäislujuuden.

Hitsiaineiden murtovenymien arvot ovat yleensä luokkaa 25 %.

Kun keski- ja runsasseosteisia duplex-teräksiä käytetään rikkivetyolosuhteissa, niin hitseille asetetaan usein seuraavat kovuusrajat, max 28 HRC (282 HV 30) keskiseosteisille ja max 32 HRC (318 HV 30) runsasseosteisille duplex-teräksille.

Yleensä nämä kovuusrajoitukset voidaan täyttää. Korkeimmat kovuusarvot mitataan paksujen, yhdeltä puolen hitsattujen hitsien juuren alueella, koska seuraavat hitsipalot aiheuttavat siihen venymistä.

Hitsien iskutkeys on matalampi kuin perusaineen sitkeys. Iskutkeyteen vaikuttavat pääasiassa hitsiaineen ferriittipitoisuus, hitsausprosessi ja lisäaine.

C.3.4 Korroosionkestävyys [\(EN\)](#)

Ruostumattomien duplex-terästen korroosionkestävyyteen vaikuttavat niiden mikrorakenne ja kemiallinen koostumus. Teräksiä käytetään yleensä niiden hyvän pistekorroosion- ja jännityskorroosionkestävyyden takia.

Tärkeätä on käyttää sellaisia perusaineita ja lisäaineita, jotka antavat hyväksyttävän austeniitti/ferriittitasapainon sekä muutosvyöhykkeelle että hitsiaineeseen. Hyväksyttävät ominaisuudet saadaan yleensä hitseihin, kun ferriittipitoisuus on 30...100 FN.

Typpi on tärkeä seosaine korroosionkestävyyden kannalta. TIG- ja MIG/MAG-hitsauksessa voi tapahtua tyypin katoa, kun taas puikko- ja jauhekaarihitsauksessa tyypin katoa ei ole tyypillistä.

C.3.5 Muodonmuutokset [\(EN\)](#)

Muodonmuutokset ruostumattomien duplex-terästen hitsauksessa ovat pienempiä kuin austeniittisilla ruostumattomilla teräksillä. Duplex-terästen muodonmuutosten oikominen on kuitenkin vaikeampaa terästen korkean myötölujuuden (0,2 -rajan) takia.

C.3.6 Huokoisuus [\(EN\)](#)

Duplex-teräkset, joissa on korkea typpipitoisuus (> 0,20 %), ovat herkempiä huokosmuodostukselle kuin tavanomaiset austeniittiset ruostumattomat teräkset.

Huokosia syntyy helpommin lakiasennossa kuin muissa asennoissa. Huokosmuodostuksen pienentämiseksi hitsattavien palkojen pitäisi olla pieniä ja valokaaren lyhyt.

Pistekorroosionkestävyyden parantamiseksi voidaan käyttää typpiseostusta suojakaasussa. Jotta typpipitoisuus ei nousisi liian korkeaksi ja syntyisi huokosia, niin tällaisten suojakaasujen käyttö pitäisi rajoittaa sopivalle alueelle hitsissä (pohja- ja pintapalot). Liian suuri suojakaasun virtausmäärä lisää myös vaaraa huokosten syntymisestä.

C.4 Jälkikäsittelyt [\(EN\)](#)

C.4.1 Lämpökäsittely [\(EN\)](#)

Ruostumattomille duplex-teräksille ei yleensä ole tarpeen tehdä mitään jälkilämpökäsittelyä (PWHT).

Jos liotushehkus tehdään, lämpötilan pitäisi olla yleensä 30...40 °C korkeampi kuin perusaineelle suositeltu liotushehkuslämpötila, jotta metallien väliset yhdisteet liukenevat varmasti. Liotushehkutusta seuraa nopea jäähditys huoneenlämpötilaan.

C.4.2 Puhdistukset [\(EN\)](#)

Ruostumattomille duplex-teräksille voidaan käyttää samoja puhdistustapoja kuin [kohdassa 10](#) esitetään.

Liite D (opastava) Martensiittisten ja martensiittis-austeniittisten ruostumattomien terästen hitsaus (EN)

D.1 Yleistä (EN)

D.1.1 Kemiallinen koostumus (EN)

Martensiittiset ruostumattomat teräkset sisältävät standardin EN 10088-1 mukaan yleensä 13...17 % kromia, nikkeliä 4 % saakka ja hiiltä 1,0 % saakka. Nämä teräkset voidaan ryhmitellä niiden kemiallisen koostumuksen perusteella eri tyyppisiin.

D.1.2 Martensiittisten ja martensiittis-austeniittisten ruostumattomien terästen ryhmittely (EN)

D.1.2.1 Martensiittiset ruostumattomat teräkset (EN)

Martensiittiset ruostumattomat teräkset ovat mikrorakenteeltaan täysin martensiittisiä huoneenlämpötilassa, minkä takia ne ovat hyvin kovia ja hauraita teräksiä. Tästä syystä tarvitaan päästö, joka parantaa teräksen muodonmuutoskykyä ja sitkeyttä, mutta samalla laskee lujuutta.

D.1.2.2 Martensiittis-austeniittiset ruostumattomat teräkset (EN)

Kun martensiittisissä teräksissä hiilipitoisuus on alle 0,1 %, mikrorakenne muodostuu martensiittisestä matriisista, jossa on lisäksi 5...25 % austeniittia. Tällaisilla teräksillä matalampi lujuus ja kovuus, mutta parempi sitkeys kuin puhtaasti martensiittisillä teräksillä.

D.1.2.3 Erkautuskarkenevat martensiittiset ruostumattomat teräkset (EN)

Martensiittisten terästen lujuutta voidaan nostaa lähes 50 % lisäämällä teräkseen kuparia, titaania, niobia, alumiinia ja molybdeenia, jotka saavat aikaan erkautumiskarkenemisen. Näissä teräksissä hiilipitoisuus on yleensä alle 0,1 %. Terästen mikrorakenne muodostuu päästömartensiittisestä matriisista, johon on saatu aikaan erkaumia sammutuksen jälkeisen kaksinkertaisen lämpökäsittelyn avulla. Saatava lujuus vaihtelee vanhennusolosuhteiden mukaan.

D.2 Hitsattavuus (EN)

TIG-hitsaus (141) ja puikkohitsaus (111) ovat yleensä ainoita hitsausprosesseja, joita käytetään. Kuitenkin tietyissä erityiskohteissa voidaan käyttää myös plasmahitsausta (15), MIG/MAG-hitsausta (131/135), jauhekaarhitsausta (12) tai muita prosesseja.

Kaikkien terästen hitsauksessa voidaan käyttää lisäaineena joko austeniittista lisäainetta tai perusainetta vastaavaa lisäainetta. Jos käytetään austeniittista lisäainetta, hitsiaineen lujuus jää matalammaksi kuin perusaineen lujuus.

Lämmöntuonti on normaalia luokkaa (esim. 0,5...1,5 kJ/mm puikkohitsauksessa). Liian suurta tai pientä lämmöntuontia pitäisi välttää.

a) Martensiittiset ruostumattomat teräkset:

Esikuumennus vaaditaan teräksille, joiden hiilipitoisuus on yli 0,1 %. Tyypillinen esikuumennus on 200...300 °C. Lisäksi esikuumennustarpeeseen vaikuttavat liitoksen geometria ja jännitystila. Korkeampi esikuumennus voi olla tarpeen suurille aineenpaksuuksille ja hyvin jäykille liitoksille.

Korkea hiilipitoisuus tekee teräksestä ilmassa karkenevan. Kun hiilipitoisuus on alle 0,2 %, hitsauksen jälkeinen jäähtyminen voi tapahtua hitaasti. Kun hiilipitoisuus on yli 0,2 %, hitsauksen jälkeen vaaditaan hehkuutus. Jos hitsi on karkaistava ja päästettävä välittömästi hitsauksen jälkeen, voidaan hehkuutus jättää tekemättä.

b) Martensiittis-austeniittiset ruostumattomat teräkset:

Ohuille aineenpaksuuksille ≤ 8 mm ei tarvita esikuumennusta. Suuremmat aineenpaksuudet saattavat tarvita esikuumennuksen 100...200 °C. Yleensä käytetään perusainetta vastaavaa lisäainetta.

c) Erkautuskarkenevat martensiittiset ruostumattomat teräkset:

Erkautuskarkenevat martensiittiset ruostumattomat teräkset hitsataan yleensä perusainetta vastaavilla lisäaineilla. Austeniittisiä lisäaineita voidaan myös käyttää, mutta silloin ei päästä täyteen lujuteen hitsissä. Kun käytetään austeniittisiä lisäaineita, esikuumennusta ei vaadita, koska hiilipitoisuus on matala (alle 0,1 %) ja koska hitsiin ei saada täyttä lujutta martensiittitransformaation puuttumisen takia jäähtymisen aikana.

D.3 Hitsauksen vaikutukset [\(EN\)](#)

D.3.1 Halkeilu [\(EN\)](#)

Kuumahalkeilu ei ole yleensä ongelma martensiittisten ruostumattomien terästen hitsauksessa. Puhtaus on kuitenkin silti tärkeä asia.

Kylmähalkelutaipumus riippuu vetytitoisuudesta, jännitystilasta, jäähtymisnopeudesta ja kemiallisesta koostumuksesta sekä martensiittis-austeniittisillä teräksillä vielä lisäksi martensiitin määrästä mikrorakenteessa. Halkeiluerkkyys kasvaa hiilipitoisuuden myötä. Matalahiiliset teräkset, so. martensiittis-austeniittiset teräkset, ovat vähemmän herkkiä kylmähalkelulle, minkä ansiosta ne saadaan yleensä hitsata ilman esikuumennusta.

Esikuumennusta voidaan käyttää estämään kylmähalkelua. Sitä voidaan täydentää teräksen koostumuksen mukaan vielä hitsauksen jälkeisellä hehkuuksella.

Austeniittisen lisäaineen käyttö vähentää huomattavasti vetyhalkeiluvaaraa, koska vedyn liukoisuus austeniittiin on suuri.

D.3.2 Mekaaniset ominaisuudet [\(EN\)](#)

Hitsauslämpö vaikuttaa hyvin monella tavalla hitsausliitoksen ominaisuuksiin. Mikrorakenne hitsatussa tilassa on muutosvyöhykkeessä ja martensiittisessä hitsiaineessa suurelta osin päästämätöntä martensiittia, minkä lisäksi rakenteessa on seuraavien palkojen aiheuttamia päästyneitä pieniä alueita. Martensiittis-austeniittisissä teräksissä on pieni määrä jäännösausteniittia, mikä laskee lujutta martensiittisiin teräksiin verrattuna.

D.3.3 Korroosionkestävyys [\(EN\)](#)

Korroosionkestävyys on yleensä heikompi kuin austeniittisillä teräksillä. Martensiittiset teräkset kärsivät piste- ja rakokorroosiosta, minkä parantamiseksi joihinkin teräksiin on lisätty seosaineena molybdeenä. Martensiittisiä teräksiä ei käytetä yleensä ankarissa korroosio-olosuhteissa. Näitä teräksiä käytetään usein niiden hyvän kulumisen ja kavitaation kestävyuden takia. Martensiittis-austeniittisten terästen korroosionkestävyys on parempi kuin martensiittisten terästen kestävyys.

D.3.4 Muodonmuutokset [\(EN\)](#)

Martensiittisillä ruostumattomilla teräksillä on yleensä suurempi lämmönjohtavuus ja pienempi lämpölaajeneminen kuin austeniittisillä teräksillä, minkä takia muodonmuutokset hitsauksessa eivät ole niin suuria.

D.4 Jälkikäsitteilyt [\(EN\)](#)

D.4.1 Lämpökäsittely [\(EN\)](#)

Martensiittiset ruostumattomat teräkset eivät yleensä vaadi jälkilämpökäsittelyä (PWHT), jos käytetään austeniittisiä lisäaineita. Jos käytetään perusainetta vastaavia lisäaineita, niin jälkilämpökäsittely vaaditaan, jotta hitsausliitokseen saadaan hyvät ominaisuudet. Lämpökäsittely pitäisi tehdä perusaineen valmistajan suositusten mukaisesti.

Martensiittis-austeniittiset ruostumattomat teräkset eivät yleensä vaadi jälkilämpökäsittelyä hyvien ominaisuuksien saavuttamiseksi liitokseen, koska ne saadaan myös ilman lämpökäsittelyä. Erkautuskarkenevat teräkset hitsataan yleensä liuotushehkutetussa tilassa. Jos käytetään perusainetta vastaavaa lisäainetta, niin hitsauksen jälkeen tehdään yleensä liuotushehkutus ja sammutus sekä erkautuskäsittely. Tämä tehdään valmistajan/toimittajan suositusten mukaisesti.

D.4.2 Puhdistukset [\(EN\)](#)

Erkautuskarkenevien terästen tai runsashiilisten terästen hitsien peittausta ei suositella tehtäväksi, koska on vaikea saavuttaa hyvää pinnanlaatua.

Kirjallisuus [\(EN\)](#)

- [1] EN 1011-1, *Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 1: General guidance for arc welding*
- [2] EN 10088-1, *Stainless steels - Part 1: List of stainless steels*
- [3] EN ISO 3581, *Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification (ISO 3581:2016, Corrected version 2017-11-01)*
- [4] EN ISO 8249, *Welding - Determination of Ferrite Number (FN) in austenitic and duplex ferritic-austenitic Cr-Ni stainless steel weld metals (ISO 8249:2018)*
- [5] EN ISO 9692-1, *Welding and allied processes - Types of joint preparation - Part 1: Manual metal arc welding, gas-shielded metal arc welding, gas welding, TIG welding and beam welding of steels (ISO 9692-1:2013)*
- [6] EN ISO 14174, *Welding consumables - Fluxes for submerged arc welding and electroslag welding - Classification (ISO 14174:2019)*
- [7] EN ISO 14343, *Welding consumables - Wire electrodes, strip electrodes, wires and rods for arc welding of stainless and heat resisting steels - Classification (ISO 14343:2017)*
- [8] EN ISO 17633, *Welding consumables - Tubular cored electrodes and rods for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification (ISO 17633:2017)*

SFS-EN 1011-3:2018

Welding. Recommendations for welding of metallic materials. Part 3: Arc welding of stainless steels

Contents

Page

European foreword	27
Introduction.....	28
1 Scope	29
2 Normative references.....	29
3 Terms and definitions	29
4 Parent metal.....	29
5 Storage and handling.....	30
6 Welding consumables.....	30
7 Fabrication.....	30
7.1 General.....	30
7.2 Weld details.....	31
7.3 Weld backing.....	31
8 Quality requirements of welds	32
9 Distortion	32
10 Post-weld cleaning.....	32
Annex A (informative) Welding of austenitic stainless steels	34
Annex B (informative) Welding of ferritic stainless steels	39
Annex C (informative) Welding of austenitic-ferritic stainless steels	42
Annex D (informative) Welding of martensitic and martensitic-austenitic stainless steels.....	46
Bibliography	49

European foreword (EI)

This document (EN 1011-3:2018) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 121 “Welding and allied processes”, the secretariat of which is held by DIN.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by June 2019, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by June 2019.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CEN shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This document supersedes EN 1011-3:2000.

EN 1011 consists of the following parts, under the general title *Welding — Recommendations for welding of metallic materials*:

- *Part 1: General guidance for arc welding;*
- *Part 2: Arc welding of ferritic steels;*
- *Part 3: Arc welding of stainless steels;*
- *Part 4: Arc welding of aluminium and aluminium alloys;*
- *Part 5: Welding of clad steel;*
- *Part 6: Laser beam welding;*
- *Part 7: Electron beam welding;*
- *Part 8: Welding of cast irons.*

According to the CEN-CENELEC Internal Regulations, the national standards organisations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and the United Kingdom.

Introduction (EI)

This document is being issued with several annexes in order that it may be extended to cover the different types of steel which will be produced to all the European steel standards for stainless steels.

When this document is referenced for contractual purposes, the ordering authority should state the need for compliance with the standard and such other annexes as are appropriate.

This document gives general guidance for the satisfactory production and control of welding and details the possible detrimental phenomena which may occur with advice on methods by which they may be avoided. It is generally applicable to all stainless steels and is appropriate regardless of the type of fabrication involved, although the application standard may have additional requirements. Permissible design stresses in welds, methods of testing and acceptance levels are not included because they depend on the service conditions of the fabrication. These details should be obtained from the design specification.

This document contains additional details for fusion welding of stainless steels and should be read in conjunction with the general recommendations in EN 1011-1.

1 Scope (FI)

This document gives general recommendations for the fusion welding of stainless steels. Specific details relevant to austenitic, austenitic-ferritic, ferritic and martensitic stainless steels are given in [Annexes A to D](#).

2 Normative references (FI)

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

EN ISO 5817, *Welding - Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections (ISO 5817)*

EN ISO 14175, *Welding consumables - Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes (ISO 14175)*

CEN ISO/TR 15608, *Welding — Guidelines for a metallic materials grouping system (ISO/TR 15608)*

EN ISO 15609-1, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 1: Arc welding (ISO 15609-1)*

3 Terms and definitions (FI)

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

passive layer

thin, transparent and tightly adherent film on the surface of stainless steels which protects them against corrosive attack

3.2

stabilized/unstabilized

stabilized steels contain additions of strong carbide/nitride forming elements, (usually titanium or niobium), which limit the formation of chromium carbides/nitrides, allowing the stainless steel to retain its corrosion resistance, particularly around grain boundaries

3.3

ferrite number

number indicating magnetic attraction, relative to a series of reference samples and therefore, proportional to the ferro-magnetic phase content, approximately equal to ferrite (delta ferrite) content over the range 0 % to 10 % but more readily measured

3.4

consumable insert

length of filler metal which is manufactured to conform with the shape and dimensions of the weld preparation and is melted to become an integral part of the joint during welding

4 Parent metal (FI)

This document applies to stainless steels of the austenitic, ferritic, martensitic and austenitic/ferritic stainless types, according to groups 8 to 10 of CEN ISO/TR 15608.

5 Storage and handling (FI)

When storing, handling or fabricating stainless steel, the environment shall be controlled to avoid permanent breakdown of the passive layer, which gives stainless steel its good corrosion resistance. Stainless steels shall be protected from contamination and surface damage during all stages of storage, fabrication and transportation.

Contact between stainless steels and other materials, e.g. carbon steels, copper, paints, dyes and tapes, which cause a breakdown of the passive layer or other detrimental effects should be avoided. When contact is not avoidable care should be taken that all residues are removed.

Racking for stainless steels shall be strongly built and shall be lined in a secure manner with materials that will not contaminate stainless steel, e.g. dry wood, plastic or stainless steel. Unlined or painted carbon steel racking shall not be used. Lifting grabs shall be made from or lined with a non-contaminating material.

Welding fixtures, earth clamps or manipulators shall be either manufactured from or lined with non-contaminating materials.

6 Welding consumables (FI)

Filler materials should be selected having regard to the parent metals and the particular application and shall comply with the relevant standards.

Where consumable inserts are used they shall correspond with the relevant filler metal as well as with the parent material composition.

7 Fabrication (FI)

7.1 General (FI)

Facilities for fabrication of stainless steels shall be segregated from other works and kept free of all possible contaminating materials such as lead, zinc, copper, copper alloys or carbon steels, etc.

Forming tools shall be cleaned thoroughly before use to avoid cross contamination. All lubricants used in the forming operations shall be removed from the workpiece.

Only tools dedicated to stainless steel shall be employed; this particularly applies to grinding wheels, cutting wheels and wire brushes.

Welding heats up the parent metal which causes formation of oxide films both on the weld metal and on the surrounding areas of the weld. These oxides as well as slags produced by covered electrodes, flux cored wires and submerged arc welding, shall be removed if the weld is to be exposed to a corrosive medium or for other reasons (see [Clause 10](#)).

When, during weld edge preparation oxidation, hardening and general contamination from thermal cutting processes occur, these should be eliminated by mechanically machining to a sufficient depth from the cut face. During shearing cracking and burrs can occur. These may also require to be removed prior to welding.

Where cut edges do not form fusion faces, care should be taken to ensure that the shearing or thermal cutting does not adversely affect the performance of the fabrication.

Hard stamping should be avoided, but when it shall be used attention is drawn to the danger of it being applied in highly stressed or corrosive areas. Locations of these marks should be identified. Hard stamping used for marking in radiographic examination should be subject to similar precautions.

Welds which are to be inspected and approved should not be painted or otherwise treated until they have been accepted.

7.2 Weld details (E)

Welding details shall be described in an appropriate Welding Procedure Specification (WPS) in accordance with EN ISO 15609-1.

Further details of weldability aspects are given in [Annexes A to D](#).

Acceptance criteria for misalignment of joints are given in EN ISO 5817. For certain applications (for example the welding of pipework) and welding processes, closer tolerances may be necessary.

Where run-on/run-off pieces are used these shall be manufactured from a grade of stainless steel compatible with that used for the fabrication and shall have a thickness and edge preparation similar to that used for the joint.

The removal of run-on/run-off pieces shall be performed by a method which does not adversely affect the properties of the parent metal and weld deposit. Inspection should be carried out to demonstrate that both the parent material and weld deposit are free from unacceptable imperfections.

Where the weld has to be made from one side only, it may be necessary to protect the root side from atmospheric oxidation to maintain the corrosion resistance of the joint. The root run of such welds is generally made using the TIG or plasma welding process.

7.3 Weld backing (E)

Permanent backing shall consist of a compatible grade of stainless steel and should not be used where there is a risk of crevice corrosion.

When it is not appropriate to use part of the structure as backing material, the material to be used shall be specified in the construction design.

When using copper as a temporary backing material a groove shall be machined into the backing material in the fusion area. Care should be taken when welding as there is a risk of copper pick-up. This can be reduced by nickel or chromium plating of the copper backing material. When using high heat input, the copper backing should be water-cooled.

Backing material shall be free from contamination such as grease, moisture, oxide, etc.

Where temporary or permanent backing is employed, the joint shall be arranged in such a way as to ensure that complete fusion of the parts to be joined is readily obtained.

When it is necessary to prevent oxidation on the reverse side of a weld, then purging using a suitable gas supply should normally be carried out. This is where a gas with a defined purity or gas mixture, in accordance with EN ISO 14175, compatible with the parent and weld metal, is passed under the weld root. The purpose is to prevent contamination by the atmosphere, principally oxygen, which can lead to unacceptable imperfections in the weld and/or a reduction of corrosion resistance.

Where purging of the root area is to be carried out, the duration of purging prior to welding should be sufficient to ensure that the level of root oxidation (discoloration) is less or equal as required by the design specification. The prepurge time will depend principally on gas flow rate, volume to be purged and, depending of purging gas density on the injection point.

Where maximum allowable oxygen levels are specified, then it will be necessary to use an oxygen analyser of suitable sensitivity to measure the oxygen content of the exit gas. As a guideline it is suggested that ten volume changes be made before commencing welding.

Gas purging should be maintained for sufficient duration to ensure that the finished weld underside surface oxidation level is acceptable.

8 Quality requirements of welds (FI)

Welded joints shall be free from imperfections that would impair the service performance of the construction. Acceptance levels shall be in accordance with the application standard where it exists. If no application standard exists acceptance levels shall be determined on EN ISO 5817.

Special quality requirements for stainless steels may be taken into account, such as appearance and corrosion resistance, and shall be specified.

9 Distortion (FI)

Distortion in a weldment results from non-uniform expansion and contraction of weld metal and adjacent parent metal during welding. In austenitic stainless steel this phenomenon is much more pronounced than in unalloyed steel due to a larger expansion coefficient and a lower thermal conductivity.

There are various practical ways of minimizing distortion such as:

- minimizing the weld metal volume;
- balanced (double sided) joint welding;
- reduced heat input;
- reduced numbers of weld layers;
- backstep welding;
- preset of the parts to be welded;
- jigs and mechanical restraints;
- tack welding;
- heat sinks.

Care should be taken that the methods chosen do not have a deleterious effect on the properties of the welds and the overall structure.

10 Post-weld cleaning (FI)

The corrosion resistance of stainless steel weldments is significantly affected by their surface condition. The degree of post weld cleaning necessary depends upon the weld quality requirements and should be as required by the design specification.

Post weld cleaning can be carried out by several processes, either separately or in combination, for example:

- **Brushing:** Dedicated wire brushes made with stainless steel bristles or other compatible material should be used. This technique cannot be used, in general, to remove adherent contaminants. Care should be taken when using mechanical rotary brushing as this may deform the surface giving microcracks which will reduce corrosion resistance. It may be necessary to follow brushing with a pickling operation.
- **Blasting:** This technique is used for removal of adherent contaminants and also to give residual compressive stresses in the surface. Recommended blasting media include glass and stainless steel shot. These shall be free from iron or carbon steel contamination.
- **Grinding:** Dedicated iron free and chloride free grinding discs, belts or wheels should be used. Excessive grinding with generating heat should be avoided to prevent damage to the surface and thinning of the parent metal. The technique is used to remove heavy surface contaminants and to blend the weld smoothly into the parent metal.

- **Pickling:** Pickling removes surface oxides or surface layers of the steel by chemical reaction. An acid medium is used whose composition is dependent on the type of steel, pickling temperature and time. Careful removal of all pickling products shall be carried out. After pickling a passivation is necessary to generate the passive layer.
- **Electro-polishing:** This is used, generally, on nonstabilized stainless steels to give a smooth surface for optimum corrosion resistance.

For optimum corrosion resistance the most effective cleaning processes are pickling and electro-polishing, followed by a natural or induced passivation treatment.

Annex A (informative) Welding of austenitic stainless steels (FI)

A.1 General (FI)

A.1.1 Chemical composition (FI)

The chemical compositions of typical austenitic stainless steels are listed in EN 10088-1. These steels generally contain a minimum of 16,5 % chromium, with sufficient nickel and/or manganese, carbon and nitrogen to produce an austenitic microstructure. They may also contain additions of other elements such as molybdenum, nitrogen, titanium, niobium, copper, silicon, or sulphur to improve specific properties such as corrosion resistance, oxidation resistance, or for machinability, etc.

A.1.2 Microstructure (FI)

The microstructures of austenitic stainless steels are governed by the balance of ferrite and austenite stabilizing elements, the principal ferrite stabilizing elements are chromium, molybdenum and silicon, while the principal austenite stabilizing elements are nickel, manganese, carbon and nitrogen. The structure which will form in the weld metal may be predicted from the balance of ferrite and austenite stabilizing elements, using e.g. a Schaeffler, DeLong, W.R.C. or ESPY diagram.

Austenitic stainless steels consist of an austenitic matrix which, in certain grades, may contain small quantities of delta ferrite, the amount of ferrite increasing during welding without the addition of a filler metal. Other grades are fully austenitic and contain no ferrite, even after welding.

Austenitic stainless steels are usually supplied in the solution annealed condition, which involves heating to approximately 1 050 °C, or higher, followed by rapid cooling to room temperature. Annealing results in softening of the steel and minimizes the delta ferrite content, so that even steels which form delta ferrite during welding will generally contain virtually no ferrite in the annealed condition.

A.1.3 Types of austenitic stainless steel (FI)

A.1.3.1 Standard austenitic stainless steels (FI)

Most of the standard austenitic stainless steels are not fully austenitic but may form a small amount of delta ferrite after welding without the addition of a filler metal. The standard stainless steels in this category are still referred to as austenitic stainless steels, even when a small amount of ferrite is present, e.g. EN 10088-1 grades 1.4301, 1.4401, 1.4436.

The carbon content of the standard austenitic stainless steels is normally less than 0,06 %.

In order to minimize the formation of chromium carbides during welding, low carbon (<0,03 %) versions of many standard grades are produced, which also after welding are resistant against corrosion, e.g. EN 10088-1 grades 1.4307, 1.4404, 1.4432.

Similar high corrosion resistance of standard grades may be obtained either through the additions of titanium, or niobium/tantalum, which combine with carbon, preventing the formation of chromium carbides during welding. These grades are referred to as 'stabilized' austenitic stainless steel, e.g. EN 10088-1 grades 1.4541, 1.4550, 1.4571.

A.1.3.2 Fully austenitic stainless steels (FI)

The compositional balance of these steels is adjusted to obtain specific properties such as low magnetic permeability (non-magnetic), increased corrosion resistance, or high temperature creep/oxidation resistance, resulting in a fully austenitic structure at all times, e.g. EN 10088-1 grade 1.4335. Due to their high toughness at low temperatures, fully austenitic steels may also be used for cryogenic applications.

The risk of solidification cracking during welding is increased in these steels.

Superaustenitic and enhanced corrosion resistant grades belong to the fully austenitic family. These steels contain increased chromium contents and additions of other elements, including molybdenum and nitrogen for increased resistance to pitting and crevice corrosion, and copper for enhanced acid corrosion resistance. An increased nickel content is added, to stabilize a fully austenitic structure. These steels possess an extremely high corrosion resistance and require particular care during welding, to maintain the high corrosion resistance of the parent metal, e.g. EN 10088-1 grades 1.4539, 1.4547.

A.1.3.3 Other variations with improved properties (FI)

Other austenitic stainless steels exist in which the chemical composition has been adjusted to improve specific properties. Depending on the actual chemical composition, each of these grades belong in one of the above mentioned categories ([A.1.3.1](#) and [A.1.3.2](#)) and should be welded with similar precautions.

- a) Nitrogen alloyed austenitic steels with high proof strength. These steels contain small additions of nitrogen (up to 0,45 %), resulting in an increase in proof strength (0,2 %). The nitrogen may be added to both normal and low carbon grades of stainless steel. Nitrogen is an austenite stabilizing element and may result in a reduction in delta ferrite content during welding.
- b) Heat resistant austenitic steels. Steels for use at high temperatures may contain increased chromium and/or silicon contents, to provide enhanced oxidation resistance. Additions of molybdenum, nitrogen, aluminium, carbon, rare earth elements, titanium and/or niobium may also be made to increase high temperature properties.
- c) Austenitic steels with improved machinability. Improved machining grades contain increased sulphur contents (up to 0,35 %) and/or additions of other elements such as calcium or selenium and, consequently, generally exhibit reduced weldability and corrosion resistance.

A.2 Welding aspects (FI)

A.2.1 Welding details (FI)

All of the common welding processes listed in EN 1011-1 are suitable for welding austenitic stainless steels.

Heat input should be low to reduce the risk of distortion, hot cracking and sensitization or intermetallic precipitation.

Preheat should be avoided when welding austenitic stainless steels as the additional heat input will increase the risk of distortion, hot cracking, sensitization and intermetallic precipitation.

Edge preparations for welding are similar to those used for carbon steels, although different angles and root gaps may be used.

When welding thin tubes or plate, a weld may be possible by fusing the joint edges together, without filler metal.

A.2.2 Welding consumables (FI)

All consumables should be selected in accordance with the manufacturer's/supplier's recommendations.

Where required, filler metals/rods should be selected in accordance with EN ISO 3581, EN ISO 14343, EN ISO 14174 or EN ISO 17633.

Consumables for standard austenitic stainless steels are generally designed to result in a ferrite content of between 3 FN and 15 FN in the as-deposited fusion zone, to resist hot cracking.

The diagrams according to Schaeffler, De Long, W.R.C. or ESPY may be used to determine if the consumable will provide the correct ferrite content, taking dilution effects into account.

Fully austenitic stainless steels are non magnetic. The presence of delta ferrite in the austenite results in a small degree of magnetism and this characteristic is used to measure the proportion of ferrite in the weld metal, after welding.

The chemical composition of the welding consumable is usually slightly over-alloyed with respect to the parent metal, to optimize corrosion resistance by compensating for alloy losses, segregation effects, inclusions and surface imperfections inherent in the weld metal.

Fully austenitic stainless steels require the use of approximately similar or slightly over-alloyed consumables and are susceptible to hot cracking. The precautions indicated in [A.3.1](#) should, therefore, be followed. The consumables may contain increased manganese contents, to minimize the risk of hot cracking.

Nickel - based consumables are generally used for superaustenitic steels.

Shielding gases for TIG welding are usually argon, argon-hydrogen, argon-helium or combinations of these gases, in accordance with EN ISO 14175.

The addition of either hydrogen or helium to argon (in accordance with EN ISO 14175), will often allow faster welding speeds, while the reducing nature of hydrogen bearing gases can also result in cleaner welds.

Shielding gases for MIG/MAG welding of austenitic stainless steels should be selected in accordance with EN ISO 14175, as a wide choice is now available.

A.3 Consequences of welding (FI)

A.3.1 Cracking (FI)

Due to their inherently high ductility and toughness, austenitic stainless steels rarely suffer from 'cold' cracking after welding.

Some austenitic stainless steel weldments, however, can be susceptible to hot cracking, which includes cracking during solidification (solidification cracks) and cracking in the heat affected zone of the weld metal or parent metal (liquation cracks). This cracking is associated with impurity elements, such as sulphur and phosphorous, segregating to interdendritic regions and grain boundaries to form low melting point phases. Contraction forces during cooling of the weld metal can pull the liquid films apart to produce a crack.

Solidification mode has a great influence on resistance to hot cracking. Austenitic stainless steels can solidify as ferrite, austenite or a mixture of these phases, depending on composition. Ferritic solidification results in a much lower sensitivity to hot cracking. The chemical composition of the standard austenitic stainless steel, therefore, is generally balanced to provide ferritic solidification, resulting in a ferrite content of ≥ 3 FN and a reduced risk of solidification cracking (see EN ISO 8249 for measurement of ferrite content).

Hot cracking also depends on welding conditions. A fast travel speed produces teardrop shaped weld pools, encouraging centreline segregation of impurity elements and increasing the risk of cracking. A balance between the current and travel speed is necessary to obtain the optimum welding conditions.

Further recommendations for avoiding hot cracking include the following.

- a) For standard austenitic stainless steels, select consumables to given a ferrite content of between 3 FN and 15 FN in the weld deposit.
- b) For fully austenitic stainless steels, select consumables with low impurity levels and increased manganese contents.
- c) Ensure optimum cleanliness.
- d) Reduce restraint on the joint.
- e) Use low heat inputs and avoid wide weld pools.

- f) Reduce interpass temperature (maximum 150 °C).
- g) Reduce travel speed.
- h) The width to depth ratio of the weld pool should be between approximately 1 and 1,5.

Fully austenitic stainless steels are more susceptible to solidification cracking, due to their solidification mode. When welding these steels, therefore, it is necessary to include as many of the above precautions as possible, except a).

A.3.2 Mechanical properties (FI)

The proof and tensile strength of welds in austenitic stainless steels are generally similar to, or greater than, those of the parent metal. Ductility may be slightly reduced but remains excellent. Post weld heat treatment (PWHT), therefore, is not usually necessary.

Weld ductility and toughness may be impaired if significant amounts of intermetallic precipitates such as sigma phase and chi phase are formed. This usually occurs only in steels with a high chromium, molybdenum and silicon content, when high heat inputs are used. High heat inputs, therefore, should be avoided with the more highly alloyed austenitic stainless steels.

A.3.3 Corrosion resistance (FI)

A.3.3.1 Sensitization or weld decay (FI)

Good corrosion resistance depends on a uniform distribution of the elements chromium and molybdenum in the parent and weld metal. Any sensitization by carbides and nitrides, or precipitation of intermetallic phases, such as sigma, which could locally result in chromium and/or molybdenum-depletion, should be avoided. The risk of sensitization is minimized by using low carbon grades ($\leq 0,030$ %) or by using stabilized (titanium, niobium/tantalum) steels and consumables.

Contamination of the weld and heat affected zone (HAZ) should be avoided, to eliminate the risk of carbon and nitrogen pickup. Shielding gases containing more than 2,5 % CO₂ should, therefore, be avoided, unless specifically recommended by the consumable manufacturer/supplier.

To reduce the risk of intermetallic precipitation during welding, the heat input and interpass temperature should be kept low.

A.3.3.2 Stress corrosion (FI)

Stress corrosion cracking can occur in austenitic stainless steels when they are exposed to combinations of adverse conditions, including certain aggressive media (such as halide solutions), elevated temperatures and applied tensile stress. The residual stresses from welding or grinding can often be sufficient to cause this form of attack, if the environmental criteria are also unfavourable. It is advisable, therefore, to ensure that residual stresses are minimized in fabrications which may be susceptible to this form of attack.

Resistance to stress corrosion may be increased significantly by using ferritic or duplex grades and superaustenitic steels with high nickel contents (standard ferritic stainless steel grades will, however, exhibit reduced resistance to general corrosion).

A.3.4 Distortion (FI)

Due to their increased thermal expansion and reduced thermal conductivity, compared to carbon steels, austenitic stainless steels are significantly more susceptible to distortion than carbon steels, or other stainless steels. Recommendations for minimizing distortion are given in [Clause 9](#).

A.4 Post-weld treatment (FI)

A.4.1 Heat treatment (FI)

Post weld heat treatment (PWHT) is not generally necessary for austenitic stainless steels. Heat treatment may sometimes be necessary, however, for stress-relief after cold deformation, for minimization of ferrite content or to minimize segregation/precipitation for optimum corrosion resistance. Such treatments generally require full solution annealing and therefore require careful consideration due to the risk of distortion, sagging and oxidation. Where full solution annealing cannot be carried out low temperature stress relief at about 450 °C may be of benefit in relieving residual stresses and minimizing distortion.

A.4.2 Cleaning (FI)

To restore the corrosion resistance of the weldment, it is necessary to remove any surface contamination produced by the welding process.

Recommendations for the post-weld cleaning are given in [Clause 10](#).

Annex B (informative) Welding of ferritic stainless steels (FI)

B.1 General (FI)

B.1.1 Chemical composition (FI)

The ferritic stainless steels according to EN 10088-1 generally contain between 10,5 % and 30 % chromium and up to 0,08 % carbon. Some types also contain one or more of the following elements: up to 4,5 % molybdenum, 1,6 % nickel, 2,1 % aluminium and titanium, niobium/tantalum or zirconium for stabilization. In certain grades the levels of carbon and nitrogen are kept very low (ELI-ferritics).

B.1.2 Microstructure (FI)

Depending on the ratio of ferrite and austenite forming elements, the microstructure of these steels consists of ferrite (fully ferritic) or of ferrite with amounts of martensite (semi-ferritic). Detailed information will be given by the supplier or the manufacturer of the steel.

The fully ferritic structure is susceptible to grain growth at temperatures above about 950 °C. This results in decreased toughness. Refining by heat treatment is not possible.

The grain growth is less pronounced in stabilized ferritic stainless steels and least pronounced in semi-ferritic stainless steels. The extent of the grain growth depends on the highest temperature, on the time at temperature and on the number of welding runs. Therefore welded parts of fully ferritic stainless steels provide adequate service only for a thin wall thickness (approximately max. 2,5 mm).

Welds in thick section semi-ferritic stainless steels show improved toughness over the fully ferritic grades. Even when cooled rapidly from welding temperature chromium carbides precipitate in the parent metal and the matching weld metal. These precipitates reduce the ductility and the resistance to intergranular corrosion by local chromium depletion. This depletion can be avoided, if the parent metal and the matching weld metal have a very low carbon content or preferably if stabilized by titanium, niobium/tantalum or zirconium.

Intermetallic precipitates, e.g. sigma phase, can form in steels with (chromium + molybdenum) greater than approximately 22 % in the temperature range of about 550 °C to 850 °C, leading to room-temperature embrittlement and in some cases reduced corrosion resistance. By heating in the range of 900 °C to 1 000 °C and subsequent rapid cooling to room temperature the sigma phase can be brought into solution.

475 °C-embrittlement may occur in steels with chromium greater than 15 % in the temperature range of about 400 °C to 450 °C, giving a loss of ductility. The embrittlement can be removed by heating to approximately 540 °C and subsequent rapid cooling to room temperature.

B.2 Welding aspects (FI)

B.2.1 Welding details (FI)

Ferritic stainless steels can be welded using manual metal arc welding (MMA welding)(111), metal-arc inert gas welding (MIG welding)(131), metal-arc active gas welding (MAG welding)(135), tungsten inert gas welding (TIG welding)(141) and plasma arc welding (15).

Other welding processes, e.g. electron beam welding (51), laser welding (52), high-frequency resistance welding (29), may be used by agreement.

Ferritic stainless steels are susceptible to excessive grain growth. Therefore welding heat input should be kept low, e.g. small weld pool, faster travel speeds.

Preheating to 200 °C to 300 °C may be used for semi-ferritic grades with a thickness over 3 mm. Interpass temperature should be in the same range.

The pick-up of carbon and nitrogen during welding should be kept as low as possible, e.g. clean weld area, short arc length.

B.2.2 Welding consumables (FI)

Austenitic welding consumables are preferred because of the higher ductility of the austenitic weld metal compared with matching compositions of the parent metal. Considering corrosion resistance, the chromium content of the weld deposit should not be less than that of the parent metal. If there is a danger of sulphur pick-up during service, the layer that is in contact with this environment should be welded with a ferritic stainless or ferritic-austenitic stainless consumable.

Ferritic stainless consumables are also chosen where similar thermal expansion, similar surface colour of welds or nickel-free welds are required.

TIG-welding can be carried out either with or without filler metal.

Covered electrodes should be re-baked before welding, if necessary, in accordance with the manufacturer's/supplier's recommendations.

Shielding gases should be argon-based mixtures, e.g. M 13 according to EN ISO 14175, and not containing CO₂, hydrogen and/or nitrogen.

B.3 Consequences of welding (FI)

B.3.1 Cracking (FI)

Hot cracking in ferritic stainless steels is not normally a problem.

The weldment of these steels may be susceptible to the following:

- a) Cold cracking due to low toughness. In sections over 3 mm thickness (semi-ferritic) the weld zone may be preheated in the range 200 °C to 300 °C and conditions of high restraint should be avoided.
- b) Hydrogen embrittlement (hydrogen induced cracking) should be avoided, therefore care should be taken to keep the hydrogen content as low as possible.

B.3.2 Mechanical properties (FI)

The proof stress and tensile strength of the weld metal of austenitic and ferritic consumables should match the requirements of the parent metal. Semi-ferritic stainless steels of low ductility shall be preheated in the range 200 °C to 300 °C prior to cold forming.

B.3.3 Corrosion resistance (FI)

Ferritic stainless steels suffer from intergranular corrosion, unless the chromium-depletion is avoided by extremely low contents of carbon and nitrogen, by stabilization (by titanium, niobium/tantalum or zirconium) or by annealing at temperatures between 750 °C and 800 °C. Ferritic stainless steels with chromium in the lower range and without nickel exhibit a unstable passive film in many chemical agents. For less aggressive conditions their corrosion resistance may be sufficient.

B.3.4 Distortion (FI)

Ferritic stainless steels have a higher thermal conductivity and a lower thermal expansion coefficient than the austenitic stainless steels, hence distortion problems are not as pronounced.

B.4 Post-weld treatment (FI)

B.4.1 Heat treatment (FI)

Annealing after welding in the range 700 °C to 800 °C generally improves the ductility of HAZ and matching weld metals and reduces residual stresses. Such treatment will also restore the intergranular corrosion resistance of nonstabilized ferritic steels.

B.4.2 Finishing (FI)

To restore the corrosion resistance of the weldment, it is necessary to remove any surface contaminations produced by the welding process.

Recommendations for post-weld cleaning are given in [Clause 10](#).

Annex C (informative) Welding of austenitic-ferritic stainless steels (FI)

C.1 General (FI)

C.1.1 General (FI)

Austenitic-ferritic stainless steels, generally termed duplex stainless steels, are employed for their strength and corrosion resistance. They are commonly used in the temperature range of -50 °C to $+250\text{ °C}$.

C.1.2 Chemical composition (FI)

The duplex steels according to EN 10088-1 generally contain 21 % to 28 % chromium, 3,5 % to 8,0 % nickel, 0,1 % to 4,5 % molybdenum and 0,05 % to 0,35 % nitrogen. Some of them also contain copper and tungsten.

C.1.3 Microstructure (FI)

Duplex stainless steels consist of a ferritic matrix with approximately 45 % to 60 % austenite. This structure is achieved by solution annealing at around $1\ 020\text{ °C}$ to $1\ 100\text{ °C}$, depending on grade, followed by rapid cooling.

C.1.4 Types of austenitic – ferritic stainless steel (FI)

C.1.4.1 Low alloyed (FI)

The low alloyed duplex stainless steels, e.g. EN 10088-1 grade 1.4362, are characterized by a very low molybdenum content. Their main application area is to replace common austenitic stainless steels where these may suffer from stress corrosion cracking.

C.1.4.2 Medium alloyed (FI)

The most commonly used duplex stainless steels, e.g. EN 10088-1 grade 1.4462, are the molybdenum and nickel containing medium alloyed grades. These are general purpose steels used mainly for chemical, petrochemical and offshore applications.

C.1.4.3 High alloyed (FI)

The high alloyed duplex stainless steels, e.g. EN 10088-1 grade 1.4410, contain higher chromium, molybdenum and nitrogen contents, compared to the medium alloyed duplex stainless steels, and are therefore used in severe corrosive environments.

C.2 Welding aspects (FI)

C.2.1 Welding details (FI)

The weldability of duplex stainless steels has been improved by optimization of the austenite-ferrite balance and by the introduction of increased nitrogen contents. The risk of detrimental grain growth or excessive amounts of ferrite in the HAZ after welding is low.

All of the common arc welding processes listed in EN 1011-1 are suitable for welding duplex stainless steels. Welding processes which are normally carried out without the addition of filler metal or which give extremely rapid cooling, e.g. plasma arc, laser beam, electron beam and resistance welding, can only be used if special precautions are taken.

Welding without filler metal is not recommended unless the joint is solution annealed after welding followed by rapid cooling to room temperature. Welding without filler metal and without post-weld heat treatment, can provide satisfactory properties if nitrogen-containing shielding gas is used to improve austenite reformation.

Joint preparations should be according to EN ISO 9692-1 but for V-joints and double-V-joints it is sometimes recommended to use a wider angle than for austenitic stainless steels in order to get good penetration. When welding the root pass with TIG or MIG/MAG it is recommended to use a wider gap than for austenitic steels, for the same reason.

Due to the high strength of duplex stainless steels, the distance between tack welds should be small.

Preheat is not necessary but can be used to maximum of 100 °C to remove moisture from the surface.

The heat input for duplex stainless steels shall be within certain limits. Too low a heat input leads to a high cooling rate which may result in high ferrite levels. Too high a heat input can result in precipitation of intermetallic phases. The low- and medium-alloyed types are normally welded with a heat input of 0,5 kJ/mm to 2,5 kJ/mm and an interpass temperature less than 250 °C. For the high-alloyed types the heat input range is normally limited to 0,2 kJ/mm to 1,5 kJ/mm and a maximum interpass temperature in the range of 100 °C to 150 °C. These figures give general recommendations, only, it is also necessary to take into account the effect of the welding process and work piece thickness.

C.2.2 Welding consumables (FI)

To obtain the correct weld metal microstructure a filler metal overalloyed with nickel shall be used. With such compositions the effect of both the rapid cooling after welding and high dilution of the parent metal in the root run can be overcome.

For the low- and medium-alloyed types in aggressive corrosive environments a duplex filler metal overalloyed with chromium, molybdenum and nitrogen can be used, e.g. a high alloyed duplex filler for a medium alloyed duplex stainless steel.

All shielding gases will be selected in accordance with EN ISO 14175.

Recommended shielding gases for TIG and plasma arc welding are argon, argon-helium or argon up to 3 % nitrogen. Hydrogen bearing shielding gases should be avoided.

For MAG welding standard gases such as argon up to 2,5 % carbon dioxide, argon-helium-oxygen mixtures, argon-helium-carbon dioxide mixtures or gases with the addition of up to 3 % nitrogen can be used.

For flux cored wire metal arc welding reference should be made to the manufacturer's recommendations for further information on shielding gases.

Recommended backing gases where required, should be argon, argon-nitrogen mixtures or pure nitrogen, or in special cases nitrogen/hydrogen mixtures.

For submerged arc welding rutile fluxes normally give low impact values. A more basic flux improves impact toughness. A fluid basic flux (FB), however, can lead to problems with slag removal.

C.3 Consequences of welding (FI)

C.3.1 General (FI)

Duplex stainless steels with increased contents of chromium, molybdenum and tungsten result in higher susceptibility to precipitation of intermetallic phases which may have detrimental effects on mechanical properties and corrosion resistance.

C.3.2 Cracking (FI)

Duplex stainless steels have a low sensitivity to hot cracking, due to their ferritic solidification mode.

Hydrogen in duplex weld metals can be responsible for delayed crack formation where the weld metal has a very high ferrite level (>110 FN = approximately 75 % ferrite) and a high hydrogen level combined with a high degree of restraint.

C.3.3 Mechanical properties (FI)

The strength of a duplex stainless steel weld metal always exceeds the minimum strength of the corresponding parent metal.

For duplex all weld metals, the elongation values are often around 25 %.

For medium- and high- alloyed duplex weldments used in hydrogen sulphide containing media, there is normally a demand on maximum hardness of 28 HRC (282 HV 30) for medium alloyed and 32 HRC (318 HV 30) for high alloyed duplex stainless steels.

For most applications these maximum hardness restrictions can be satisfied. The highest hardness is measured in the root area in thick single sided joints, due to the strain imparted by subsequent weld runs.

The impact toughness in welds is lower than in the parent metal and depends mainly on the ferrite level, welding process and consumables used.

C.3.4 Corrosion resistance (FI)

The corrosion resistance of duplex stainless steels is related to their microstructure and chemical composition. They are generally used for their good pitting and stress corrosion cracking resistance.

It is important to use parent and filler metals which give a controlled and acceptable austenite-ferrite balance both in the HAZ and in the weld metal. Acceptance properties are generally achieved where ferrite contents of 30 FN to 100 FN are obtained.

Nitrogen is an essential alloying element for maximum corrosion resistance. Nitrogen loss can occur during TIG and MIG/MAG welding. Welds made using covered electrodes and submerged arc welding, do not tend to show this loss of nitrogen.

C.3.5 Distortion (FI)

Distortion during welding of duplex stainless steels is lower than that of austenitic stainless steels. However, the duplex grades are more difficult to straighten after welding due to their high proof strength (0,2 %).

C.3.6 Porosity (FI)

Duplex stainless steels with high nitrogen contents (>0,20 %) are more prone to the formation of porosity during welding than standard austenitic stainless steels.

The possibility of porosity is increased when welding in the overhead position. In order to decrease this problem, thin runs should be deposited and excessive arc lengths avoided.

In order to increase pitting resistance, nitrogen can be added to the shielding gas. Application should be restricted to appropriate regions of the joint (root and capping layer) to avoid excessive weld metal nitrogen build up and porosity. Excessive shielding gas flow rates will also increase the risk of porosity.

C.4 Post-weld treatment (FI)

C.4.1 Heat treatment (FI)

Post weld heat treatment (PWHT) is normally not necessary for duplex stainless steels.

If post weld solution annealing is to be performed, the temperature should generally be 30 °C to 40 °C higher than the solution annealing temperature recommended for the parent metal to dissolve intermetallic phases. This should be followed by rapid quenching to room temperature.

C.4.2 Cleaning (E)

The same technique can be used for duplex stainless steels as detailed in [Clause 10](#).

Annex D (informative)

Welding of martensitic and martensitic-austenitic stainless steels (FI)

D.1 General (FI)

D.1.1 Chemical composition (FI)

The martensitic stainless steels, according to EN 10088-1, generally contain between 13 % and 17 % chromium with up to 4 % nickel and up to 1,0 % carbon. They can be divided into three different types according to their chemical composition.

D.1.2 Types of martensitic and martensitic-austenitic stainless steel (FI)

D.1.2.1 Martensitic stainless steels (FI)

The martensitic stainless grades are fully martensitic at room temperature and are therefore very hard and brittle. Tempering is required to give some ductility and toughness, with a consequential reduction of tensile strength.

D.1.2.2 Martensitic-austenitic stainless steels (FI)

Grades with less than 0,1 % carbon have a structure consisting of 5 % to 25 % austenite in the martensitic matrix. As a result, lower strength and hardness and improved ductility are achieved.

D.1.2.3 Precipitation hardening martensitic stainless steels (FI)

The martensitic grades can be strengthened by nearly 50 % by the addition of copper, titanium, niobium, aluminium and molybdenum to give precipitation hardening, it is usual in these steels to reduce the carbon content below 0,1 %. The steels therefore consist of a tempered martensitic matrix with precipitates usually achieved by a double heat treatment after quenching. Various strengths can be achieved by altering the ageing conditions.

D.2 Welding aspects (FI)

Generally tungsten inert gas welding (TIG welding (141)) and manual metal-arc welding (MMA welding) (111) are the only processes used. However, for certain specialized applications, plasma arc welding (15), metal-arc inert gas welding (MIG welding (131))/ metal-arc active gas welding (MAG welding (135)), submerged arc welding (12) and other processes may be used.

All grades may be welded using austenitic consumables or matching consumables. If austenitic consumables are used, the weld metal will undermatch the parent metal in strength.

Normal heat inputs (e.g. 0,5 kJ/mm to 1,5 kJ/mm for manual metal-arc welding) should be used and excessively high or excessively low heat inputs should be avoided.

a) Martensitic stainless steels:

Preheat is required for steel grades with greater than 0,1 % carbon and typically preheats in the range 200 °C to 300 °C should be used depending on joint geometry and stress levels. Higher preheats may be required for thick sections and highly stressed joints.

High carbon contents make the steel air hardening. For carbon content up to 0,2 % welding may be followed by slow cooling. Above 0,2 % carbon a post weld anneal is required. If the weld is to be hardened and tempered immediately after welding, then post weld annealing can be omitted

b) Martensitic-austenitic stainless steels:

Preheat is not required for thin sections ≤ 8 mm, for thicker sections preheat in the range 100 °C to 200 °C may be required. Matching filler metals are often used.

c) Precipitation hardening martensitic stainless steels:

The precipitation hardening martensitic stainless grades are normally welded using matching consumables. Austenitic consumables may be used, but full strength cannot be achieved. When using austenitic consumables preheat is not required, due to the generally low carbon contents (less than 0,1 %), and the fact that full strength is not achieved by the transformation to martensitic during cooling.

D.3 Consequences of welding (FI)

D.3.1 Cracking (FI)

Hot cracking in martensitic stainless steels is not normally a problem, however, cleanliness is still important.

Cold cracking susceptibility is a function of hydrogen level, stress, cooling rate, chemical composition and for martensitic-austenitic grades, the percentage of martensite present. The cracking sensitivity increases with increasing carbon content. Low carbon grades, i.e. the martensitic-austenitic grades are less sensitive to cold cracking and hence may be welded without preheat.

Preheating can be applied to avoid cold cracking and may need to be supplemented by post weld annealing, depending on the alloy.

The use of austenitic consumables significantly reduces the hydrogen cracking risk, due to the higher hydrogen solubility of the austenite.

D.3.2 Mechanical properties (FI)

During welding, quenching and tempering effects occur in the weld and HAZ, giving a variety of properties. In the HAZ and in martensitic weld metals, the structures as welded will be largely untempered martensite, with a few small areas of tempering from subsequent weld runs. For the martensitic-austenitic grades some austenite is retained giving lower strength than the martensitic grades.

D.3.3 Corrosion resistance (FI)

Corrosion resistance is generally lower than that of the austenitic grades. The martensitic grades suffer from crevice and pitting corrosion, although this is improved for those grades with added molybdenum. These steels are not usually used in highly corrosive environments but are often selected for wear and cavitation resistance. The corrosion resistance of the martensitic-austenitic grades is improved over the martensitic grades.

D.3.4 Distortion (FI)

The martensitic stainless steels have generally higher thermal conductivity and a lower expansion coefficient than the austenitics, hence distortion problems are not as pronounced.

D.4 Post-weld treatment (FI)

D.4.1 Heat treatment (FI)

Martensitic stainless grades if welded with austenitic consumables do not normally require PWHT. If matching consumables are used, then post weld heat treatment is required to obtain optimum properties. When required it should be done according to the manufacturer's recommendations for the parent metal.

Martensitic-austenitic stainless grades do not generally require PWHT to develop optimum mechanical properties. Precipitation hardening grades are normally welded in the solution treated condition. If a

matching filler is used, heat treatment is normally a solution treatment and quenching process followed by age hardening. This should be carried out as per the manufacturer's/supplier's recommendations

D.4.2 Cleaning [\(FI\)](#)

Pickling of precipitation hardened or high carbon content steels is not recommended due to the difficulty of achieving a good surface finish.

Bibliography (E)

- [1] EN 1011-1, *Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 1: General guidance for arc welding*
- [2] EN 10088-1, *Stainless steels - Part 1: List of stainless steels*
- [3] EN ISO 3581, *Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification (ISO 3581)*
- [4] EN ISO 8249, *Welding - Determination of Ferrite Number (FN) in austenitic and duplex ferritic-austenitic Cr-Ni stainless steel weld metals (ISO 8249)*
- [5] EN ISO 9692-1, *Welding and allied processes - Types of joint preparation - Part 1: Manual metal arc welding, gas-shielded metal arc welding, gas welding, TIG welding and beam welding of steels (ISO 9692-1)*
- [6] EN ISO 14174, *Welding consumables - Fluxes for submerged arc welding and electroslag welding - Classification (ISO 14174)*
- [7] EN ISO 14343, *Welding consumables - Wire electrodes, strip electrodes, wires and rods for arc welding of stainless and heat resisting steels - Classification (ISO 14343)*
- [8] EN ISO 17633, *Welding consumables - Tubular cored electrodes and rods for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification (ISO 17633)*