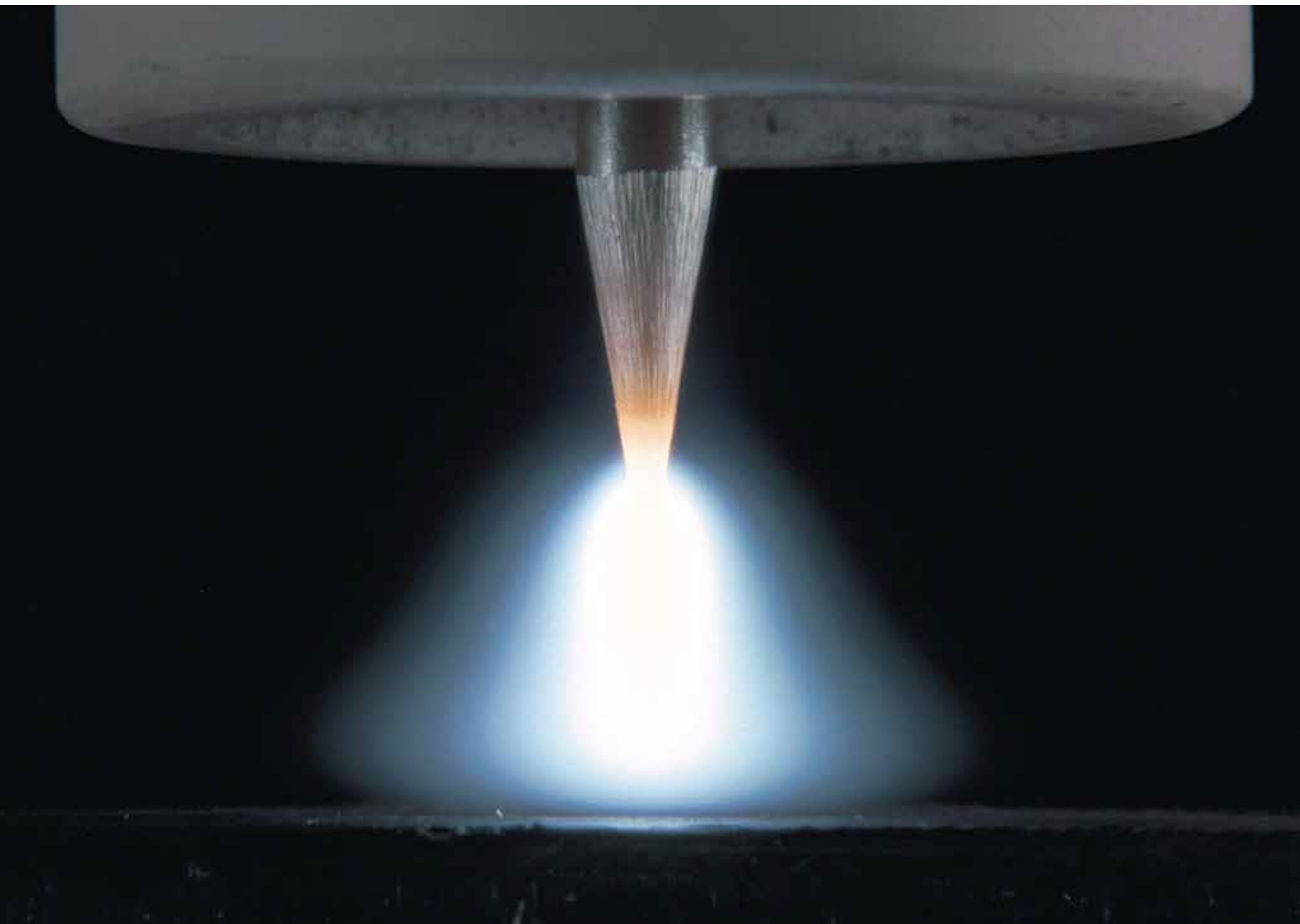


Suojakaasukäsikirja.

Making our world
more productive



Suojakaasukäsikirja.



Sisältö.

4	Suojakaasun tehtävät
7	MISON® suojakaasuohjelma
9	Työympäristö
14	Suojakaasun vaikutus tuottavuuteen
21	Suojakaasu ja laatu
26	Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen suojakaasut
28	Ruostumattomien terästen suojakaasut
36	Alumiinin suojakaasut
39	Muille metalleille tarkoitetut suojakaasut
41	Suojakaasujen käyttöalueet
45	Suojakaasujen toimitusmuodot
48	Käytetyt termit
50	Liitteet

Johdanto.

Hitsaavassa maailmassa halutaan jatkuvasti parantaa tuottavuutta, laatua ja työympäristöä. Rakennemateriaalit, lisäaineet ja virtalähteet kehittyvät, hitsausarvoissa tapahtuu muutoksia ja uusia suoja-kaasuja otetaan käyttöön.

Tämän käsikirjan tarkoituksena on antaa käyttökelpoinen kokonaiskuva kaasukaarihitsauksen suojaakaasuista. Kirjassa kerrotaan suoja kaasun merkityksestä hitsausprosessiin sekä vaikutuksesta tuottavuuteen, laatuun ja työympäristöön. Kirja opastaa myös valitsemaan laajasta suoja kaasuvaihtoimasta kullekin hitsausmenetelmälle ja perusaineelle parhaiten sopivan suoja kaasun ja vastaa yleisimmin esitettyihin suoja-kaasujen tehtävää, valintaa ja vaikutuksia koskeviin kysymyksiin.

Kun haluat tietää, mikä suoja kaasu sopii parhaiten omaan hitsaustyöhösi, vastaus löytyy luvuista 7–9. Jos sitä vastoin haluat selvittää, mille perusaineille tietty suoja kaasu on tarkoitettu, vastaus löytyy luvusta 10 ”Suoja kaasujen käyttöalueet”.

Mikäli et löydä tästä kirjasta vastauksia kaikkiin kysymyksiisi, voit aina kysyä lisää Lindeltä. Yhteystiedot löydät kirjan takakannesta.

Käsikirjassa tarkastellaan TIG- ja MIG/MAG-hitsausta. TIG-hitsauksessa käytetään sulamatonta wolframelektrodiä ja se on lyhenne sanoista „Tungsten Inert Gas”. MIG/MAG-hitsauksessa elektrodina toimii umpi- tai täytelanka, jota syötetään valokaareen. MIG on lyhenne sanoista „Metal Inert Gas” ja MAG sanoista „Metal Active Gas”.

Suojakaasun tehtävät.

Sisältö

1.1 Mihin suojakaasu vaikuttaa

1.2 Suojakaasujen eri komponenttien vaikutukset

1.2.1 Argon

1.2.2 Hiilidioksidi ja happi

1.2.3 Hiilidioksidi vai happi?

1.2.4 Helium

1.2.5 Vety

1.2.6 Typpi

1.2.7 Typpimonoksidi

1.1 Mihin suojakaasu vaikuttaa

Suojakaasun perustehtävä kaasukaarihitsauksessa on suojata kuumentunutta ja sulaa metallia ympäröivän ilman vaikutuksilta ja tarjota valokaaren palamiselle edulliset olosuhteet.

Mikäli ympäröivä ilma pääsee kosketukseen kuuman metallin ja hitsisulan kanssa, hapettaa ilman happi sulaa metallia ja sen ympäristöä. Ilman typpi ja kosteus puolestaan pyrkivät aiheuttamaan huokoisuutta hitsiin.

Suojakaasun koostumus vaikuttaa aineensiirtymistapaan sulavasta lisäainelangan hitsisulaan, mikä puolestaan vaikuttaa hitsauksessa syntyvien roiskeiden määrään ja kokoon.

Suojakaasu vaikuttaa myös hitsin ulkonäköön, muotoon, hitsausnopeuteen, seosaineiden palamishäviöihin (millä on vaikutusta hitsin lujuuteen), korroosio-ominaisuuksiin ja oksidien muodostumiseen (kuonan muodostukseen) hitsipalon pintaan.

1.2 Suojakaasujen eri komponenttien vaikutukset

1.2.1 Argon

Argon (Ar) on inertti (reagoimaton) kaasu. Se ei hapeta eikä vaikuta muullakaan tavalla hitsin kemialliseen koostumukseen. Tämän johdosta argon on pääkomponenttina useimmissa TIG- ja MIG/MAG-hitsauksen suojakaasuissa.

1.2.2 Hiilidioksidi ja happi

Puhdas argon ei sovellu terästen MAG-hitsaukseen, koska kaaresta tulee liian epävakaata. Suojakaasuun tarvitaan hapettava komponentti vakauttamaan kaari ja varmistamaan tasainen aineensiirtyminen hitsauksen aikana. Tällaisena hapettajana toimii joko hiilidioksidi (CO₂), happi (O₂) tai niiden seos. Hapettavan komponentin määrä suojakaasussa riippuu terästyypistä ja hitsattavasta rakenteesta.

Suojakaasun vaikutus MIG/MAG-hitsaukseen

Työympäristö

Suojakaasu vaikuttaa huurujen ja savujen muodostumiseen

Suojavaikutus

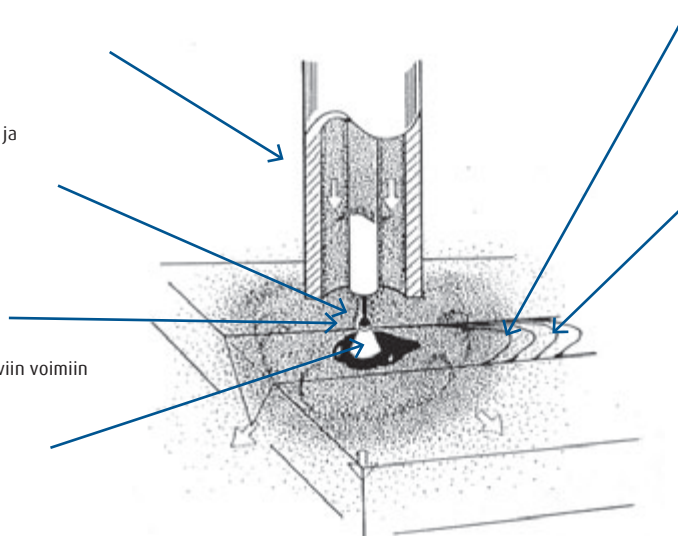
Suojakaasuvaippa suojaa hitsisulaa ja kuumaa metallia ympäröivän ilman vaikutuksilta.

Aineensiirtyminen

Suojakaasu vaikuttaa voimakkaasti aineensiirtymistapaan, kuten myös pisarakokoon ja pisaroihin vaikuttaviin voimiin valokaaressa.

Kaaren vakaus

Suojakaasu vaikuttaa kaaren vakauteen ja syttymiseen.



Hitsin ulkonäkö

Suojakaasu vaikuttaa oleellisesti roiskeiden ja kuonan määrään.

Metallurgia ja mekaaniset ominaisuudet

Suojakaasu vaikuttaa seosaineiden palamishäviöihin sekä hapen, typen, vedyn ja hiilen liukenemiseen hitsisulaan. Tällä on vaikutusta hitsin mekaniisiin ja korroosio-ominaisuuksiin.

Hitsiprofiilin muoto

Suojakaasu vaikuttaa hitsikuvun korkeuteen, hitsin tunkeumaan ja sen liittymiseen perusaineeseen.

Hitsausnopeus

Suojakaasun valinta vaikuttaa hitsausnopeuteen ja tätä kautta hitsauksen kokonaiskustannuksiin.



Kaasukaarihitsauksen valokaari voidaan jakaa kolmeen osaan: katodi, anodi ja kaariplasma. MAG-hitsauksessa, jossa lisäaine muodostaa positiivisen elektrodin (anodin), katodinen alue muodostuu työkappaleessa yhdestä tai useammasta katodipisteestä. Hapettavaa kaasua tarvitaan stabiloimaan näitä katodipisteitä, joilla on muussa tapauksessa taipumus vaeltaa työkappaleen pinnalla aiheuttaen roiskeita ja epätasaisen hitsin.

1.2.3 Hiilidioksidi vai happi?

Useimmiten on edullisempää käyttää suojakaasun hapettavana komponenttina hiilidioksidia kuin happea. Yksi eduista on parempi hitsin geometria ja ulkonäkö verrattuna argon-happiseoksiin. Syynä ovat sulan pintajännityksestä ja hapettumisen määrästä johtuvat erot hitsisulan juoksevuudessa. Käytettäessä hiilidioksidia hapen asemasta on hapettuminen ja kuonanmuodostus vähäisempää, mikä vaikuttaa edullisesti hitsin ulkonäköön ja tarvittavan jälkityön määrään.

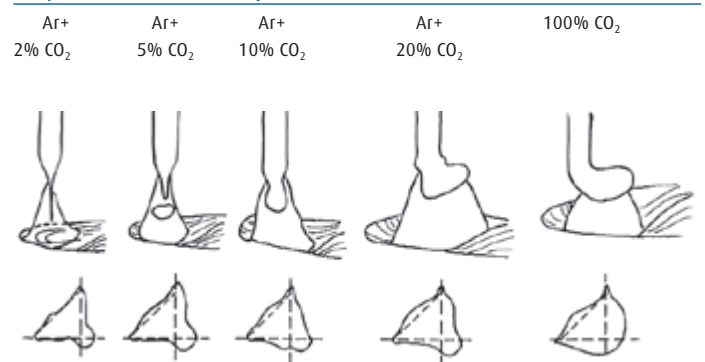
Toinen etu hiilidioksidilla hapettavana komponenttina on parempi tunkeuma, etenkin sivutunkeuma. Tämä johtuu pääasiassa suuremmasta kaarijännitteestä ja energian tuonnista, sekä hiilidioksidin aiheuttamasta suuremmasta kaaripaineesta argon-happiseoksiin verrattuna.

1.2.4 Helium.

Helium (He) on argonin tavoin inertti kaasu. Heliumia käytetään yhdessä argonin kanssa muutaman prosentin hiilidioksidi- tai happilisyksellä ruostumattomien terästen MAG-hitsauksen suojakaasuissa. Puhdasta heliumia tai helium-argonseoksia käytetään TIG- ja MIG-hitsauksen suojakaasuna.

Argoniin verrattuna helium antaa paremman sivutunkeuman ja suuremman hitsausnopeuden johtuen suuremmasta kaarienergiasta. Käytettäessä heliumia suojakaasuna hitsaus on herkempi valokaaren pituuden muutoksille ja kaari on vaikeampi sytyttää TIG-hitsauksessa argoniin verrattuna.

Suojakaasun hiilidioksidipitoisuuden vaikutus MAG-hitsaukseen



Suojakaasun hiilidioksidipitoisuuden vaikutus MAG-hitsaukseen. Kuvassa näkyy suojakaasun hiilidioksidipitoisuuden vaikutus aineen siirtymiseen ja tyyppilliseen tunkeumaan rakenneterästen hitsauksessa kuumakaarialueella. Kaasun hiilidioksidipitoisuuden kasvu aiheuttaa voimakkaan kaaripaineen, minkä ansiosta kaasun suojausvaikutus paranee ja sivutunkeuma kasvaa. Samalla kasvaa myös hitsikupu sekä roiskeiden, pintakuonan ja hitsaussavun määrä.

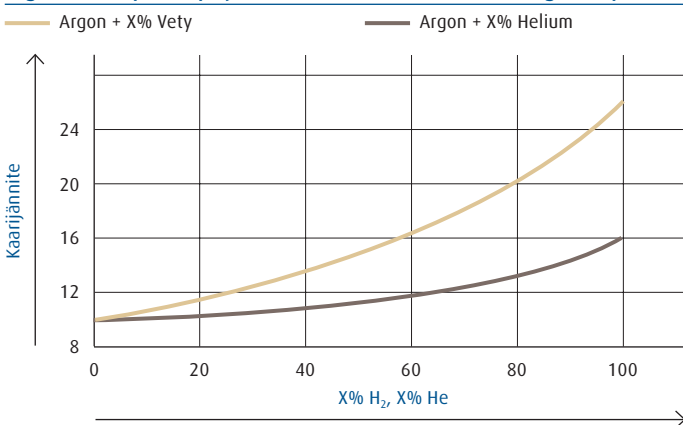


Heliumia ja argon-heliumseoksia voidaan käyttää juurensuojauksessa silloin, kun on tarpeen saada kaasu nousemaan ylöspäin juurensuojauksen aikaansaamiseksi. Helium ilmaa kevyempänä pyrkii ylöspäin ja on palamattomana kaasuna turvallinen käyttää.

1.2.5 Vety.

Vetyä (H_2) voidaan käyttää suojakaasun komponenttina austeniittisten ruostumattomien terästen TIG-hitsauksessa. Vetylisäys antaa kuumemman ja keskitetyemmän valokaaren mahdollistaen suuremman hitsausnopeuden ja paremman tunkeuman. Vetylisäys myös antaa juohevamman liittymisen hitsipalon ja perusaineen välillä sekä vähentää hitsin hapettumista.

Argoniin lisätyn vedyn ja heliumin vaikutus kaaren energiatihyyteen



Mitä suurempi määrä heliumia tai vetyä suojakaasussa on, sitä korkeampi on kaarijännite. Lämmöntuonti hitsiin kasvaa, mitä voidaan hyödyntää parempana tunkeutena ja suurempana hitsausnopeutena.

Juurensuojauksessa vetylisäyksestä on hyötyä sen oksideja pelkistävän vaikutuksen johdosta. 10% vetyä työssä, FORMIER® 10, on paljon käytetty juurensuojakaasu. Sitä ei kuitenkaan suositella ferriittis-austeniittisten (duplex) terästen juurensuojakaasuksi. Argon tai puhdas typpi sopivat siihen tarkoitukseen paremmin.

1.2.6 Typpi.

Typpiä (N_2) käytetään suojakaasun komponenttina ruostumattomien typpiseosteisten austeniittisten ja superduplex-terästen TIG-hitsauksessa. Kyseisissä teräksissä käytetään typpiä seosaineena aina 0,5% saakka parantamaan teräksen lujuutta ja ehkäisemään pistekorrosiota. Muutaman prosentin typpilisäys suojakaasussa auttaa ehkäisemään hitsauksen aikana hitsissä muuten tapahtuvaa typen katoa.

10% vetyä työssä, FORMIER® 10, on paljon käytetty pelkistävä juurensuojakaasu. Se parantaa juurenpuolen pistekorrosion kestävyyttä austeniittisillä teräksillä. Superduplex-terästen hitsauksessa saadaan sama vaikutus käyttämällä juurensuojaukseen puhdasta typpiä.

1.2.7 Typpimonoksidi.

MISON® suojakaasuihin lisätty typpimonoksidi (NO) vähentää hitsauksessa syntyvän otsonin määrää. Tämä parantaa hitsaajan työympäristöä ja vähentää otsonin aiheuttamaa limakalvojen ärsytystä. Työympäristössä tapahtuvat parannukset parantavat myös hitsaajan keskittymiskykyä, työn tuottavuutta ja hitsauksen laatua. MISON® suojakaasujen typpimonoksidilla on myös kaarta vakauttava vaikutus ruostumattomien terästen ja alumiinin MIG-hitsauksessa sekä -juotossa.

MISON® suojakaasuohjelma.

Sisältö

2.1 Tausta

2.2 Kaasukaarihitsauksessa muodostuu otsonia

2.3 Otsoni – hyvä ja paha

2.4 MISON® suojakaasuohjelma

2.5 Taustalla tiede

2.1 Tausta

Suojakaasun merkitystä kaasukaarihitsauksessa elektrodin, hitsisulan ja kuuman metallin suojaamisessa käsiteltiin jo edellisessä luvussa. Suojakaasujen koostumuksen taustalla on laajamittainen tutkimus- ja kehitystoiminta, jonka tavoitteena on kehittää suojakaasuja hitsausprosessin optimoimiseksi ja uusien materiaalien ja tekniikoiden kehityshaasteisiin vastaamiseksi.

2.2 Kaasukaarihitsauksessa muodostuu otsonia!

Kehitystyön pääpaino on kohdistunut yleensä vain suojakaasun rooliin hitsin suojaamisessa. Linde on kehittänyt suojakaasuohjelman, jossa on huomioitu myös hitsauksessa muodostuvien ongelmallisten ilman epäpuhtauksien vähentäminen. Tämä ohjelma on MISON® suojakaasujen tuoteohjelma hitsaajan ja hitsin suojaksi.

Kaikessa hitsauksessa muodostuu ilmaan epäpuhtauksina hitsaussavuja – huuruja ja kaasuja. Huurut koostuvat pääosin metallien oksideista, kun taas kaasut koostuvat otsonista, typpioksideista ja hiilimonoksidista. Riskiä altistua näille epäpuhtauksille pienennetään erilaisilla keinoilla,

kuten raitisilmamaskeilla ja hengityssuojaimilla, yleisilmanvaihdolla, paikallispoistolla jne. Näitä luonnollisesti aina tarvittavia keinoja yhdistää se, että ne eristävät hitsaajan epäpuhtauksista.

Tehokkain suoja kuitenkin saadaan, jos epäpuhtauksien syntyminen voidaan kokonaan välttää tai syntyvää määrää rajoittaa. Tämä on perusajatus MISON® suojakaasuille, jotka tehokkaasti alentavat hitsauksessa muodostuvan otsonin määrää.

Otsoni on yksi haitallisimmista hitsauksessa muodostuvista epäpuhtauksista. Sen terveydellinen raja-arvo (korkein hyväksyttävä keskiarvopitoisuus työpäivän aikana HTP_{8hr}, 2009) on vain 0,05 ppm, joka on esimerkiksi 600 kertaa alempi kuin hiilimonoksidilla.

Suurin osa niistä toimenpiteistä, joilla on kyetty parantamaan hitsauksen tuottavuutta ja laatua (kuten suojakaasun hiilidioksidipitoisuuden alentaminen tai muutokset hitsausarvoissa) ovat lisänneet muodostuvan otsonin määrää. Tämä näyttäisi olevan hinta, jonka joudumme kehityksestä maksamaan. MISON® suojakaasujen avulla muodostuvan otsonin määrä kuitenkin voidaan pitää matalana, samalla kun hitsauksen tuottavuus ja laatu voidaan optimoida.



Työuransa aikana hitsaaja altistuu lukemattomia kertoja HTP-arvot ylittävälle otsonipitoisuuksille, mikäli asianmukaisia suojaustoimenpiteitä ei käytetä. MISON® suojakaasuja käytettäessä suuri osa muodostuvasta otsonista häviää jo valokaaren läheisyydessä pääsemättä koskaan hengitysvyöhykkeelle.



2.3 Otsoni – hyvä ja paha

Otsoni on ilmakehässä luonnostaan esiintyvä kaasu. Eniten sitä on stratosfäärissä noin 25 kilometrin korkeudella maanpinnasta. Tämä meille elintärkeä otsonikerros suodattaa auringon ultraviolettisäteilyä ja muodostaa näin suojan elolliselle elämälle maapallolla. Otsonikerroksen ohenemisella on katsottu olevan yhteys todetulle ihosyövän yleistymiselle.

Lähempänä maanpintaa otsoni on tullut tunnetuksi tietyillä seuduilla toistuvasti annettavista otsonivaroituksista. Suurissa taajamissa otsonia muodostuu runsaasti teollisuuden ja autojen hiilivety- ja typpidioksidipäästöjen sekä auringonvalon yhteisvaikutuksesta.

Otsoni aiheuttaa sille altistuneissa yleisiä oireita, kuten polttavan tunteen kurkussa, limakalvojen kuivumista, yskää, päänsärkyä, rintakipuja ja hengitysvaikeuksia. Oireet ovat samoja, joita todetaan myös hitsauksen yhteydessä. Astmaatikoidelle korkeat otsonipitoisuudet voivat olla kohtalokkaita. Suurten otsonimäärien pitkäaikaisista vaikutuksista ei vielä ole olemassa varmaa tietoa, mutta selviä merkkejä on siitä, että otsoni voi aiheuttaa kroonista keuhkoputkentulehdusta ja keuhkopöhöä.

2.4 MISON® suojakaasuohjelma

Vuonna 1976 Lindelle myönnettiin patentti menetelmään, jolla vähenne-

tään suojakaasun avulla kaasukaarihitsauksessa muodostuvan otsonin määrää. Markkinoille tuotiin mullistava uusi suojakaasu – MISON®. Oli havaittu, että suojakaasuun lisätty pieni määrä typpimonoksidia (NO) reagoi herkästi otsonin kanssa, jolloin muodostuu happea (O₂) ja typpidioksidia (NO₂). Savukaasujen otsoniarvot alentuvat ja tuloksena on parempi työympäristö hitsaajalle.

MISON® merkitsee kokonaista suojakaasuperhettä, josta löytyy oikea suojakaasu kaikkiin hitsaussovelluksiin. Jo parinkymmenen vuoden ajan on saatu käyttäjiltä yhdensuuntaista tietoa MISON® suojakaasujen edullisista vaikutuksista työympäristöön, ja edelleen tuottavuuteen sekä laatuun. Seuraavissa luvuissa on kerrottu lisää MISON® suojakaasuista.

2.5 Taustalla tiede

1970-luvulla suoritettujen otsonikerrosta koskevien tutkimukset (jotka johtivat kolmen tutkijan palkitsemiseen Nobelin kemian palkinnolla 1995) olivat lähtökohta MISON® kaasujen kehittämiseksi. Mainituissa tutkimuksissa oli selvinnyt, että typpimonoksidi (NO) on yksi otsonin kanssa herkästi reagoivista aineista.

Heidän tutkimustensa pohjalta tutkijaryhmä ryhtyi selvittämään, kuinka ilmiötä voitaisiin hyödyntää suojakaasuissa. Tuloksena syntyivät Linden (ent. AGA) MISON® suojakaasut.

Työympäristö.

Sisältö

3.1 Tausta

3.2 Hitsausympäristölle tyypilliset ilman epäpuhtaudet

3.3 Pöly ja huurut

3.4 Huurujen koostumus

3.5 Hitsauksessa muodostuvat kaasut

3.5.1 Otsoni, O₃

3.5.2 Typpimonoksidi

3.5.3 Typpidioksidi

3.5.4 Otsoni ja typpidioksidi

3.5.5 Hiilimonoksidi

3.1 Tausta

Kaikkiin hitsausmenetelmiin liittyy hitsaajan terveyttä ja turvallisuutta vaarantavia riskitekijöitä. Niitä ovat huurut, kaasut, säteily, kuumuus, melu ja raskaat nostot.

Viime vuosina on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota terveellisten ja turvallisten työolosuhteiden luomiseen.

Kiinnostusta ovat lisänneet yleinen ympäristötietouden kasvu, uudet viranomaismääräykset ja se, että on oivallettu hyvän työympäristön parantavan myös työn tuottavuutta ja edelleen koko yrityksen kannattavuutta.

Alla on mainittu eräitä syitä, joihin tuottavuuden kasvu parantuneen työympäristön johdosta perustuu:

- Huonot työolosuhteet johtavat todennäköisesti useampiin poissa-olopäiviin sairauden tai loukkaantumisen vuoksi. Sijainen tarvitsee koulutuksen ja usein hitsaustyön korjausten määrä kasvaa.
- Huonoista työolosuhteista myös usein johtuu, että työsuorituksen taso vaihtelee päivän aikana varsinkin tuottavuuden ja laadun osalta.
- Motivaatio ja työtyytyväisyys lisääntyvät, kun huomataan työnantajan panostavan aktiivisesti työntekijöiden hyvinvointiin.
- Työympäristön osalta käsikirjassa keskitytään tarkastelemaan hitsauksessa syntyviä ilman epäpuhtauksia, joiden määrään ja laatuun voimme pelkästään suojakaasuvalinnoilla vaikuttaa merkittävästi.

3.2 Hitsausympäristölle tyypilliset ilman epäpuhtaudet

Hitsaukseen liittyvät ilman epäpuhtaudet muodostuvat pölystä, huu-ruista ja hitsauksessa syntyvistä kaasuista. Pölyjen ja huurujen olemas- saolo on yleensä helppo havaita jo paljain silmin.

Sitä vastoin syntyvät epäterveelliset kaasut ovat usein silmälle nä- kymättömiä. Syntyviltä epäpuhtauksilta tulee suojautua, esimerkiksi järjestämällä riittävä yleisilmanvaihto ja käyttämällä paikallispoistoa tai raitisilmamaskia. On tärkeää välttää hitsauksesta kohoavaa savu-

kaasupatsasta ja käyttää vakaan valokaaren antavia hitsausarvoja. Myös suojakaasuvalinta vaikuttaa työympäristöön. Esimerkiksi valitse- malla MISON® suojakaasu voidaan pienentää todennäköisyyttä altistua haitallisille otsonipitoisuuksille hitsauksessa.

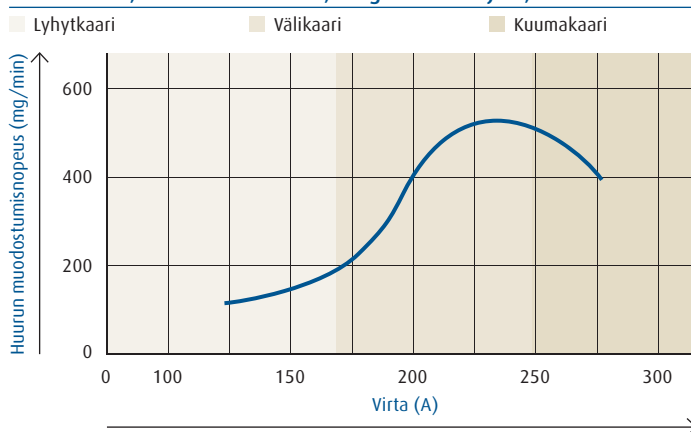
3.3 Pöly ja huurut

Hitsauksessa pölyksi määritellään hiukkaset, joiden koko on suurempi kuin 1 µm (0,001 mm). Ne putoavat lähelle valokaarta ja muodostuvat suurimmaksi osaksi hitsausroiskeista. Hitsashuurut muodostuvat alle 1 mikrometrin kokoisista hiukkasista. Huurut jäävät yleensä leijaillemaan ilmaan ja voivat kantautua kauas hitsauskohteesta.

Huurut koostuvat pääasiassa metallioksidoista. Niitä muodostuu, kun sula metalli ensin höyrystyy valokaaressa ja sitten tiivistyy ja hapet- tuu ympäröivän ilman vaikutuksesta. MIG/MAG-hitsauksessa huurut muodostuvat lähes kokonaan lisäaineesta ja siinä olevista seosaineista. Perusaineen osuus huuuriin on vähäinen. Täytelankahitsauksessa myös langan sisältämä jauhe vaikuttaa huurujen muodostukseen ja niiden koostumukseen.

Roiskeilla on ratkaiseva merkitys huurujen muodostukseen – mitä enemmän roiskeita, sitä enemmän huujuja. Roiskeiden määrään vaikut- tavat hitsausarvot ja suojakaasun koostumus.

MAG-hitsaus, seostamaton teräs, langan halkaisija 1,0 mm



Lyhyt- ja kuumakaarialueella valokaari on vakaa, minkä seurauksena myös huurujen muodostuminen on vähäisempää kuin välikaarialueella. Kuumakaarialueen korkeampi huurunmuodostus lyhytkaareen verrattuna selittyy suuremmasta metallin höyrystymisestä.

Siirryttäessä välikaarialueelta kuumakaarelle vähenee huurunmuo- dustus selvästi ja on alimmillaan, kun vakaa kuumakaari on saavutettu. Jos virtaa ja jännitettä kasvatetaan edelleen, nousee myös huurunmuo- dostumisnopeus. Mikäli suojakaasun hiilidioksidipitoisuus ylittää 25–30 prosenttia, vakaa kuumakaari ei ole enää mahdollinen ja huurujen muodostuminen on voimakasta.

Eri tekijöiden vaikutus huurujen muodostumiseen ja työympäristöön

Vaikuttava tekijä	Vaikutus
Puikkohitsaus	Enemmän huuruja kuin MIG/MAG- ja TIG-hitsauksessa
MIG/MAG-hitsaus	Huurujen määrä riippuu hitsausarvoista ja suojakaasusta
TIG-hitsaus	Vähän huuruja
Lisäaine	Suurin huurujen aiheuttaja. Vaikuttaa määrään ja koostumukseen. Umpilangoilla vähemmän huuruja kuin täytelangoilla. Eniten huuruja suoja-kaasuttomia lankoja käytettäessä.
Hitsausarvot	Lyhytkaari = vähän huuruja Väliskaari = enemmän huuruja Pulssikaari = vähemmän huuruja Kuumakaari = vähemmän huuruja Enemmän roiskeita = enemmän huuruja
Suojakaasu	Suojakaasussa vähän CO ₂ tai O ₂ = vähemmän huuruja Suojakaasussa paljon CO ₂ tai O ₂ = enemmän huuruja

3.4 Huurujen koostumus

Huurujen koostumus riippuu muun muassa siitä, kuinka helposti lähinnä lisäaineessa olevat seosaineet pyrkivät höyrystymään ja hapettumaan. Seuraavassa on esitetty lyhyesti tavallisimmat huurujen komponentit sekä niiden haittavaikutuksia.

Kromi, Cr

Kromiseosteisia teräksiä hitsattaessa muodostuu kolmiarvoisia ja kuusiarvoisia kromiyhdisteitä, joista viimeksi mainitut ovat vesiliukoisina haitallisempia. Huurut aiheuttavat limakalvojen ärsytystä ja metallikuumetta, ja niillä on vaikutuksia myös hengitysteihin ja keuhkoihin. Kromia pidetään karsinogeenisena aineena.

Kupari, Cu

Kuparia voi olla perusaineessa tai lisäaineessa. Useimmat seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen lisäainelangat ovat kuparipinnoitteisia. Kuparihuurujen hengittäminen voi aiheuttaa metallikuumetta ja keuhkokuutoksia.

Rauta, Fe

Hitsaushuuruissa esiintyy rautaoksidia hitsattaessa rautametalleja. Rautaoksidien pitempiaikainen hengittäminen voi aiheuttaa rautapölykeuhkon. Se muistuttaa kivi- ja rautapölykeuhkoa, mutta ei ole yhtä vaarallinen.

Mangaani, Mn

Mangaania on seosaineena teräksessä ja lisäaineissa. Suurina määrinä mangaanioksidi on myrkyllistä. Mangaanimyrkytyksen oireita ovat limakalvojen ärsytys, vapina, lihasjäykkyys ja heikotus. Se voi vaikuttaa myös hermostoon ja hengitysteihin. Mangaani voi myös aiheuttaa metallikuumetta.

Nikkeli, Ni

Nikkeli on ruostumattomissa teräksissä yleinen seosaine yhdessä kromin kanssa. Hitsaussavun nikkelioksidit voivat aiheuttaa metallikuumetta. Nikkeli lukeutuu aineisiin, joiden epäillään olevan karsinogeenisiä.

Sinkki, Zn

Sinkkioksidihuuruja muodostuu hitsattaessa sinkittyjä levyjä. Sinkkihuurujen hengittäminen aiheuttaa metallikuumetta.

3.5 Hitsauksessa muodostuvat kaasut

Hitsauksessa muodostuvilla kaasuilla on tärkeä merkitys hitsaajan työympäristöön. Seuraavassa kerrotaan tärkeimmistä kaasuista, niiden alkuperästä ja vaikutuksista.

Kaasukaarihitsauksessa hyvin korkea lämpötila ja valokaaren ultraviolettisäteily ovat tärkeimmät muodostuvien kaasujen aiheuttajat. Seuraavassa tarkasteltavat kaasut ovat myrkyllisiä ja/tai tukehduttavia.

3.5.1 Otsoni, O₃

Otsoni on väritön, erittäin myrkyllinen kaasu. Otsoni vaikuttaa varsinkin hengitysteiden limakalvoihin. Liiallinen otsonialtistus aiheuttaa ärsytyksen tai polttavan tunteen kurkussa, yskää, rintakipuja ja vinkuvan hengityksen.



Otsonin HTP_{8h} -arvo Suomessa on vain 0,05 ppm O₃ (HTP-arvot, 2009)

1. Hitsausvalokaari synnyttää ultraviolettisäteilyä.
2. Ultraviolettisäteily törmää ilman happimolekyyleihin saaden happimolekyylin jakautumaan kahtia, jolloin muodostuu kaksi yksittäistä happiatomia (O₂ -> O+O).
3. Happiatomi kohtaa uuden happimolekyylin muodostaen otsonimolekyylin (O+O₂ -> O₃).
4. Otsonia muodostuu eniten 10–15 cm etäisyydellä valokaaresta. Otsoni nousee ylöspäin kuumen ilmapatsaan mukana ja ajautuu hitsaajan hengitysvyöhykkeeseen.



Otsonia muodostuu ilman hapesta valokaaren synnyttämän ultraviolet-tisäteilyn kohdatessa happimolekyylin, joka jakautuu happiatomeiksi. Nämä reagoivat edelleen happimolekyylien kanssa muodostaen otsonia summareaktion ollessa seuraava: $3O_2 \rightarrow 2O_3$

Ultraviolettisäteily 130–175 nm aallonpituuksilla kehittää eniten otsonia. Suurin osa otsonista muodostuu valokaaren välittömässä läheisyydessä. Otsoni poistuu kaarialueelta hitsauskohteesta nousevan lämpimän savupatsaan mukana.

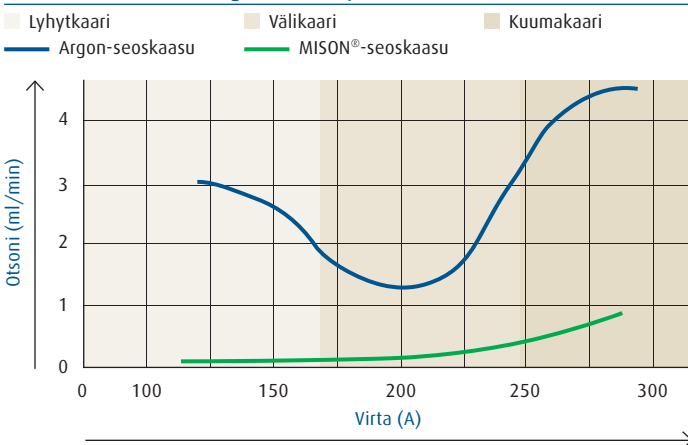
Otsoniemission määrä riippuu siitä, paljonko otsonia on alun perin muodostunut, ja paljonko tästä määrästä pelkistyy takaisin hapeksi (O_2) ympäröivässä savupatsaassa.

Otsonin pelkistyminen savupatsaassa tapahtuu seuraavilla kolmella tavalla:

1. Terminen hajoaminen lähinnä kaarta olevassa vyöhykkeessä, jossa lämpötila on $500^\circ C$ tai enemmän.
2. Katalyyttinen pelkistyminen, jossa katalysaattorina toimivat savupatsaan metallioksidihukkaset.
3. Kemiallinen pelkistyminen otsonin reagoidessa muiden savupatsaassa olevien kaasujen kanssa. Tehokkain reaktio tapahtuu otsonin ja typpimonoksidin (NO) kesken seuraavasti: $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$

MISON® suojakaasuihin tehty 0,03 % typpimonoksidilisäys on riittävä vähentämään tehokkaasti hitsauksessa muodostuvan otsonin määrää.

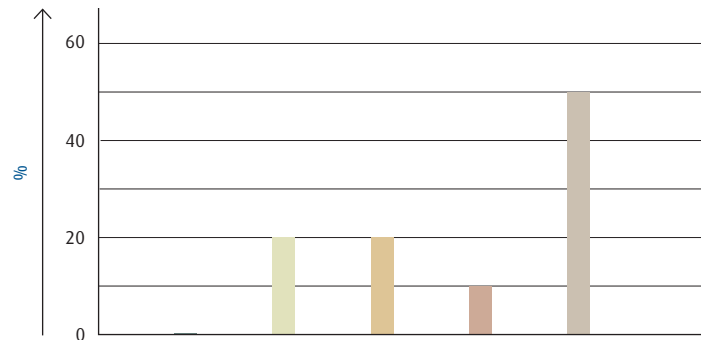
Seostamaton teräs, langan halkaisija 1,0 mm



MISON® suojakaasun vaikutus MAG-hitsauksessa. MISON® suojakaasuja käytettäessä syntyvän otsonin määrä on pienempi. Tavallisilla seoskaasuilla otsoniemissio on pienin välikaarialueella, jossa puolestaan huuruemissiolla on maksimi. Vertaa kuvaajaan kohdassa 3.3.

Otsonialtistuksen todennäköisyys

Puikkohitsaus Seostamaton teräs	0%
MAG-hitsaus Seostamaton teräs	20%
TIG/MAG-hitsaus Ruostumaton teräs	20%
TIG-hitsaus Alumiiniseokset	10%
MIG-hitsaus Alumiiniseokset	50%



Todennäköisyys joutua alttiiksi yli 0,1 ppm (yli kaksinkertaisille HTP_{th} -arvoille) otsonipitoisuuksien vaikutuksille hitsaustyössä, lähdeaineistona prof. Ulvarssonin tutkimukset 1978. MISON® suojakaasuja käyttämällä altistumistodennäköisyys pienenee selvästi.

Vaikuttava tekijä	Vaikutus
Hitsausprosessi	Lisäaineen, suojakaasun ja hitsausarvojen yhteisvaikutus. Puikkohitsauksessa muodostuu enemmän typpioksideja, jolloin otsoninmuodostus on pienempää kuin MIG/MAG- ja TIG-hitsauksessa.
Lisäaine	Täytelangat synnyttävät jonkin verran enemmän savua ja otsonin muodostus on pienempää kuin umpilankoja käytettäessä.
Perusaine	Alumiinin MIG-hitsaus antaa suurimmat otsoniemissiot.
Hitsausarvot	Suurempi kaarienergia = enemmän otsonia. Pulssihitsaus = vähemmän savua mutta enemmän otsonia.
Suojakaasu	Enemmän savua = vähemmän otsonia. Vähän O_2 tai CO_2 = paljon otsonia.
Roiskeet	Runsaasti roiskeita = enemmän huuruja = vähemmän otsonia.
Muut	Enemmän tyyppioksideja = vähemmän otsonia.

Eri tekijöiden vaikutus otsonin muodostumiseen ja työympäristöön.





3.5.2 Typpimonoksidi, NO

Typpimonoksidia muodostuu ympäröivän ilman hapesta ja typestä. Kuuma valokaari tai kuuma metalli käynnistää seuraavan reaktion:
 $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$

Typpimonoksidin HTP_{8h} -arvo Suomessa on 25 ppm NO (HTP-arvot, 2009).

Kaaritilaan joutunut ilma on syynä typpimonoksidin (NO) syntymiseen. Mitä enemmän ilmaa kaaritilaan joutuu, sitä suurempaa on typpimonoksidin syntyminen.

3.5.3 Typpidioksidi, NO₂

Osa typpimonoksidista, joka syntyy valokaaren läheisyydessä, voi alemmissa lämpötiloissa muuttua typpidioksidiksi (NO₂) seuraavasti:
 $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$

Typpidioksidin HTP_{8h} -arvo Suomessa on 3 ppm NO₂ (HTP-arvot, 2009).

Eniten typpidioksidia (NO₂) muodostuu puikkohitsauksessa, sitten MIG/MAG-hitsauksessa ja vähiten TIG-hitsauksessa.

Mikäli läheisyydessä on otsonia, reagoi typpimonoksidi ensisijaisesti sen kanssa muodostaen typpidioksidia ja happea ($NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$). Kyseistä reaktiota hyödynnetään MISON® suojakaasuissa alentamaan savukaasujen otsonipitoisuuksia.

Pienten typpidioksidimäärien syntyminen otsoninpoiston seurauksena on hyväksyttävää, sillä otsonia pidetään hitsauksessa selvästi typpidioksidia ongelmallisempana.

3.5.4 Otsoni (O₃) ja typpidioksidi (NO₂)

MISON® suojakaasuihin lisätty typpimonoksidi (NO) poistaa otsonia (O₃), mutta lisää typpidioksidin (NO₂) määrää. Savuissa samanaikaisesti esiintyvien samantyyppisten haitallisiksi luokiteltujen epäpuhdistusten yhteisvaikutusta voidaan arvioida seuraavasti:
 $C_1/HTP_1 + C_2/HTP_2 + \dots + C_n/HTP_n \leq 1$

Kaavassa C on kyseisen aineen mitattu pitoisuus ja HTP on kyseisen aineen haitalliseksi tunnettu pitoisuus. Hengitysvyöhykkeessä yhtälön summan täytyy olla pienempi kuin 1. Koska otsonin HTP-arvo

on selvästi alhaisempi kuin typpidioksidin, on edullista pienentää syntyvän otsonin määrää savuissa.

3.5.5 Hiilimonoksidi, CO

Hiilimonoksidia eli häkää muodostuu pääasiassa suojakaasun hiilidioksidin (CO₂) hajaantuessa seuraavasti:
 $2CO_2 \rightarrow 2CO + O_2$

Hiilimonoksidin HTP_{8h} -arvo Suomessa on 30 ppm CO (HTP-arvot, 2009). Hiilidioksidin HTP_{8h} -arvo on vastaavasti 5000 ppm CO₂ (HTP-arvot, 2009).

Hiilimonoksidi on hajuton ja väritön kaasu, joka estää hapen sitoutumista vereen.

Häkämyrkytys aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä, rintakipua, keskittymisvaikeuksia ja lopulta tajuttomuuden. Mitä enemmän suojakaasu sisältää hiilidioksidia, sitä enemmän muodostuu hiilimonoksidia.

Normaalioloissa MAG-hitsauksessa hiilimonoksidin muodostuminen ei kuitenkaan ole erityinen ongelma. Vaarallisen korkeita hiilimonoksidipitoisuuksia voi kuitenkin esiintyä suljetuissa, huonosti tuuletetuissa tiloissa.

3.6 Muut epäpuhtaudet

Hitsauksessa syntyvät muut epäpuhtaudet ovat peräisin metallin pinnoitteesta, pinnan puhdistukseen käytetyistä liuottimista tai epäpuhtaasta levyn pinnasta niiden joutuessa kosketuksiin lämmön ja ultraviolettisäteilyn kanssa.

Hitsattavien pintojen puhdistus valokaaren lähiympäristöstä on tehokas keino rajoittaa tällaisten epäpuhtauksien syntymistä. Kloorattuja hiilivetyjä sisältävät liuottimet, esimerkiksi trikloorietyleni, voivat valokaaren vaikutuksesta muodostaa ilmaan myrkyllisiä yhdisteitä. Tällaisia puhdistusaineita ei tulisi käyttää hitsattavien kappaleiden puhdistukseen.

Suojakaasun vaikutus tuottavuuteen.

Sisältö

4.1 Yleistä

4.2 Hitsausprosessi

4.3 Suojakaasu

4.3.1 Ar/CO₂ -seoskaasut vai CO₂

4.3.2 Hitsausnopeus ja hitsiaineentuotto

4.3.3 Roiskeet, jälkipuhdistus

4.3.4 MIG-juotto

4.3.5 Heliumin tai vedyn lisääminen

4.4 Lisäaine ja suojakaasu

4.5 Suurteho MIG/MAG-hitsaus

4.5.1 Esimerkki pakotetun lyhytkaaren sovelluksesta

4.5.2 Esimerkki pyörivän kuumakaaren sovelluksesta

4.1 Yleistä

Hitsauksen kokonaiskustannukset tuotettua yksikköä kohden koostuvat useasta eri tekijästä. Alla olevasta kuvaajasta nähdään, mistä eri tekijöistä kustannukset muodostuvat ja miten ne jakaantuvat. Suojakaasu, lisäaine, kunnossapito ja sähköenergia ovat suhteellisen pieni osa kokonaiskustannuksista. Suurin osa käsinhitsauksen ja mekanisoidun hitsauksen kustannuksista muodostuu työ- ja pääomakustannuksista.

Yksikkökustannuksia voidaan alentaa ennen kaikkea hyödyntämällä tuotantolaitteistoa tehokkaasti. Mitä suurempi lisäaineentuotto ja paloaikasuhde saadaan, sitä parempi on tuottavuus ja sitä alemmat ovat nämä kustannusten kannalta merkittävät tekijät, ja samalla myös kokonaiskustannukset.

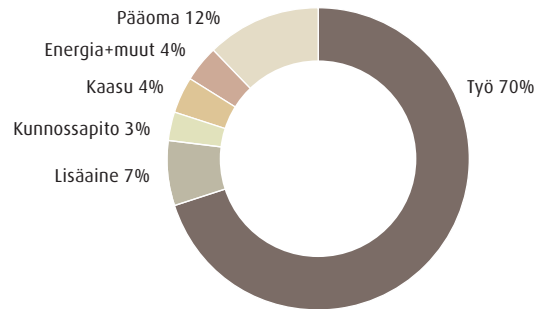
TIG- ja MIG/MAG-hitsauksessa suojakaasun valinta vaikuttaa merkittävästi sekä lisäaineentuottoon että paloaikasuhteeseen. Suuren hitsausnopeuden mahdollistavalla suojakaasulla voidaan lisäaineentuottoa kasvattaa. Juohevan hitsin ja vähäroiskeisen hitsaustapahtuman antava suojakaasu puolestaan parantaa paloaikasuhdetta jälkityön määrän pienentyessä.

Suojakaasulla on vaikutusta myös saavutettavaan laatuun, mikä on luonnollisesti yksi perustekijöistä valintoja tehtäessä. Saavutettavien säästöjen rinnalla eri suojakaasujen hintaerot ovat marginaaliset. Sijoitus tuottavuuden kannalta parhaan tuloksen antavaan kaasuun antaa moninkertaisen säästön kokonaiskustannuksissa.

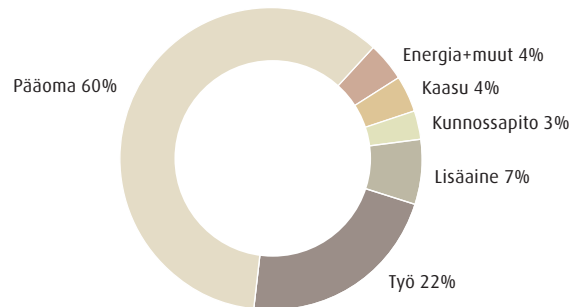
4.2 Hitsausprosessi

Nykyisin käytettävistä hitsausprosesseista yleisin on MIG/MAG-hitsaus. Vuodesta 1975 MIG/MAG-hitsauksen osuus on yli kaksinkertaistunut. Kasvu on tapahtunut puikkohitsauksen kustannuksella.

Käsinhitsaus



Mekanisoitu hitsaus



Esimerkki hitsauskustannusten jakautumisesta tuoteyksikköä kohden (seostamaton teräs). Tehokas tapa pienentää kustannuksia on valita suuren hitsausnopeuden ja vähäroiskeisen hitsaustapahtuman antava suojakaasu.

Eräs syy MIG/MAG-hitsauksen suosioon on suuri hitsiaineentuotto, kuten viereisen sivun taulukosta käy ilmi.

Hitsiaineentuottoa voidaan edelleen nostaa käyttämällä täytelankoja joissain sovelluksissa tai soveltamalla suurtehohitsausta (RAPID PROCESSING®), johon palataan kohdassa 4.5. MIG/MAG-hitsauksen kasvuun on vaikuttanut myös sen soveltuvuus mekanisoituun ja robotihitsaukseen.



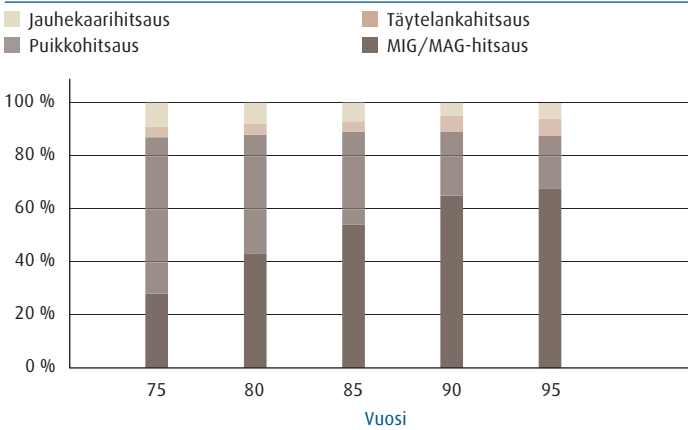
Esimerkki

Seostamaton teräs Levyn paksuus 8 mm Alapiena, PB a-mitta 5 mm	Langan halkaisija (mm)	Hitsaikeen- tuotto (kg/h)	Langansyöttö- nopeus (m/min)	Hitsaus- nopeus (cm/min)
Puikkohitsaus, emäksinen puikko	5	2,6		22
Puikkohitsaus, suurtehorutiilipuikko	5	5,7		49
MAG-hitsaus, umpilanka, CO ₂	1,2	4,2	8	36
MAG-hitsaus, umpilanka, MISON® 18	1,2	5,8	11	50
Täytelankahitsaus, rutiililanka MISON® 18	1,6	6	8	55
RAPID PROCESSING®, umpilanka, MISON® 8	1,2	9,5	18	81



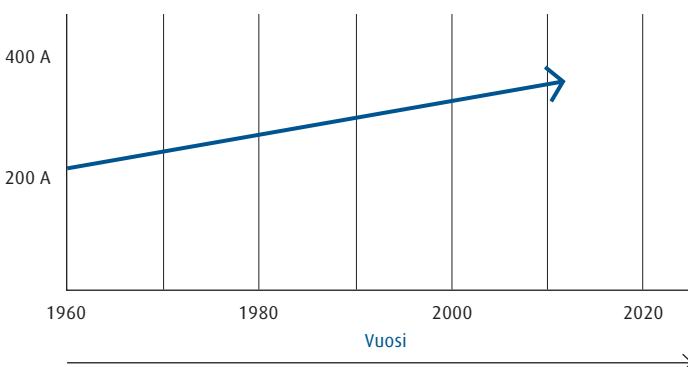


MIG-/MAG-hitsauksen suosion kehittyminen



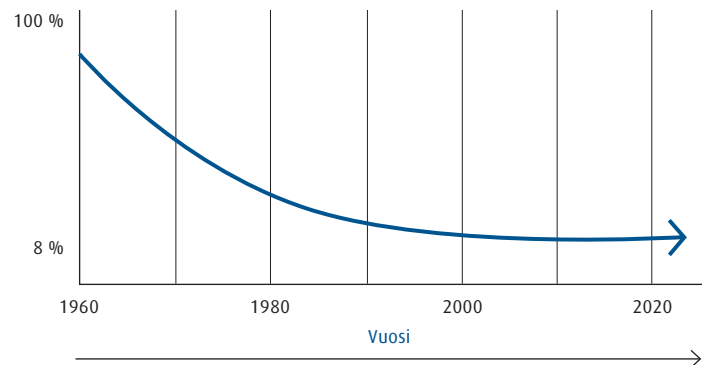
Suhteellinen lisäaineen kulutus prosessia kohti Länsi-Euroopassa 1975–1995 MIG/MAG-hitsauksen kasvua on vauhdittanut suuri hitsiaineentuotto, alemmat kokonaiskustannukset, parempi työympäristö ja soveltuvuus mekanisointiin.

Keskimääräinen hitsausvirta



Kehityssuunta on jo vuosia ollut kohti suurempaa tuottavuutta. MIG/MAG-hitsauksessa tuottavuutta on parannettu käyttämällä suurempia hitsausarvoja ja pienentämällä suojakaasujen CO₂/O₂-pitoisuutta. Haittana tästä on kuitenkin ollut otsonimuodostumisen kasvu hitsauksessa.

Keskimääräinen CO₂-pitoisuus



Kasvaneet hitsausarvot ja pienentynyt suojakaasun CO₂-pitoisuus ovat kasvattaneet hitsiaineentuottoa ja hitsausnopeutta. Haittapuolena on ollut otsonin muodostumisen kasvu.

MISON® suojakaasuja käyttämällä on kuitenkin mahdollista parantaa tuottavuutta ja alentaa otsoninmuodostusta samanaikaisesti.

4.3 Suojakaasu

4.3.1 Ar/CO₂ -seoskaasut vai CO₂?

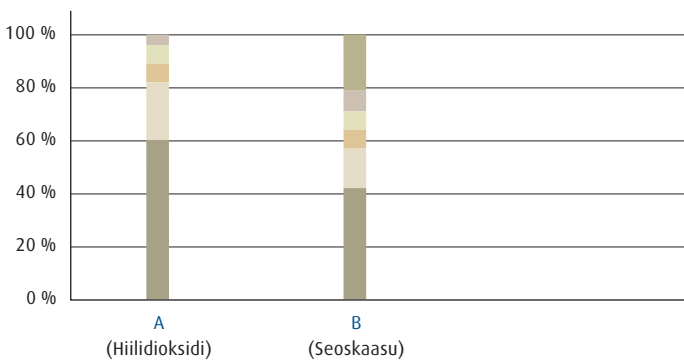
Hiilidioksidi (CO₂) oli aikoinaan MAG-hitsauksessa eniten käytetty suojakaasu, jonka suosio perustui paljolti sen parempaan saatavuuteen ja seoskaasuja edullisempaan hintaan. Kokonaisuuden kannalta ratkaisevampaa on kuitenkin tarkastella, mitä etuja suojakaasu voi tarjota tuottavuuden ja laadun osalta ja mikä vaikutus sillä on tarvittavan jälkityön määrään, kuin tarkastella pelkästään tätä yksittäistä kustannustekijää. Saavutettavien säästöjen rinnalla eri suojakaasujen hintaerot ovat marginaaliset. Sijoitus parhaan tuloksen antavaan suojakaasuun antaa moninkertaisen säästön kokonaiskustannuksissa. Seoskaasuja käyttämällä pystytään hitsaus optimoimaan sekä tuottavuuden että laadun osalta. Tämä on todettu myös käytännön hitsaustyössä. Puhtaan hiilidioksidin käyttö suojakaasuna onkin nykyisin häviävän pientä.



Alla olevasta kuvaajasta nähdään kokonaiskustannuksissa tapahtunut muutos siirryttäessä hiilidioksidista seoskaasuun. Kuvaaja vastaa hyvin vuosien varrella käytännössä saavutettuja tuloksia. Monissa tapauksissa saavutetut säästöt ovat olleet vieläkin suurempia.

Kokonaiskustannusten muutos: hiilidioksidi vastaan kaasuseos

■ Pääoma	A: 60%	B: 42%	■ Työkustannus	A: 22%	B: 15%
■ Lisäaine	A: 7%	B: 7%	■ Energia, Kunnossapito	A: 7%	B: 7%
■ Suojakaasu	A: 4%	B: 8%	■ Kustannussäästö	A: 0%	B: 21%



Esimerkki suojakaasumuutoksella saadusta kustannussäästöstä Suojakaasun vaihtaminen kasvatti hitsausnopeutta ja vähensi jälkityötä. Saavutettu 30% tuottavuuden kasvu alensi kokonaiskustannuksia 21%.

4.3.2 Hitsausnopeus ja hitsiaineentuotto

Yksi syy hitsauksen kokonaiskustannusten alenemiseen on seoskaasulla saatava hitsausnopeuden kasvu.

Hiilidioksidi ei mahdollista yhtä suurta hitsausnopeutta, koska tällöin hitsikuvusta tulee liian korkea ja hitsipalon liittyminen perusaineeseen huononee. Oikealla oleva kuvaaja esittää eri suojakaasuilla saatuja hitsausnopeuksia langansyöttönopeuden ollessa vakio. Mitä pienempi suojakaasun CO₂-pitoisuus on, sitä suurempi on hitsausnopeus.

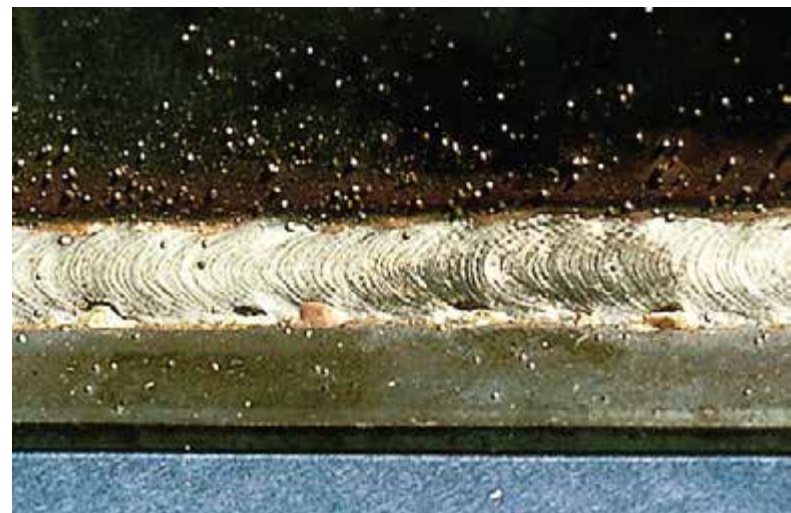
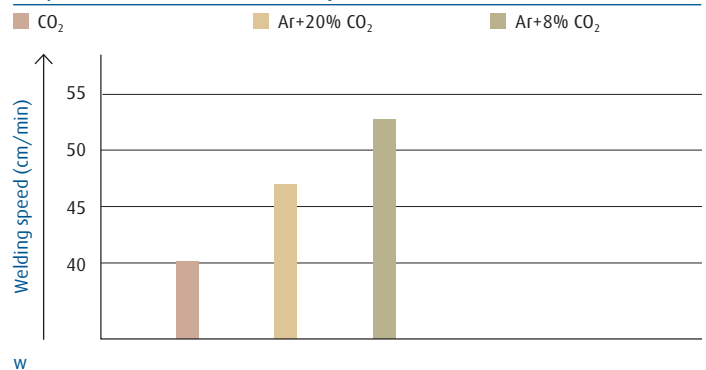
4.3.3 Roiskeet, jälkipuhdistus

Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset

Hitsin jälkikäsittely on merkittävä kustannuserä. Jos hitsauksessa muodostuu paljon roiskeita, on ne poistettava hiomalla. Mitä suurempia roiskeet ovat, sitä enemmän ne sisältävät lämpöä ja sitä helpommin ne hitsautuvat perusaineen pintaan.

Mitä enemmän suojakaasussa on hiilidioksidia, sitä enemmän roiskeita muodostuu ja sitä suurempi on suurten, pintaan hitsautuvien roiskeiden määrä. Roiskeet ovat peräisin lisäaineesta. Roiskemäärän kasvu pienentää lisäaineen hyötylukua ja nostaa lisäainekustannuksia.

Suojakaasun vaikutus hitsausnopeuteen



Mitä argonvaltaisempaa seoskaasu on, sitä vähemmän roiskeita ja jälkityötä.



Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomien terästen MAG-hitsauksessa argonpohjaiseen suoja-kaasuun on lisättävä pieni määrä hapettavaa komponenttia (1–2 % CO₂), jotta valokaaresta tulee vakaa ja vähäroiskeinen. Joidenkin runsasseosteisten ruostumattomien terästen, kuten superduplexien ja austeniittisten runsasseosteisten ruostumattomien terästen hitsaukseen tulisi kuitenkin valita inertti suoja-kaasu, mikäli halutaan hyödyntää näiden teräslaatuojen korroosio-ominaisuudet täysimääräisesti.

Puhtaan argonin asemesta (valokaaresta tulee epävakaata ja roiskeita muodostuu paljon) suositellaan käytettäväksi suoja-kaasua MISON® Ar. Se sisältää argonin lisäksi 0,03 % typpimonoksidia, joka riittää vakautamaan kaaren ilman mainittavaa oksidinmuodostusta. Jälkikäsittelyn tarve vähenee, mikä puolestaan parantaa hitsauksen tuottavuutta.

4.3.4 MIG-juotto

MIG-juotettaessa ohuita tai metallipinnoitteisia levyjä on tärkeää saada vähän lämpöä antava valokaari, jotta perusaine ei sulaisi (juotettaessa vain lisäaineen kuuluu sulaa). Kaaren tulee olla vakaa, jotta vältytään roiskeilta ja huokosmuodostukselta. Puhdas argon suoja-kaasuna antaa epävakaan valokaaren. Erilaiset argonseokset kyllä antavat vakaan kaaren, mutta lämpöä muodostuu liikaa. Suoja-kaasun MISON® Ar (Ar+0,03% NO) sisältämä typpimonoksidi riittää vakautamaan valokaaren samalla kun lämmöntuonti pysyy vähäisenä. Autoteollisuudesta saadut kokemukset osoittavat, että juotosten korjauskustannukset putoavat jopa 70 % siirryttäessä puhtaasta argonista MISON® Ar -suoja-kaasuun. Juotosjälki muodostuu myös paremmaksi.

4.3.5 Heliumin tai vedyn lisääminen

Lisäämällä suoja-kaasuun heliumia tai vetyä kasvaa lämmöntuonti hitsiin ja hitsausnopeutta voidaan kasvattaa.

Esimerkkejä suoja-kaasuista, joissa on heliumia, ovat MISON® 2He, MISON® N2, MISON® He30, VARIGON® He50 ja VARIGON® He70. Kyseiset suoja-kaasut antavat leveämmän hitsin, paremman sivutunkeuman ja mahdollistavat suuremman hitsausnopeuden.

Lisäämällä suoja-kaasuun vetyä kasvaa lämmöntuonti hitsiin ja valokaaresta tulee keskitetympi ja suuremman tunkeuman antava. Austeniittisten ruostumattomien terästen TIG-hitsaukseen tarkoitettu suoja-kaasu MISON® H2 sisältää 2 % vetyä. Tuloksena saadaan suurempi hitsausnopeus, parempi tunkeuma ja juohevampi liittyminen hitsin ja perusaineen välillä. Hitsi myös hapettuu vähemmän ja tuottavuus paranee johtuen pienemmästä jälkikäsittelyn tarpeesta.

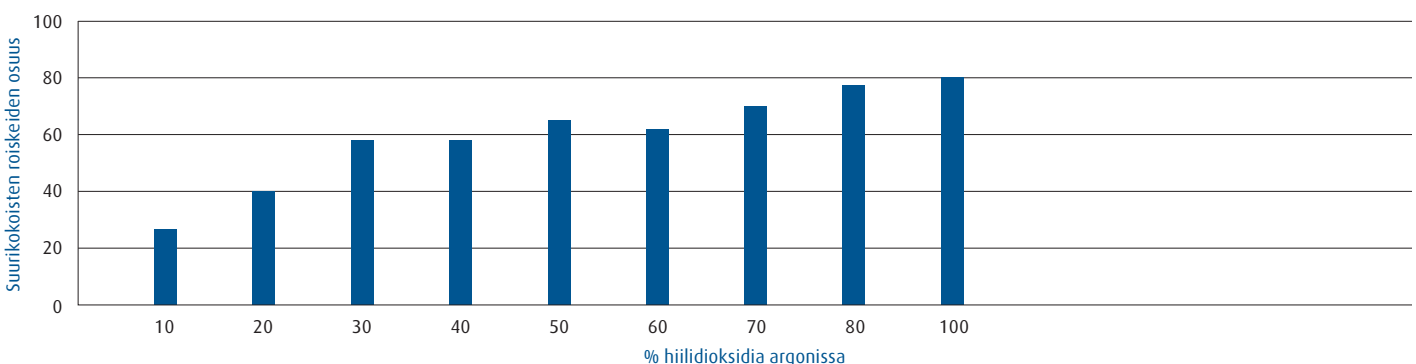
Lisää tietoa MISON® suoja-kaasuista on luvussa 10. Suoja-kaasun eri komponenttien vaikutuksista on kerrottu yksityiskohtaisemmin luvussa 1.

4.4 Lisäaine ja suoja-kaasu

Yleisenä lisäainevalinnan lähtökohtana on käyttää perusainetta vastaavan kemiallisen koostumuksen ja lujuuden antavaa lisäainetta. Poikkeuksia edellä mainittuun on toki monia. Materiaali- ja lisäainetointimittajien oppaista on saatavissa tietoa eri perusaineille soveltuvista lisäaineista. Lankatyypeistä voidaan useimmiten valita joko umpilanka tai täytelanka (jauhetytetyt ja metallijauhetytetyt). Eniten käytettyjä ovat umpilangat. Täytelankojen käytöllä saavutetaan joissain kohteissa etuja.

Valitsemalla oikea lisäaineen ja suoja-kaasun yhdistelmä voidaan hitsauksen tuottavuutta parantaa suuremman hitsausnopeuden ja/ tai suuremman hitsiaineentulon seurauksena. Myös hitsin ulkonäkö paranee johtuen vähemmistä roiskeista ja pintaoksidien määrästä sekä juohevammasta hitsin liittymisestä perusaineeseen. Tämä vähentää jälkityötä ja parantaa tuottavuutta.

Suurten, pintaan helposti hitsautuvien roiskeiden osuus kokonaisroiskemäärästä suoja-kaasun CO₂-pitoisuuden muuttuessa



4.5 Suurteho MIG/MAG-hitsaus

Tärkein yksittäinen tuottavuutta parantava tekijä on hitsiaineentuotto. MIG/MAG-hitsauksessa se on keskimäärin 3–5 kg tunnissa. Tuottoa on kuitenkin monasti mahdollisuus nostaa aina 7–10 kg:aan tunnissa ilman investointeja uusiin laitteisiin.

Käyttämällä tavanomaisesta poikkeavia hitsausarvoja voidaan hitsauksen työaluetta laajentaa, millä on suora yhteys tuottavuuteen.

Edellä mainittuun perustuen on Lindellä kehitetty suurtehohitsausta, RAPID PROCESSING®. Kehitetyt tekniikat ovat pakotettu lyhytkaari, jolla pyritään nostamaan hitsausnopeutta, sekä pyörivä kuumakaari, joka lisää hitsiaineentuottoa paksujen materiaalien (esim. 15–20 mm) hitsauksessa.

Pakotetulla lyhytkaarella saavutetaan tapauksesta riippuen jopa yli kaksinkertainen hitsausnopeus tavanomaiseen MAG-hitsaukseen verrattuna. Tekniikkaa voidaan hyödyntää nykyisellä laitekannalla sekä mekanisoidussa että käsinhitsauksessa.

Pyörivällä kuumakaarella voidaan saavuttaa hyvin suuri hitsiaineentuotto, jopa 20 kg tunnissa. Se edellyttää, että langansyöttönopeus on enimmillään 35–40 metriä minuutissa. Tätä varten joudutaan monasti hankkimaan uusi luotettavasti toimiva langansyöttölaite ja suuritehoinen virtalähde. Tämä edellyttää käytännössä lähes aina mekanisoidun hitsausta.

Alemmat hitsauskustannukset ja parempi laatu RAPID PROCESSING® tekniikalla

	Entinen prosessi	RAPID PROCESSING®
Hitsauspituus	2 x 400 cm	1 x 400 cm
Ilmarako	6 mm	5 mm
Levyn paksuus	10 mm	10 mm
Lisäaine	Täytelanka	Umpilanka
Railon pinta-ala	60 mm ²	50 mm ²
Hitsattu lisäaine	2.0 kg	1.6 kg
Hitsausaika yhteensä	40 min	10 min

Alemmat hitsauskustannukset ja parempi laatu RAPID PROCESSING® tekniikalla RAPID PROCESSING® tekniikalla voitiin hitsausnopeutta kasvattaa, alentaa lisäaineen kulutusta ja pienentää tuotteen hitsauskustannuksia. Samalla sivutunkeuma parani ja muodonmuutokset pienenevät.

Lyhyempi hitsausaika RAPID PROCESSING® tekniikalla

	Hitsin pituus/ tuote (cm)	Hitsausnopeus (cm/min)	Hitsausaika (min)
Katkohitsattu, MAG	1100	40	29
Kokonaan hitsattu, MAG	1600	40	42
Kokonaan hitsattu, RAPID PROCESSING®	1600	90	20

Kummallekin tekniikalle paras suojakaasu on MISON® 8, jonka matala hiilidioksidipitoisuus antaa vakaan valokaaren, vähän kiinni tarttuvaa roiskeita, matalakupuisen ja juohevasti perusaineeseen liittyvän hitsin sekä vähäisen pinnan hapettumisen.

RAPID PROCESSING®ia eli suurituottoisia tekniikoita käytettäessä otsonia muodostuu enemmän, minkä johdosta otsonin muodostumista rajoittavan suojakaasun käyttö on hitsaajan työympäristön kannalta tärkeää.

4.5.1 Esimerkki pyörivän kuumakaaren sovelluksesta (ylempi kaavio)

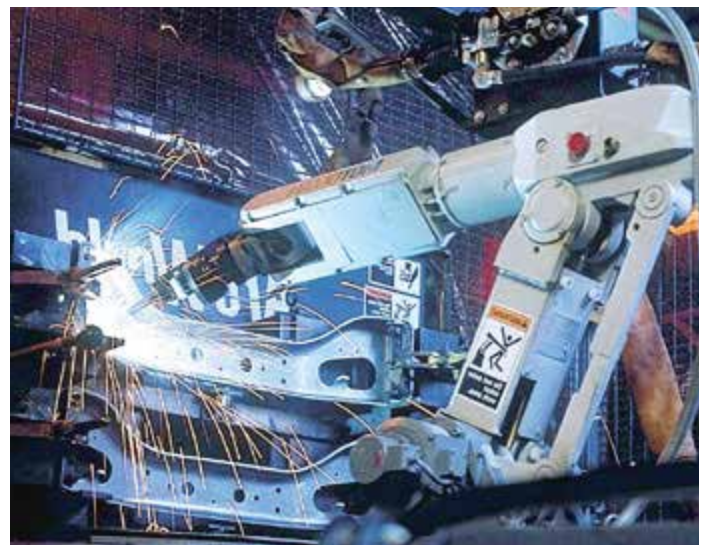
Hitsauskohde: Linja-auton alustan komponentin robottihitsaus, PA (jalko)

4.5.2 Esimerkki pakotetun lyhytkaaren sovelluksesta (alempi kaavio)

Puoliperävaunun valmistuksessa osa ulkopinnan hitseistä tehtiin katkohitsauksena. Käytössä osoittautui kuitenkin varsin pian, että kyseisen liitoksen hitsaamattomista kohdista valui sateella maalipinnoille ruosteista likaa.

Tämän johdosta hitsi haluttiin hitsata kokonaan, mikä kasvatti hitsin pituuden 11 metristä 16 metriin.

Ottamalla käyttöön RAPID PROCESSING® tekniikka voitiin hitsausnopeutta kasvattaa niin paljon, että hitsausaika kasvaneesta hitsin pituudesta huolimatta pieneni 29 minuutista 20 minuuttiin.



Suojakaasu ja laatu.

Sisältö

5.1 Yleistä

5.1.1 Hitsin laatu

5.2 Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset

5.2.1 Mekaaniset ominaisuudet

5.2.2 Visuaalinen laatu

5.3 Ruostumattomat teräkset

5.3.1 Mekaaniset ominaisuudet

5.3.2 Korroosionkestävyys

5.3.3 Juurensuojaus

5.3.4 Visuaalinen laatu

5.4 Alumiini ja alumiiniseokset

5.5 Muut metallit

5.1 Yleistä

5.1.1 Hitsin laatu

Hitsaustyön laatu on usean eri tekijän summa. Mikäli hitsattava rakenne on oikein suunniteltu, on valmistuksen toteutuksella, kuten hitsausprosessilla, railonvalmistuksella, hitsausarvoilla, lisäaineella ja suojakaasulla, ratkaiseva merkitys saavutettuun laatutasoon. Esimerkiksi virheet suojakaasun valinnassa voivat huonontaa saavutettua lopputulosta mekaanisten ominaisuuksien, korroosionkestävyyden tai hitsin ulkonäön osalta.

Muutokset hitsin mekaanisissa ominaisuuksissa voivat johtua metallin mikrorakenteen muutoksista, huonosta hitsin ja perusaineen liittymisestä tai liitosvirheitä aiheuttavasta epäedullisesta tunkeumaprofiilista. Korroosio-ominaisuudet voivat heikentyä esimerkiksi mikrorakenteen muutosten ja pinnan hapettumisen seurauksena. Pintakuona ja roiskeet vaikuttavat hitsin ulkonäköön ja ovat usein ongelmallisia kappaleen jatkokäsittelyn kannalta.

5.2 Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset

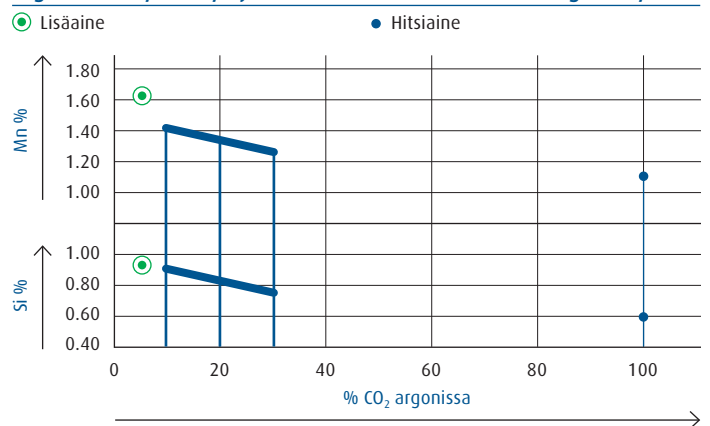
Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen MAG-hitsauksen suojakaasuina käytetään argonpohjaisia seoskaasuja, joissa on 5–25 % hiilidioksidia tai 5–10 % happea. TIG-hitsauksessa käytetään inerttiä suojakaasua.

Sekä TIG- että MAG-hitsauksessa hitsaajan työympäristöä voidaan parantaa käyttämällä MISON® suojakaasuja. Ne sisältävät pienen määrän typpimonoksidia (NO), joka vähentää haitallisen otsonin muodostumista. Typpimonoksidi myös vakauttaa valokaarta näiden terästen TIG-hitsauksessa.

5.2.1 Mekaaniset ominaisuudet

Käytettävä suojakaasu vaikuttaa hitsin mekaanisiin ominaisuuksiin. Mitä vähemmän suojakaasussa on hiilidioksidia tai happea, sitä puhtaampi (vähemmän oksidisulkeumia) hitsiaineesta saadaan. Mikrorakenne muodostuu myös hienojakoisemmaksi, mistä on etua iskutheyden kannalta.

Argoniin lisätyn vedyn ja heliumin vaikutus kaaren energiatihyyteen



Suojakaasun vaikutus hitsiaineen mangaani- ja piipitoisuuteen. Suurempi suojakaasun CO₂ -pitoisuus lisää seosaineiden palohäviötä, mikä alentaa hitsin myötö- ja murtolujuutta.

Alentamalla suojakaasun CO₂ -tai O₂ -pitoisuutta pienenevät lisäaineen seosaineiden palohäviöt, minkä ansiosta myötö- ja murtolujuus kasvavat. Mekaanisten ominaisuuksien erot argon-hiilidioksidiseoksissa alueella 8–25 % CO₂ ovat niin pienet, ettei niillä ole useimmiten käytännön merkitystä. Puhtaalla hiilidioksidilla ero voi kuitenkin olla merkittävä edellisiin verrattuna.

Laajat tutkimukset ovat osoittaneet, ettei MISON® suojakaasuihin tehdyllä pienellä NO-lisäyksellä ole vaikutusta hitsin mekaanisiin ominaisuuksiin.

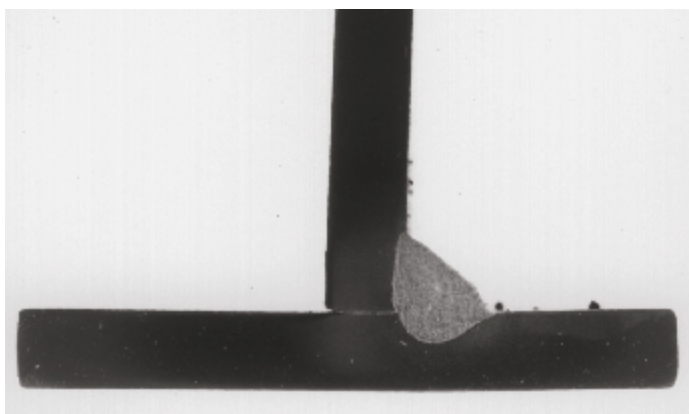
Hitsin kestävyys suojakaasun ja täytemateriaalin mukaan

PZ 6103	metallitäytelanka	AWS A5.20: E71T-G)
PZ 6104	nikkeliseos metallitäytelanka	(AWS A5.29 : E71TG-Ni1)
PZ 6111	rutiilitäytelanka	(AWS A5.20: E71T-1)

Hitsatun liitoksen väsymiskestävyys riippuu merkittävästi hitsiliitoksen geometriasta. MIG/MAG-hitsauksessa voidaan hitsin muotoon vaikuttaa suojakaasun valinnalla. Seoskaasuilla saadaan juohevampi liittyminen hitsin ja perusaineen välille kuin hiilidioksidilla. Tällöin jännityshuiput rakenteessa (lovivaikutus) ovat pienempiä, ja hitsatun rakenteen väsymiskestävyys on parempi.

Väsyttävästi kuormitetuissa rakenteissa asetetaan väsymiskestävyydelle ja hitsin liittymiselle perusaineeseen vaatimuksia. Mikäli liittyminen on huono, vaaditaan hitsatulle liitokselle kustannuksia lisäävä hionta tai TIG-käsittely. Hitsissä olevat oksidisulkeumat vaikuttavat väsymiskestävyteen, vaikka hitsi olisikin hiottu tai kiillotettu. Oksidisulkeumat voivat toimia murtuman ydintymiskohtina. Mitä korkeampi hiilidioksidi- tai happipitoisuus suojakaasussa on, sitä enemmän oksidisulkeumia hitsiaineessa on.

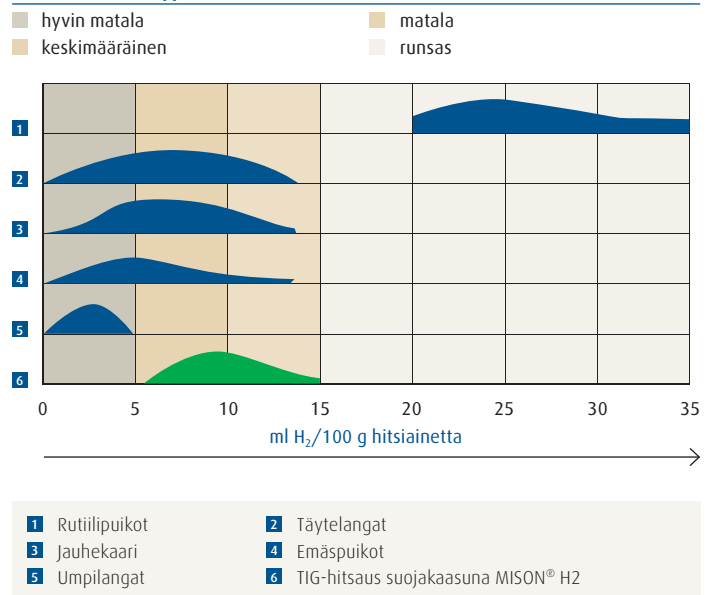
Hitsiin liuenut suuri vetymäärä voi aiheuttaa haurautta ja huokosia etenkin seostamattomilla, niukkaseosteisilla ja ei-austeniittisilla runsaseosteisilla teräksillä.



CO₂ Hitsausnopeus 40 cm/min.

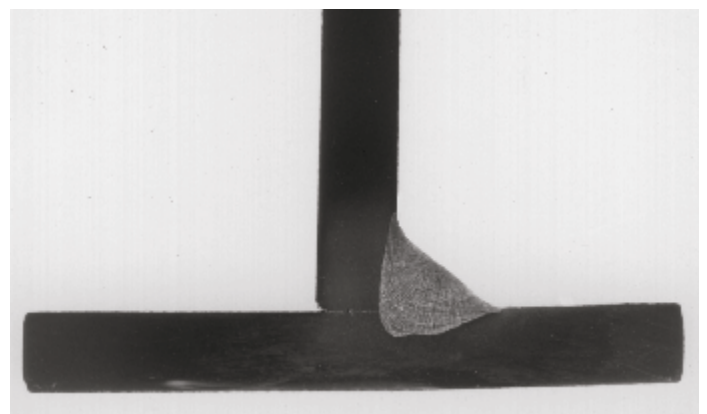
Tietyillä edellytyksillä suojakaasuun lisätty vety antaa etuja. Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen TIG-hitsauksessa voidaan tuottavuutta parantaa ja pinnan hapettumista vähentää käyttämällä suojakaasua MISON® H2, jossa on 2% vetyä. Edellytyksenä on, ettei perusaine ole kovin paksu eivätkä sisäiset jännitykset muodostu kovin suuriksi.

Hitsiaineen vetypitoisuusluokka



Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen TIG-hitsaus suojakaasuna MISON® H2 antaa hitsiin vetypitoisuuden, joka on verrattavissa rutiilitäytelankahitsaukseen.

Parempi väsymiskestävyys argonseoksilla. Argonseoksia käyttämällä saadaan tasaisempi liittyminen hitsin ja perusaineen välille. Samalla paranee hitsin väsymiskestävyys.



Ar + 20% CO₂ Hitsausnopeus 47 cm/min.

5.2.2 Visuaalinen laatu

Roiskeet

Hitsauksen yhteydessä perusaineeseen hitsautuneet roiskeet joudutaan yleensä poistamaan ennen maalausta tai muuta pintakäsittelyä. Hitsausarvojen ohella suojakaasu on toinen tärkeä tekijä roiskeenmuodostuksessa.

Mitä matalampi suojakaasun hiilidioksidipitoisuus on, sitä vähemmän roiskeita syntyy. Paras tulos roiskeenmuodostuksen kannalta saadaan suojakaasulla MISON® 8 (8 % CO₂). Myös suojakaasulla MISON® 18 (18 % CO₂) hitsaustapahtuma on suhteellisen vähäroiskeinen.

Pintaoksidit

Pintakuona muodostuu oksideista, joita esiintyy ruskeina lasimaisina saarekkeina hitsin pinnalla. Kuona on poistettava ennen maalausta tai muuta pintakäsittelyä. Mitä voimakkaammin hapettava suojakaasu on (mitä enemmän se sisältää hiilidioksidia tai happea), sitä enemmän oksideja muodostuu. Vähiten pintakuonaa syntyy suojakaasulla MISON® 8.

Hitsin muoto

Eri suojakaasut antavat erilaisen hitsin muodon. Mitä alempi on suojakaasun hiilidioksidipitoisuus, sitä parempi juoksevuus ja perusaineen kostutus hitsisulalla on. Hitsipalosta tulee matalakupuinen ja perusaineeseen hyvin liittyvä.

Puhdas hiilidioksidi antaa korkeahkon hitsikuvun, jonka liittyminen perusaineeseen on jyrkempi.

5.3 Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomat teräkset jaetaan eri tyyppeihin niiden mikrorakenteen (riippuu teräksen seosaineista ja niiden määrästä) perusteella. Puhutaan ferriittisistä, martensiittisistä, austeniittisistä, runsasseosteisistä austeniittisistä ja ferriittisausteniittisistä (duplex ja superduplex) ruostumattomista teräksistä. Suojakaasua valittaessa on huomioitava hitsattavan ruostumattoman teräksen tyyppi (ks. myös luku 7).

Austeniittisten ruostumattomien terästen TIG-hitsauksessa käytetään argonia tai argonseoksia, joissa on tyypeä tai vetyä. Ruostumattomien terästen MAG-hitsauksessa umpilangoilla ja metallitälangoilla käytetään suojakaasuja, jotka sisältävät 2–3 % hiilidioksidia tai 1–2 % happea. Suuremmat happi- ja hiilidioksidipitoisuudet aiheuttavat liiallista pinnan hapettumista. Runsaaseosteisille ruostumattomille teräksille hitsaus tehdään usein MIG-hitsauksena käyttäen inerttiä suojakaasua, jotta hitsin pinta ei hapetu liikaa.

Rutiilitälankoja käytettäessä tarvitaan hapettavampi suojakaasu. Useimmat suojakaasulliseen hitsaukseen tarkoitetut täytelangat on kehitetty suojakaasulle, joka sisältää 15–25 % tai jopa 100 % hiilidioksidia. Syntyvä kuona suojaa sulaa metallia, joten hitsin hiiletymistä ei tapahdu suojakaasun suuresta CO₂-pitoisuudesta huolimatta. Myös hitsin pinnan hapettuminen on pientä suojaavan kuonakerroksen ansiosta.

Sekä TIG- että MIG/MAG-hitsauksessa otsonin määrää pystytään vähentämään MISON® suojakaasuilla, jotka sisältävät pienen määrän typpimonoksidia (NO) ja parantavat hitsaajan työympäristöä. Typpimonoksidi myös vakauttaa valokaarta TIG- ja MIG-hitsauksessa.





5.3.1 Mekaaniset ominaisuudet

Edellyttäen, että suojakaasu sopii hitsattavalle teräkselle ja käytetylle lisäainetyypille, ei sillä ole vaikutusta hitsin mekaanisiin ominaisuuksiin.

5.3.2 Korroosionkestävyys

Yksi perusasioista ruostumattomien terästen kohdalla on ymmärtää hitsausprosessin vaikutus korroosionkestävyyteen. Jos suojakaasun hiilidioksidipitoisuus MAG-hitsauksessa umpi- ja metallitälangoilla ylittää 3 %, seurauksena voi olla hitsiaineen vahingollista hiilettymistä. Hiili reagoi teräksessä olevan kromin kanssa muodostaen raerajoille kromikarbideja.

Raerajan lähellä olevien alueiden kromipitoisuus vastaavasti laskee ja korroosionkestävyys pienenee (raerajakorroosio). Nykyisin useimmat ruostumattomat teräkset ovat kuitenkin erittäin matalahiilisiä tai stabiloituja, jolloin edellä kuvattu ei tavallisesti muodostu ongelmaksi ruostumattomia teräksiä hitsattaessa.

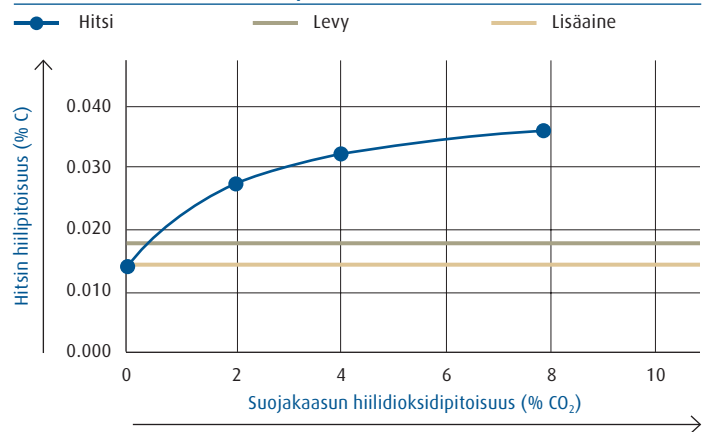
Joihinkin ruostumattomiin teräksiin lisätään seosaineena tyypeä parantamaan korroosionkestävyyttä, mutta myös korottamaan lujuutta. Esimerkkinä mainitusta ovat runsasseosteiset austeniittiset ja superduplex-teräkset. Näiden terästen hitsauksessa tapahtuva typen kato hitsiaineessa voi heikentää korroosio-ominaisuuksia. MAG-hitsauksessa ja osin lisäaineellisessa TIG-hitsauksessa tämä voidaan varsin helposti kompensoida sopivasti seostetulla lisäaineella. Lisäaineettomassa TIG-hitsauksessa typen menetys on kompensoitava käyttämällä tyypeä sisältävää suojakaasua (MISON® N2). MISON® suojakaasuihin lisättävällä typpimonoksidilla (NO) ei ole vaikutusta ruostumattomien terästen korroosionkestävyyteen.

5.3.3 Juurensuojaus

Joissain sovelluksissa täytyy hitsin juurenpuoli suojata. Muussa tapauksessa muodostuu oksidikerros, joka sisältää kerroksen alapuolisesta metallista peräisin olevaa kromia. Kromipitoisuus juuripinnan läheisyydessä alenee, ja korroosioriski kasvaa. Juurensuojaukseen käytetään argonia, typpi-vetyseoksia ja argon-vetyseoksia.

Argon ja FORMIER® 10 (N₂ + 10 % H₂) ovat yleisimmät austeniittisten ruostumattomien terästen juurensuojakaasut. Juurensuojakaasuun tehty vetylisäys tekee kaasusta pelkistävän, mikä vähentää juuripinnan hapettumista ja tekee siitä paremmin liittyvän.

MAG-kuumakaarihitsaus, umpilanka



Suojakaasun hiilidioksidipitoisuuden vaikutus austeniittisen ruostumattoman teräksen hiilettymiseen. Hiilidioksidipitoisuuden noustessa yli kolmen prosentin lähestytään hitsin hiilipitoisuutta 0,03 %, minkä yläpuolella katsotaan raerajakorroosion vaaran kasvavan.



Vasemmallä juurensuojakaasulla FORMIER® 10 suojattu juuripinta. Oikealla hitsauksen aikana suojaamattomana ollut juuripinta.



Vetytipoista juurensuojakaasua ei suositella käytettäväksi ferriittisten, martensiittisten eikä ferriittis-austeniittisten (duplex, superduplex) terästen juurensuojaukseen. Duplex-terästen hitsauksessa voidaan juurensuojaukseen käyttää erikoispuhdasta tyyppiä. Tyyppi pyrkii parantamaan pistekorrosionkestävyyttä muodostamalla ohuen austeniittisen kerroksen juuripintaan.

MISON® suojakaasuja ei suositella käytettäväksi ruostumattomien terästen juurensuojaukseen, koska niillä on taipumus aiheuttaa juuripinnassa värjäymää.

5.3.4 Visuaalinen laatu

Austeniittisten (ei ferriittisten eikä martensiittisten) ruostumattomien terästen TIG-hitsauksessa voidaan vähentää hitsin hapettumista käyttämällä vetyä sisältävää suojakaasua, kuten MISON® H2, joka sisältää 2 % vetyä. Tuloksena on paitsi vähäisempi hitsin hapettuminen, myös suurempi tunkeuma ja tasaisempi liittyminen hitsin ja perusaineen välillä.

5.4 Alumiini ja alumiiniseokset

Alumiinin ja alumiiniseosten kaasukaarihitsauksessa käytetään vain inerttejä kaasuja. MISON® Ar on suositeltavin sen otsonia vähentävän ja työympäristöä parantavan vaikutuksen vuoksi. MISON® suojakaasuihin lisättävällä typpimonoksidilla (NO) ei ole vaikutusta hitsin mekaanisiin ominaisuuksiin eikä korroosionkestävyyteen.

Tunkeumaa voidaan parantaa lisäämällä suojakaasuun heliumia (MISON® He30, VARIGON® He50, VARIGON® He70). Helium mahdollistaa paremman tunkeuman ja vähentää liitosvirheiden vaaraa. Tämä on erityisen tärkeää hitsattaessa paksuja materiaaleja, jolloin myös esilämmityksen tarve vähenee. Suurempi lämmöntuonti voidaan hyödyntää myös hitsausnopeutta kasvattamalla.

Alumiini ja sen seokset reagoivat herkästi vedyn ja kosteuden kanssa aiheuttaen huokosia. Tämän vuoksi alumiinin hitsauksessa on oleellisen tärkeää, että suojakaasun puhtaus säilyy aina valokaareen saakka. Eräitä tarpeellisia toimenpiteitä puhtauden takaamiseksi pullosta pistooliin on esitetty luvussa 11.

5.5 Muut metallit

Kuparin ja sen seosten kaasukaarihitsauksessa käytetään vain inerttejä suojakaasuja. Paksujen materiaalien hitsauksessa argon-heliumseokset antavat enemmän lämpöä ja tunkeumasta saadaan suurempi. Myös esikuumentarve vähenee (esikuumentusta tarvitaan usein kuparin hyvän lämmönjohtavuuden vuoksi). MISON® suojakaasuihin (MISON® Ar, MISON® He30) lisättävällä typpimonoksidilla (NO) ei ole vaikutusta hitsin mekaanisiin ominaisuuksiin eikä korroosionkestävyyteen.

Titaani ja sen seokset reagoivat herkästi vedyn, hapen ja typen kanssa, mistä on seurauksena haurautta. Suuret vetypitoisuudet aiheuttavat myös huokosmuodostusta. Näiden metallien kaasukaarihitsaukseen tulee käyttää vain inerttejä kaasuja. MISON® Ar -suojakaasuun lisättävä typpimonoksidi (NO) ei heikennä mekaanisia ominaisuuksia eikä korroosionkestävyyttä. Hitsissä voi kuitenkin esiintyä värjäymiä.

Koska titaani ja titaaniseokset reagoivat herkästi vetyyn, happeen ja tyyppiin, on tärkeää, että suojakaasun puhtaus säilyy aina valokaareen asti. Vaativiin sovelluksiin suositellaan erikoispuhdasta (yli 99,996 %) argonia, Argon 4.6.

Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen suojakaasut.

Sisältö

6.1 Yleistä

Valintataulukko

6.1 Yleistä

Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset voidaan jakaa niiden ominaisuuksien, käyttötarkoituksen ja lämpökäsittelyn perusteella seuraavan taulukon mukaisesti. Suojakaasun valinnan kannalta ne kuuluvat kaikki samaan ryhmään.

Valittaessa hitsauksen suojakaasua seostamattomille ja niukkaseosteisille teräksille ovat seuraavat tekijät perusaineen tyyppiä merkityksellisempiä:

- Hitsausprosessi: TIG- vai MIG/MAG-hitsaus
- Käsinhitsaus vai mekanisoitu hitsaus
- Lisäaineen tyyppi: umpilanka, jauhetäytelanka vai metallitäytelanka
- Lyhytkaari-, kuumakaari-, pulssi- vai suurtehohitsaus (RAPID PROCESSING®)

Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen TIG-hitsaukseen suositellaan MISON® Ar -suojakaasua.

Jos tavoitteena on suurempi tuottavuus, seostamattomien terästen TIG-hitsaukseen voidaan käyttää MISON® H2 -suojakaasua, kun hitsataan ohuita materiaaleja, joissa sisäiset jännitykset jäävät pieniksi.

Teräkset	Kuvaus
Tavanomaiset teräkset	Kuumavalsattuja tai normalisoituja/ normalisointivalssattuja hiili ja hiilimanganit eräksiä. Myötölujuus noin 300 MPa saakka.
Esimerkiksi EN 10025-2: S235 JR DIN 17100: RSt 37-2 RAEX Laser 250 C	
Lujat teräkset	Termomekaanisesti valssattuja tai normalisoituja/ normalisointivalssattuja.
Esimerkiksi EN 10025-2: S 355 JO DIN 17100: St 52-3 U RAEX Multisteel	Myötölujuus noin 300–400 MPa. Voidaan hitsata kuten tavanomaisia teräksiä. Suuremmilla levynpaksuuksilla voidaan tarvita esilämmitystä. Lisätietoja on saatavissa teräksen valmistajalta.
Erikoislujat teräkset	Termomekaanisesti valssattuja tai normalisoituja/ normalisointivalssattuja.
Esimerkiksi EN 10149-2: S 500 MC DIN SEW 092: QStE 500 TM RAEX Optim 500 MC	Myötölujuus noin 400 MPa ylöspäin. Voidaan hitsata kuten tavanomaisia teräksiä. Suurem milla levynpaksuuksilla voidaan tarvita esiläm mitystä. Lisätietoja on saatavissa teräksen valmistajalta.

Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen MIG/MAG-hitsaukseen voidaan lisäaineena käyttää umpilankaa tai täytelankaa. Täytelanka voi olla joko metallipulveri- tai jauhetäyteinen. Useimmat lisäaineet

on suunniteltu ja hyväksytetty määrättyllä suojakaasulla tai yleisimmin tietyllä suojakaasutyypillä hitsattavaksi.

Yleensä mahdollinen suojakaasuvalikoima on kuitenkin laaja, jolloin eri suojakaasujen ominaisuuksien eroja voidaan hyödyntää tapauskohtaisesti. Esimerkiksi seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen umpilangat sallivat suuremman vapauden suojakaasun hiilidioksidipitoisuuden suhteen kuin vaikkapa runsasseosteisille teräksille tarkoitettujen jauhetäytelangat, joihin palataan jäljempänä.

MISON® 8 -suojakaasua suositellaan etenkin robottihitsaukseen ja mekanisoituun hitsaukseen sekä suurtehohitsaukseen (RAPID PROCESSING®). Sillä saavutetaan suuri hitsausnopeus ja vähäroiskeinen hitsaustapahtuma. Hitsipalko on matala ja pintakuonan määrä on hyvin pieni. Suojakaasu sopii sekä lyhytkaari-, kuumakaari- että pulssihitsaukseen. Se soveltuu myös käsinhitsaukseen haluttaessa roiskeeton ja vähäkuonainen hitsi.

MISON® 18 -suojakaasua voidaan pitää yleiskaasuna, joka soveltuu sekä mekanisoituun että käsinhitsaukseen. Suojakaasulla on hyvät lyhyt- ja kuumakaariominaisuudet, ja sitä voidaan käyttää myös pulssihitsauksen suojakaasuna. Suojakaasulla saadaan vähäroiskeinen, matalan hitsipalon antava hitsaustapahtuma.

MISON® 25 antaa lyhytkaarella juoksevan ja hyvin hallittavan sulan. Suojakaasulla on kuumakaarella erinomainen epäpuhtauksien sietokyky ja se antaa tiiviin hitsin epäedullisissakin olosuhteissa. Hiilidioksidin verrattuna roiskeenmuodostus on vähäisempää ja hitsin liittyminen perusaineeseen sekä hitsausnopeus ovat oleellisesti paremmat. Seoskaasusta sillä on suurin hapettavuus, minkä johdosta myös kuonanmuodostus on voimakkainta. MISON® 25 on käytetyin suojakaasu, jota suositellaan erityisesti lyhytkaarihitsaukseen (pienkoneille) ja kuumakaarihitsaukseen silloin, kun hitsillä on tiiveysvaatimuksia tai hitsausolosuhteet ovat epäedulliset.



Suojakaasulla MISON® 8, MISON® 18 ja MISON® 25 on merkittäviä hitsausteknisiä eroja. Erilaisten ominaisuuksien hyödyntämisellä on saatavissa suuria laadullisia ja taloudellisia etuja.

Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen suojakaasut

Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
MAG	Umpilanka	MISON® 8 (Lyhytkaari) Kuumakaari Pulssihitsaus	Paras valinta robotisoituun, mekanisoituun ja suurtehohitsaukseen, mutta soveltuu myös käsinhitsaukseen. Suuri hitsausnopeus, vähän kuonaa ja roiskeita. Tasainen hitsi, hyvä lisäaineen hyötyluku ja vakaa valokaari.
		MISON® 18 Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Hyvät lyhytkaari- ja kuumakaariominaisuudet. Voidaan käyttää myös pulssihitsaukseen. Hitsausarvojen säätö on helppoa ja roiskeenmuodostus on vähäistä.
		MISON® 25 Lyhytkaari Kuumakaari	Antaa tiiviin hitsin epäedullisissakin olosuhteissa. Hyvä epäpuhtauksien sietokyky. Lyhytkaarella juokseva, hyvin hallittava sula. Paras valinta pienkoneille ja kohteisiin, joissa tiiveysvaatimukset ovat suuret.
		CO ₂ Lyhytkaari Sekakaari	Antaa epävakaan ja roiskeisen hitsaustapahtuman. Hitsi on korkeakupuinen ja pintakuonaa syntyy paljon. Hyvä epäpuhtauksien sietokyky. Voimakas savunmuodostus.
	Jauhetäytelanka	MISON® 18	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Hitsausarvojen säätö on helppoa ja roiskeenmuodostus on vähäistä.
		MISON® 25	Suosittelava vaihtoehto edellisen lisäksi. Etenkin täytelangoille, jotka on suunniteltu MISON® 18 -suojakaasua hapettavammalla kaasulla hitsattavaksi.
	Metallitäytelanka	MISON® 8	Paras valinta robotisoituun, mekanisoituun ja suurnopeushitsaukseen. Suuri hitsausnopeus, vähän kuonaa ja roiskeita. Tasainen hitsi, hyvä lisäaineen hyötyluku ja vakaa valokaari.
		MISON® 18 Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Hyvät lyhytkaari- ja kuumakaariominaisuudet. Hitsausarvojen säätö on helppoa ja roiskeenmuodostus on vähäistä.
		MISON® 25 Kuumakaari	Antaa tiiviin hitsin epäedullisissakin olosuhteissa. Hyvä epäpuhtauksien sietokyky. Paras valinta kohteisiin, joissa tiiveysvaatimukset ovat suuret.
	TIG	Lisäainetta käyttäen tai ilman lisäainetta	MISON® Ar
MIG-juotto	Umpilanka (piipronssi, alumiinipronssi)	MISON® H2	Lisää hitsausnopeutta. Vain ohuiden materiaalien hitsaukseen.
		MISON® Ar	Vakaa valokaari, joka on helppo sytyttää. Pieni oksidinmuodostus. Vähemmän huokosia verrattuna argoniin. Vähemmän muodonmuutoksia kuin argonhiilidioksidiseoksilla
		MISON® 2He	Vakaa valokaari. Parempi sulan juoksevuus paksumpia kappaleita juotettaessa.

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.

Ruostumattomien terästen suojakaasut.

Sisältö

7.1 Yleistä

7.2 Mitkä suojakaasut sopivat eri teräslaaduille

7.2.1 MIG/MAG-hitsaus

7.2.2 TIG-hitsaus

7.2.3 Juurensuojaus

Valintataulukko

7.1 Yleistä

Ruostumattomat teräkset ovat runsasseosteisia teräksiä, jotka voidaan jakaa eri tyypeihin niiden mikrorakenteen perusteella. Yleisimmät terästyypit on lueteltu viereisessä taulukossa.

Ferriittiset ja martensiittiset ruostumattomat teräkset muistuttavat lujuusominaisuuksiltaan seostamattomia ja niukkaseosteisia teräksiä.

Ne soveltuvat erinomaisesti rakenneteräksiksi ja ovat lämmönkestäviä. Teräkset eivät kuitenkaan ole yhtä korroosionkestäviä kuin austeniittiset ruostumattomat teräkset.

Ruostumattomista teräksistä käytetään eniten austeniittisia ruostumattomia teräksiä. Niille on tyypillistä hyvä korroosionkestävyys ja hyvä iskusitkeys matalissakin lämpötiloissa. Runsaaseosteiset austeniittiset ruostumattomat teräkset sisältävät enemmän kromia, nikkeliä, molybdeenä ja tyypeä, mikä tekee niistä tavanomaisia austeniittisia laatuja korroosionkestävämpiä.

Poiketen tavallisista austeniittisistä ruostumattomista teräksistä, joissa hitsin ferriittipitoisuus on hitsauksen jälkeen noin 5 %, runsasseosteisillä austeniittisillä laaduilla hitsi on hitsauksen jälkeen täysin austeniittinen.

Terästyyppi	Esimerkkejä käyttökohteista
Ferriittiset Esimerkiksi AISI 430 Ti, X 3 CrTi 17, W.nr 1.4510 X 2 CrMoTi 18 2, W.nr 1.4521, SS 2326	Kemianteollisuus, kotitalouskoneet, lämmivesivaraajat, pakoputket.
Martensiittiset Esimerkiksi AISI 410, X 12 Cr 13, W.nr 1.4006, SS 2302	Koneenrakennus, vesiturbiinit, höyryputkistot, laivojen potkurit.
Austeniittiset Esimerkiksi AISI 304, X 5 CrNi 18 10, W.nr 1.4301 SS 2333 AISI 316, X 3 CrNiMo 17 13 3, W.nr 1.4436, SS 2343	Öljy- ja kaasuteollisuus, kemianteollisuus, paperi- ja selluteollisuus, elintarviketeol- lisuus, taloustavarat, koneen- rakennus, ajoneuvot, sairaal- lainstrumentit.
Runsaaseosteiset austeniittiset Esimerkiksi AISI 317 L, X 2 CrNiMo 18 15 4, W.nr 1.4438, SS 2367	Öljy- ja kaasuteollisuus, kemianteollisuus, paperi- ja selluteollisuus, savukaasupesurit.
Duplexit (ferriittis-austeniittiset) Esimerkiksi AISI 329, X 3 CrNiMoN 27 5 2, W.nr 1.4460, SS 2324	Öljy- ja kaasuteollisuus, kemianteollisuus, merivesiteknikka.
Superduplexit Esimerkiksi X 2 CrNiMoCuN 25 6 3, W.nr 1.4507	Öljy- ja kaasuteollisuus, kemianteollisuus, paperi- ja selluteollisuus, merivesiteknikka.

Ferriittis-austeniittiset ruostumattomat teräkset tunnetaan duplex-teräksinä. Niiden etuna on suuri myötölujuus ja hyvä jännityskorroosion kestävyys, kuten myös hyvä kestävyys yleistä korroosiota ja pistekorroosiota vastaan.

Superduplex-teräkset on kehitetty duplex-teräksestä. Superduplex-laadussa on teräksen korroosionkestävyyttä parannettu edelleen seosaineita, esimerkiksi tyypeä lisäämällä.







7.2 Mitkä suojakaasut sopivat eri teräslaaduille

Koska eri teräslaatuojen mikrorakenne on erilainen, niillä on myös erilainen herkkyys suojakaasujen eri komponenttien suhteen. Lisätietoja aiheesta löytyy myös luvusta 5.

7.2.1 MIG/MAG-hitsaus

Suojakaasun hiilidioksidi- ja happipitoisuus ei saa olla liian korkea, jotta hitsin pinta ei hapetu liikaa. Teräksen MAG-hitsauksessa tarvitaan kuitenkin tietty määrä happea tai hiilidioksidia vakauttamaan valokaari.

MISON® 2 ja MISON® 2He ovat suojakaasuja, jotka sisältävät 2% hiilidioksidia. Niitä suositellaan vakiolaatuisille ruostumattomille teräksille (ferriittiset, austeniittiset ja duplexit). MISON® 2He -suojakaasuun lisätty helium parantaa tunkeumaa ja antaa herkkäliikkeisemmän, hyvin kostuttavan hitsisulan.

Runsasseosteisia austeniittisia ja superduplex-teräksiä hitsattaessa suositellaan ensisijaisesti käytettäväksi inerttiä suojakaasua MISON® Ar. Suojakaasuun lisätty pieni typpimonoksidimäärä antaa vakaamman valokaaren, vähemmän roiskeita ja paremman tunkeuman kuin argon.

Myös MISON® 2He soveltuu kyseisten terästen suojakaasuksi. Haitta- puolena on kuitenkin selvästi enemmän hapettunut hitsin pinta.

Rutiilitäytelangat vaativat edellä mainittuja suuremman hiilidioksidi- pitoisuuden omaavan suojakaasun. Suositeltavia kaasuja ovat MISON® 18 (18 % CO₂) ja MISON® 25 (25 % CO₂).

Myös hiilidioksidin käyttö on joillakin lankatyypeillä mahdollista. Tulok- sena on kuitenkin enemmän roiskeita ja hitsaussavuja, jotka molemmat ovat ruostumattomien terästen kohdalla vähemmän toivottuja.

7.2.2 TIG-hitsaus

Monikäyttöisin suojakaasu ruostumattomien terästen TIG-hitsaukseen on MISON® Ar. Suojakaasun sisältämän typpimonoksidin johdosta valokaari on vakaampi kuin argonilla. Austeniittisten ruostumattomien terästen TIG- hitsauksessa voidaan käyttää myös suojakaasua MISON® H2, joka sisältää 2 % vetyä (pelkistävä kaasu). MISON® H2 antaa vähemmän hapettuneen hitsin, suuremman hitsausnopeuden sekä parantaa tunkeumaa ja liittymistä hitsin ja perusaineen välillä. Se ei kuitenkaan sovellu ferriittisille ja ferriittis-austeniittisille teräksille, kuten duplex ja superduplex.

Runsasseosteisissa austeniittisissa ja superduplex-teräksissä seosaineena käytetään typpeä. Näitä teräksiä hitsattaessa hitsiaineessa tapahtuu typen katoa, mikä heikentää hitsin pistekorroosion kestävyttä. Tilanne voidaan huomioida lisäaineellisessa TIG- ja MAG-hitsauksessa käyttämällä sopivasti seostettua lisäainetta.

Lisäaineettomassa TIG-hitsauksessa typpihäviöt voidaan kompensoida käyttämällä MISON® N2 -suojakaasua, joka argonin ja heliumin lisäksi sisältää 1,8 % typpeä.

7.2.3 Juuren suojaus

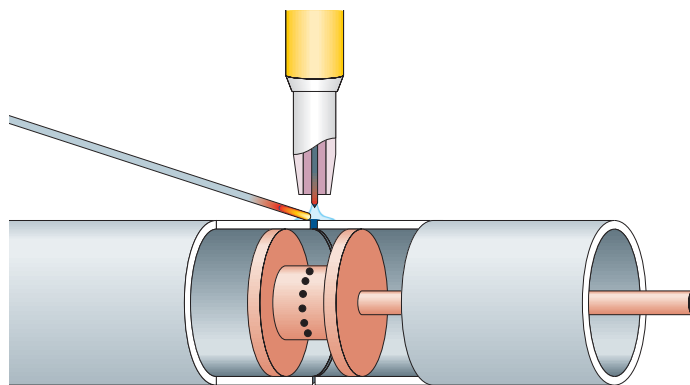
Argonia voidaan käyttää kaikkien ruostumattomien terästen juurensuojakaasuna. Argonia käytetään juuren suojaukseen myös seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen, alumiinin, kuparin ja titaanin hitsauksessa.

Austeniittisten ruostumattomien terästen juuren suojaukseen voidaan käyttää myös erikoispuhdasta typpeä. Siitä voi olla hyötyä myös runsasseosteisia austeniittisiä sekä duplex- ja superduplex-teräksiä hitsattaessa, koska se torjuu hitsiaineen typen katoa ja auttaa säilyttämään hyvän kestävyuden pistekorroosiota vastaan. Typpeä voidaan käyttää myös seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen juurensuojakaasuna. Tällöin typen puhtaudelle ei kuitenkaan aseteta yhtä suuria vaatimuksia.

Vety vähentää oksidien muodostumista juuren puolella. Vetyä sisältäviä suojakaasuja, FORMIER® 10 (10 % vetyä työssä) ja VARIGON® H5 (5 % vetyä argonissa) voidaan käyttää austeniittisten ja runsasseosteisten austeniittisten terästen juuren suojaukseen. Titaanistabiloiduilla

ruostumattomilla teräksillä typpeä sisältävä juurensuojakaasu pyrkii kuitenkin muodostamaan titaaninitridejä, jotka näkyvät hitsin juuripinnalla keltaisina saarekkeina.

FORMIER® 10 on palava kaasuseos, jonka käytössä on noudatettava erityistä huolellisuutta. Sitä ei tulisi käyttää säiliöiden juurensuojaukseen räjähdysvaaran vuoksi. MISON® Ar -suojakaasua ei suositella juurensuojakaasuksi ruostumattomille teräksille, koska se pyrkii aiheuttamaan juuren värjäytymistä.



Ruostumattomien terästen juuripinta tulee suojata juurensuojakaasulla. Rajoittamalla suojattava tilavuus vain juuren välittömään läheisyyteen saadaan huuhtelu-aika lyhyeksi. Tämä pienentää kaasun kulutusta ja takaa usein myös parhaan lopputuloksen.



Ruostumattomien terästen suojakaasut

Ruostumaton terästyyppe	Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
Ferriittiset Esimerkiksi AISI 430 Ti, X 3 CrTi 17 AISI 409, X 2 CrTi 12	MIG/MAG	Umpilanka	MISON® 2	Hyvät lyhyt- ja kuumakaariominaisuudet.
			Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihitsaus	Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Erityisesti ohuille levynpaksuuksille.
Martensiittiset Esimerkiksi AISI 410, X 12 Cr 13 AISI 420, X 20 Cr 13			MISON® 2He	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue.
			Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihitsaus	Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Erityisesti suuremmille levynpaksuuksille.
			CRONIGON® He Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsipalko. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Ei hiiletä hitsisulaa. Ei otsonia poistavaa ominaisuutta.
		Rutiilitäytelanka	MISON® 18	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Hitsausarvojen säätö on helppoa ja roiskeenmuodostus on vähäistä.
			MISON® 25	Suosittelava vaihtoehto edellisen lisäksi. Etenkin täytelangoille, jotka on suunniteltu MISON® 18 -suoja kaasua hapettavammalla kaasulla hitsattavaksi.
	TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	MISON® Ar	Antaa vakaan valokaaren, joka on helppo sytyttää.
	Juurensuojaus		Argon	Inertti suojakaasu

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.



Ruostumattomien terästen suojakaasut

Ruostumaton terästyyppi	Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
Austeniittiset Esimerkiksi AISI 304, X 5 CrNi 18 10 AISI 316, X 3 CrNiMo 17 13 3 AISI 321, X 6 CrNiTi 18 10	MIG/MAG	Umpilanka	MISON® 2 Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihihtaus	Hyvät lyhyt- ja kuumakaariominaisuudet. Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Antaa hyvin liittyvän tasaisen hitsin. Eryteisesti ohuille levynpaksuuksille.
			MISON® 2He Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihihtaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Eryteisesti suuremmille levynpaksuuksille.
			CRONIGON® He Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihihtaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Ei hiiletä hitsisulaa. Ei otsonia poistavaa ominaisuutta.
		Rutiilitäytelanka	MISON® 18	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Hitsausarvojen säätö on helppoa ja roiskeenmuodostus on vähäistä.
			MISON® 25	Suosittelava vaihtoehto edellisen lisäksi. Etenkin täytelangoille, jotka on suunniteltu MISON® 18 -suojaakaasua hapettavammalla kaasulla hitsattavaksi.
		TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	MISON® Ar
	MISON® H2	Vetylisäys antaa suuremman hitsausnopeuden, paremman tunkeuman ja pienemmän hitsin hapettumisen.		
	VARIGON® H5	Eryteisesti mekanisoituun hitsaukseen. Antaa suuren hitsausnopeuden ja pienen hitsin hapettumisen.		
Juurensuojaus		Argon	Inertti	
		FORMIER® 10	Pelkistävä. Palava kaasuseos	
		VARIGON® H5	Pelkistävä	

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.



Ruostumattomien terästen suojakaasut

Ruostumaton terästyyppi	Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
Runsasseosteiset austeniittiset Esimerkiksi SS 2562, X 1 NiCrMoCu 25 20 5 254 SMO 654 SMO	MIG/MAG	Umpilanka	MISON® Ar (Lyhytkaari) Kuumakaari Pulssihitsaus	Antaa vakaan valokaaren, joka on helppo sytyttää. Hyvin vähän hapettunut hitsi.
			MISON® 2He (Lyhytkaari) Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Eryteisesti suuremmille levynpaksuuksille.
			MISON® N2 (Lyhytkaari) Kuumakaari Pulssihitsaus	Typpiseostus vähentää typen katoa hitsiaineessa. Hyvin vähän hapettunut hitsi. Heliumseostus parantaa hitsin juoksevuuutta ja tunkeumaa, sekä mahdollistaa suuremman hitsausnopeuden.
	TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	MISON® N2	Typpiseostus vähentää typen katoa hitsiaineessa. Heliumseostus parantaa hitsin juoksevuuutta ja tunkeumaa sekä mahdollistaa suuremman hitsausnopeuden.
			MISON® H2	Vetylisäys antaa suuremman hitsausnopeuden, paremman tunkeuman ja vähemmän hapettuneen hitsin.
			MISON® Ar	Antaa vakaan valokaaren, joka on helppo sytyttää.
Juurensuojaus			Argon	Inertti
			FORMIER® 10	Pelkistävä. Palava kaasuseos
			Typpi	Reagoimaton (typettävä)
			VARIGON® H5	Pelkistävä

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.



Ruostumattomien terästen suojakaasut

Ruostumaton terästyyppe	Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet	
Duplex Esimerkiksi AISI 329, X 3 CrNiMoN 27 5 2 2205, X 2 CrNiMoN 22 5 3 SAF 2304	MIG/MAG	Umpilanka	MISON® 2He Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Erityisesti suuremmille levynpaksuuksille.	
			CRONIGON® He Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Antaa vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Ei hiiletä hitsisulaa. Ei otsonia poistavaa ominaisuutta.	
	TIG	Rutiilitäytelanka	MISON® 18	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Hitsausarvojen säätö on helppoa ja roiskeenmuodostus on vähäistä.	
			MISON® 25	Suosittelava vaihtoehto edellisen lisäksi. Etenkin täytelangoille, jotka on suunniteltu MISON® 18 -suoja-kaasua hapettavammalla kaasulla hitsattavaksi.	
Juurensuojaus		Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	MISON® N2	Typenseostus vähentää typen katoa hitsiaineessa. Heliumseostus parantaa hitsin juoksevuutta ja tunkeumaa sekä mahdollistaa suuremman hitsausnopeuden.	
			MISON® Ar	Antaa vakaan valokaaren, joka on helppo sytyttää.	
			Argon	Inertti	
Superduplex Esimerkiksi X 2 CrNiMoCuN 25 6 2 SAF 2507, X 2 CrNiMoN 25 7 4 Zeron 100	MIG/MAG	Umpilanka	MISON® Ar (Lyhytkaari) Kuumakaari Pulssihitsaus	Antaa vakaa valokaaren, joka on helppo sytyttää. Hyvin vähän hapettunut hitsi.	
			MISON® 2He (Lyhytkaari) Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu, jolla on laaja käyttöalue. Antaa vähän roiskeita ja pintakuonaa. Parempi tunkeuma ja hitsisulan juoksevuus kuin suojakaasuilla ilman heliumlisäystä. Hyvin liittyvä tasainen hitsi. Mahdollistaa suuren hitsausnopeuden. Erityisesti suuremmille levynpaksuuksille.	
	TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	MISON® N2 (Lyhytkaari) Kuumakaari Pulssihitsaus	Typenseostus vähentää typen katoa hitsiaineessa. Hyvin vähän hapettunut hitsi. Heliumseostus parantaa hitsin juoksevuutta ja tunkeumaa sekä mahdollistaa suuremman hitsausnopeuden.	
			MISON® N2	Typenseostus vähentää typen katoa hitsin ilman lisä- juoksevuutta ja tunkeumaa sekä ainetta mahdollistaa suuremman hitsausnopeuden.	
	Juurensuojaus			MISON® Ar	Antaa vakaan valokaaren, joka on helppo sytyttää.
				Argon	Inertti
			Nitrogen	Reagoimaton (typettävä)	

MISON® suojakaasut vähentävät hitsauksen aikana syntyvän otsonin määrää ja parantavat hitsaajan työskentelyolosuhteita.

Alumiinin suojakaasut.

Yleistä

8.2 Alumiinin suojakaasuvalinta

Valintataulukko

8.1 Yleistä

Alumiini ja alumiiniseokset ovat rakennemateriaaleja, joilla on monia hyviä ominaisuuksia, esimerkiksi keveys, vähäinen korroosioherkkyys, hyvä työstettävyyttä, hyvä lämmön- ja sähkönjohtokyky sekä hyvät matalalämpötilaominaisuudet.

Tämän johdosta alumiinia käytetään enenevässä määrin hitsatuissa rakenteissa, ja sille löytyy jatkuvasti uusia käyttökohteita.

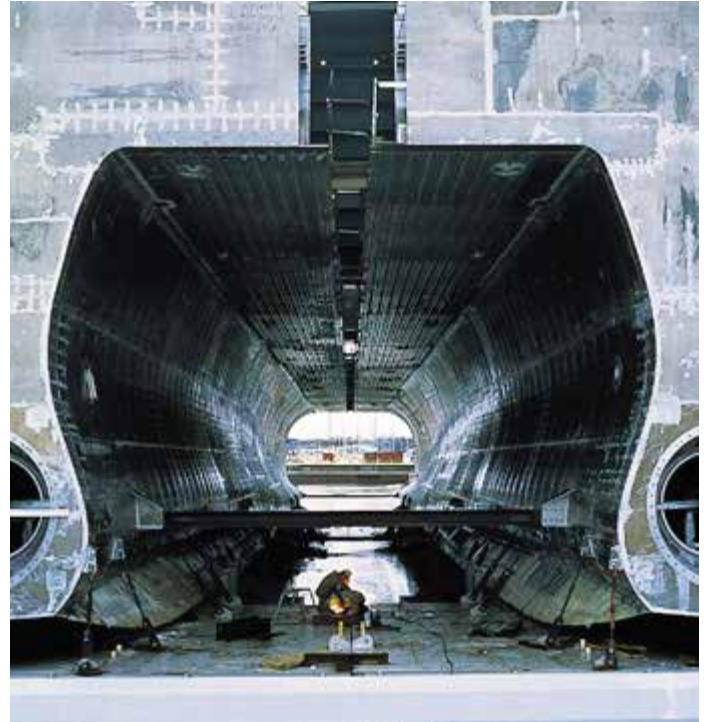
Puhtaalla alumiinilla on suhteellisen vaatimattomat mekaaniset ominaisuudet, eikä sitä juurikaan käytetä kantavissa rakenteissa.

Lujuutta parannetaan seostuksella ja erilaisilla lämpökäsittelyillä. Tavallisimmat alumiiniseokset ovat: Al-Cu, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Si-Mg ja Al-Zn. Alumiinille on olemassa useita luokitustapoja, joista ehkä tunnetuin on Aluminum Association -järjestön numeerinen luokittelu (AA).

Muokattavat alumiiniseokset luokitellaan Suomessa standardissa SFS-EN 573-1 esitetyn nelinumeroisen nimikejärjestelmän mukaan. Standardi on yhtäpitävä amerikkalaisen Aluminium Association -järjestön julkaiseman kansainvälisen nimikejärjestelmäsuosituksen kanssa.

Alla olevassa taulukossa on mainittu myös yleisimpiä käyttökohteita sekä eri alumiinilaatujen hitsattavuus kaasukaarimenetelmillä. Puhtaan alumiinin hitsattavuus on erittäin hyvä. Eri alumiiniseosten hitsattavuudessa on kuitenkin suuria eroja, mikä täytyy huomioida hitsattavaksi suunniteltavan rakenteen materiaalivalinnoissa.

Suojakaasun valinnassa eri ryhmillä ei ole eroja. Alumiinin kohdalla korostuu aivan erityisesti suojakaasun puhtauden säilyttäminen aina hitsauskohteeseen asti. Sulaan päässyt pienikin määrä kosteutta näkyy hitsissä huokosina.



Alumiinista hitsatut rakenteet voivat olla hyvinkin suuria. Kuvassa tekeillä Finnyards Oy:n (nyk. STX Europe) telakalla rakennettu maailman suurin alumiininen katamaraani.

SFS-EN 573-1	Pääseosaineet	Esimerkki SFS-EN 573-1	Hitsattavuus	Tyypillisiä käyttökohteita
1XXX	Seostamaton (Al ≥ 99.0%)	EN AW-1200	Erittäin hyvä	Virtakiskot, koristelistat, kattilat
2XXX	Kupari	EN AW-2011	Mahdollinen, ei suositeltava	Lentokoneiteollisuus
3XXX	Mangaani	EN AW-3003	Hyvä	Yleiset sovellukset, listat
4XXX	Pii	EN AW-4045	Hyvä	Hitsauslisäaineet
5XXX	Magnesium	EN AW-5005	Hyvä	Veneet, laivat, säiliörakenteet, kuljetuskalusto
6XXX	Magnesium ja pii	EN AW-6060	Hyvä	Koriste- ja peitelistat, ovet, ikkunat
7XXX	Sinkki	EN AW-7020	Mahdollinen, ei suositeltava	Lentokoneiteollisuus, kuljetuskalusto
8XXX	Muut seosaineet			

8.2 Alumiinin suojakaasuvalinta

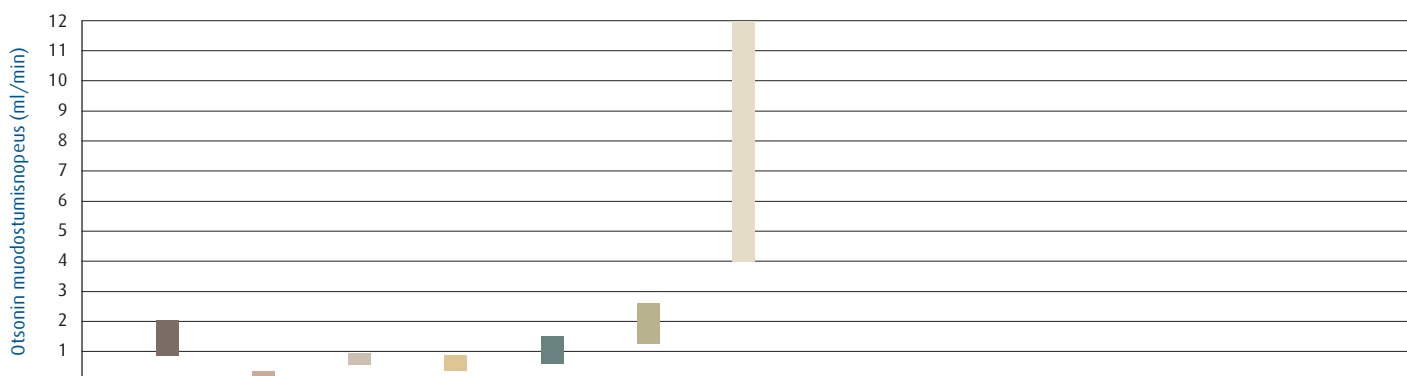
Alumiinin kaasukaarihitsauksessa käytetään inerttejä kaasuja. Eniten käytetty suojakaasu on MISON® Ar, joka myös vähentää hitsauksessa muodostuvan otsonin määrää.

Otsoni on suuri ongelma alumiinin MIG-hitsauksessa, jossa sitä muodostuu hyvin runsaasti. Siksi kaikki käytettävissä olevat keinot otsonialtistuksen pienentämiseksi ovat välttämättömiä.

Ohuiden materiaalien hitsauksen peruskaasu on MISON® Ar. Mikäli tunkeumaa halutaan kasvattaa tai hitsausnopeutta lisätä suuremmilla aineenvahvuuksilla, voidaan suojakaasuna käyttää heliumpitoisia suojakaasuja (MISON® He30, VARIGON® He50, VARIGON® He70).

Otsonin muodostumisnopeuksia eri perusaineita hitsattaessa

Ruostumaton teräs TIG Argon
 Alumiini TIG Argon
 Alumiini TIG Helium
 Seostamaton teräs MAG Hiilidioksidi Lyhytkaari
 Seostamaton teräs MAG Ar+20% CO₂ Lyhytkaari
 Seostamaton teräs MAG Ar+20% CO₂ Lyhytkaari
 Alumiini MIG Argon Kuumakaari



Alumiinin suojakaasut

Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
MIG	Umpilanka	MISON® Ar	Antaa vakaamman valokaaren kuin argon tai argon-heliumseokset
		Kuumakaari	
		Pulssihitsaus	
		MISON® He30	Yleiskaasu paksumpien aineenvahvuuksien hitsaukseen.
		Kuumakaari	Parempi sivutunkeuma ja suurempi hitsausnopeus johtuen heliumseostuksesta.
		Pulssihitsaus	
		VARIGON® He50	Heliumin määrän kasvaessa lämmöntuonti hitsiin kasvaa.
VARIGON® He70	Parempi tunkeuma ja suurempi hitsausnopeus.		
TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	MISON® Ar	Antaa vakaamman valokaaren kuin argon tai argon-helium-seokset. Helposti syttyvä valokaari. Argonia parempi tunkeuma.
		MISON® He30	Yleiskaasu paksumpien aineenvahvuuksien hitsaukseen. Parempi sivutunkeuma ja suurempi hitsausnopeus johtuen heliumseostuksesta.
		VARIGON® He50	Heliumin määrän kasvaessa lämmöntuonti hitsiin kasvaa.
		VARIGON® He70	Parempi tunkeuma ja suurempi hitsausnopeus.
		Paksujen aineenvahvuuksien hitsaukseen.	
		Ei otsonia poistavaa ominaisuutta.	
		Ei otsonia poistavaa ominaisuutta.	

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.



Muille metalleille tarkoitetut suojakaasut.

Sisältö

9.1 Kuparin ja kupariseosten suojakaasut

Valintataulukko

9.2 Titaanin ja titaaniseosten suojakaasut

Valintataulukko

9.3 Nikkelipohjaisten seosten suojakaasut

Valintataulukko

9.1 Kuparin ja kupariseosten suojakaasut

Kuparilla on hyvä muovattavuus ja taottavuus. Sillä on myös hyvä korroosionkestävyys monille aineille. Seostamattoman kuparin sähkön- ja lämmönjohtokyky on hyvä, mutta kupariseoksilla nämä ominaisuudet ovat huonommat. Hitsattavuus vaihtelee suuresti kupariseoksesta toiseen.

Kuparia ja kupariseoksia käytetään paljon sähkölaitteissa, vesijohdoissa, venttiileissä, lämmönvaihtimissa ja kemiallisissa laitteissa. Kuparin ja kupariseosten MIG- ja TIG-hitsaukseen suositellaan MISON® Ar -suojaakaasua.

Paksumpia kappaleita hitsattaessa voidaan käyttää argonin ja heliumin seoksia (MISON® He30, VARIGON® He50, VARIGON® He70) tai puhdasta heliumia. Suojakaasuun lisätty helium parantaa tunkeumaa ja vähentää esilämmityksen tarvetta.

Kuparin ja kupariseosten suojakaasut

Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
MIG	Umpilanka	MISON® Ar Lyhytkaari Kuumakaari Pulssihitsaus	Antaa vakaamman valokaaren kuin argon tai argon-heliumseokset.
		MISON® He30 Kuumakaari Pulssihitsaus	Yleiskaasu paksumpien aineenvahvuuksien hitsaukseen. Parempi sivutunkeuma ja suurempi hitsausnopeus johtuen heliumseostuksesta.
		VARIGON® He50 VARIGON® He50 Helium Kuumakaari Pulssihitsaus	Heliumin määrän kasvaessa lämmöntuonti hitsiin kasvaa. Parempi tunkeuma ja suurempi hitsausnopeus. Paksujen aineenvahvuuksien hitsaukseen. Ei otsonia poistavaa ominaisuutta.
		TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta
MISON® He30	Yleiskaasu paksumpien aineenvahvuuksien hitsaukseen. Parempi sivutunkeuma ja suurempi hitsausnopeus johtuen heliumseostuksesta.		
VARIGON® He50 VARIGON® He70 Helium	Heliumin määrän kasvaessa lämmöntuonti hitsiin kasvaa. Parempi tunkeuma ja suurempi hitsausnopeus. Paksujen aineenvahvuuksien hitsaukseen. Ei otsonia poistavaa ominaisuutta.		

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.

9.2 Titaanin ja titaaniseosten suojakaasut

Titaania käytetään usein sen korroosionkestävyyden tai sen edullisen paino-lujuussuhteen vuoksi. Erityisesti titaaniseosten murto- ja myötölujuudet ovat korkeita.

Titaani ja titaaniseokset voidaan jakaa eri luokkiin. Amerikkalainen ASTM-luokitusjärjestelmä on näistä käytetyin. Tavallisin seostamaton luokka on Grade 2, joka on tarkoitettu yleissovelluksiin.

Niin kutsutuissa alfaseoksissa käytetään seosaineina alumiinia ja tinaa, joilla halutaan parantaa lujuutta. Yleisimmin käytetty alfaseos on Grade 6, jota käytetään avaruusteollisuudessa. Betaseoksissa seosaineina ovat mm. vanadium, molybdeeni ja/tai kromi. Näillä seoksilla on parhaat lujuusominaisuudet. Laatuja Grade 19 ja 21 käytetään paljon off-shore-teollisuudessa. Näille laaduille on tyypillistä hyvä lujuus ja korroosionkestävyys, mutta niitä on vaikea hitsata. Titaania ja titaaniseoksia hitsattaessa on käytettävä inerttejä suojakaasuja. Titaani reagoi erittäin herkästi vedyn, hapen ja typen kanssa. Vaativiin sovelluksiin suositellaan argonia, jonka puhtaus ylittää 99,996 % (Argon 4.6).



Titaanin ja titaaniseosten suojakaasut

Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	Argon 4.6	Vaativiin sovelluksiin. Antaa puhtaan metallisen hitsin pinnan. Kaasukenkä on usein tarpeellinen.
		MISON® Ar	Vähemmän vaativiin sovelluksiin. Antaa argonia vakaamman valokaaren. Helposti syttyvä valokaari.
Juurensuoja		Argon 4.6	Inertti

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.

9.3 Nikkelipohjaisten seosten suojakaasut

Ruostumattomien terästen korroosionkestävyys on moniin käyttötarkoituksiin riittämätön. Lisäämällä seosaineita (esim. nikkeliä, kromia ja molybdeenia) voidaan ruostumattoman teräksen korroosio-ominaisuuksia edelleen parantaa. Jos seosaineiden yhteinen osuus ylittää 50 %, ei enää puhuta teräksistä, vaan nikkelpohjaisista seoksista. Jotkut näistä seoksista eivät sisällä lainkaan rautaa.

Nikkelpohjaisia seoksia käytetään, kun materiaalilta edellytetään erittäin hyvää korroosionkestävyyttä.

Nikkelpohjaisten seosten TIG-hitsaukseen suositellaan MISON® Ar tai MISON® H2 -suojakaasua. Suojakaasuun lisätty vety vähentää pintaoksideja ja lisää hitsausnopeutta. Myös MIG-hitsauksessa on käytettävä inerttejä suojakaasuja. Suositeltavin vaihtoehto on MISON® Ar. Siihen lisätty pieni typpimonoksidimäärä (NO) vakauttaa valokaarta, jolloin pinnan hapettuminen on vähäistä ja hitsistä tulee roiskeeton. Argon-heliumseosten käyttö on myös mahdollista haluttaessa parantaa hitsisulan juoksevuuutta.

Nikkelpohjaisten seosten suojakaasut

Prosessi	Lisäaine	Suojakaasu	Ominaisuudet
MIG	Umpilanka	MISON® Ar	Antaa vakaamman valokaaritapahtuman kuin argon tai argon-heliumseokset. Helposti syttyvä valokaari.
TIG	Lisäaineellinen tai ilman lisäainetta	MISON® Ar	Antaa vakaamman valokaaritapahtuman kuin argon tai argon-heliumseokset. Helposti syttyvä valokaari.
		MISON® H2	Vetylisäys antaa suuremman hitsausnopeuden, paremman tunkeuman ja pienemmän hapettumisen.
Juurensuoja		FORMIER® 10	Pelkistävä. Palava kaasuseos
		Argon	Inertti

Kaikki MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.

Suojakaasujen käyttöalueet.

Sisältö

10.1 Valintataulukko

MISON® 8
 MISON® 18
 MISON® 25
 MISON® Ar
 MISON® 2
 MISON® 2He
 MISON® N2
 MISON® H2
 CRONIGON® He
 MISON® He30
 VARIGON® He50
 VARIGON® He70
 VARIGON® H5
 FORMIER® 10

10.1 Valintataulukko

Suojakaasujen käyttöalueet

	MAG			MIG	TIG	MIG-juotto	Juurensuoja
	Umpilanka	Jauhetäytelanka	Metallitäytelanka	Umpilanka			
Rakenne	MISON® 8	MISON® 18	MISON® 8		MISON® Ar	MISON® Ar	
teräkset	MISON® 18	MISON® 25	MISON® 18			MISON® 2He	
	MISON® 25	CO ₂	MISON® 25				
	CO ₂						
Ruostu-	MISON® 2	MISON® 18	MISON® 2	MISON® Ar			FORMIER® 10*
mattomat	MISON® 2He	MISON® 25	MISON® 2He				Argon*
teräkset	CRONIGON® He		CRONIGON® He				VARIGON® H5*
Alumiini				MISON® Ar	MISON® Ar		
				MISON® He30	MISON® He30		
				VARIGON® He50	VARIGON® He50		
				VARIGON® He70	VARIGON® He70		
Kupari				MISON® Ar	MISON® Ar		
				MISON® He30	MISON® He30		
				VARIGON® He50	VARIGON® He50		
				VARIGON® He70	VARIGON® He70		
Titaani					Argon 4.6		Argon 4.6
					MISON® Ar		
Nikkelseokset				MISON® Ar	MISON® Ar		FORMIER® 10
					MISON® H2		Argon

*Katso taulukot edellisiltä sivuilta

MISON® 8

(Ar + 8% CO₂ + 0.03% NO)

MISON® 8 soveltuu seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen MAG-hitsaukseen umpilangalla ja metallitäytelangalla. Suojakaasu on tarkoitettu ennen muuta kuumakaari- ja pulssihitsaukseen.

MISON® 8 antaa suuren hitsausnopeuden, vähän roiskeita ja pintakuonaa.

Hitsikupu on matala, valokaari on vakaa ja lisäaineen hyötyluku on korkea. MISON® 8 on paras vaihtoehto tavoiteltaessa suurinta tuottavuutta robotisoidussa tai mekanisoidussa hitsauksessa.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia, jota korkeatuotteisessa hitsauksessa syntyy tavanomaista enemmän.

Luokittelu: ISO 14175-Z

MISON® 18

(Ar + 18% CO₂ + 0.03% NO)

MISON® 18 soveltuu seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen MAG-hitsaukseen umpilangoilla ja täytelangoilla. Soveltuu myös pulssihitsaukseen tietyin rajoituksin, sekä ruostumattomien terästen rutiilitäytelankahitsauksen suojakaasuksi.

MISON® 18 antaa matalan hitsin ja vähäroiskeisen hitsaustapahtuman kaikilla kaarialueilla.

Sopii hyvin yleiskaasuksi.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14175-Z

MISON® 25

(Ar + 25% CO₂ + 0.03% NO)

MISON® 25 soveltuu seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen MAG-hitsaukseen umpilangoilla ja täytelangoilla.

MISON® 25 antaa lyhytkaarella juoksevan, hyvin hallittavan sulan.

Suojakaasulla on kuu-makaarella erinomainen epäpuhtauksien sietokyky ja se antaa tiiviin hitsin epäedullisissakin olosuhteissa.

Roiskeenmuodostus on vähäisempää, hitsin liittyminen perusaineeseen on parempi ja hitsausnopeus on suurempi hiilidioksidiin verrattuna. Seoskaasuista sillä on suurin happeuttavuus, minkä johdosta myös kuanmuodostus on voimakkainta.

Kaasua suositellaan erityisesti lyhytkaarihitsaukseen (pienkoneille) ja kuumakaarihitsaukseen silloin, kun hitsillä on tiiveysvaatimuksia tai hitsausolosuhteet ovat epäedulliset.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14175-Z

MISON® Ar

(Ar + 0.03% NO)

MISON® Ar soveltuu useimpien metallien TIG-hitsaukseen ja antaa helposti syttyvän, argonia vakaamman valokaaren.

MISON® Ar soveltuu myös alumiinin ja sen seosten, sekä runsaasti seostettujen ruostumattomien terästen (kuten duplex ja superduplex) sekä kuparin ja nikkelseosten MIG-hitsaukseen.

Antaa vakaan ja roiskeettoman hitsaustapahtuman. Suositellaan myös pinnoitettujen terästen MIG-juottoon.

Suojakaasua ei suositella juurensuojaukseen.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14175-Z

MISON® 2

(Ar + 2% CO₂ + 0.03% NO)

MISON® 2 soveltuu ruostumattomien terästen, kuten tavanomaisten austeniittisten laatujen (esimerkiksi AISI 304 ja 316), ferriittisten sekä vakioalaatuisten duplex-terästen MAG-hitsaukseen.

MISON® 2 soveltuu lyhytkaari-, kuumakaari- ja pulssihitsaukseen.

Vähän roiskeita ja pintakuonaa, hyvä tunkeuma ja matala hitsipalko.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14175-Z

MISON® 2He

(Ar + 2% CO₂ + 30% He + 0.03% NO)

MISON® 2He soveltuu ruostumattomien terästen, kuten useimpien austeniittisten (esimerkiksi AISI 304 ja 316) sekä ferriittisten ja vakioalaatuisten duplex-terästen MAG-hitsaukseen.

Suojakaasu soveltuu lyhytkaari-, kuumakaari- ja pulssihitsaukseen.

Vähän roiskeita ja pintakuonaa, hyvä tunkeuma ja matala hitsi.

Suosittelaa etenkin paksumpien materiaalien hitsaukseen. Sopii myös pinnoitettujen terästen MIG-juottoon aineenvahvuuden ollessa yli 1,5 mm.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14175-Z

MISON® N2

(Ar + 1.8% N₂ + 30% He + 0.03% NO)

MISON® N2 soveltuu ruostumattomien duplex-terästen ja tyypiseosteisten austeniittisten terästen TIG-hitsaukseen.

Kaasun sisältämä typpi rajoittaa hitsin typen katoa antaen paremman korroosionkestävyyden ja hyvät mekaaniset ominaisuudet.

Voidaan käyttää myös runsasseosteisten austeniittisten ja superduplex-terästen MIG-hitsaukseen.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14175-Z

MISON® H2

(Ar + 2% H₂ + 0.03% NO)

MISON® H2 soveltuu austeniittisten ruostumattomien terästen ja nikkelseosten TIG-hitsaukseen.

Vedyn ansiosta saadaan kuumempi ja keskitetympi valokaari, suurempi hitsausnopeus, parempi tunkeuma ja juoheva liittyminen hitsin ja perusaineen välillä.

Vety myös ehkäisee hitsin hapettumista.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14174-Z

CRONIGON® He

(Ar + 1% O₂ + 30% He)

CRONIGON® He on monikäyttöinen kaasu ruostumattomien terästen MAG-hitsaukseen.

Vähän roiskeita ja pintakuonaa.

Heliumlisäyksen ansiosta parempi sulan juoksevuus ja tunkeuma.

Eryteisesti tilanteisiin, joissa halutaan varmistua hitsin erittäin matalasta hiilipitoisuudesta (<0,030%) kuumakaarihitsauksessa.

Ei otsoninmuodostusta vähentävää vaikutusta.

Luokittelu: ISO 17175-M13

MISON® He30

(Ar + 30% He + 0.03% NO)

MISON® He30 soveltuu TIG-hitsaukseen sekä eräiden runsasseosteisten

ruostumattomien terästen, nikkelseosten, alumiinin ja kuparin sekä niiden seosten MIG-hitsaukseen.

MISON® He30 antaa hyvin juoksevan sulan, paremman sivutunkeuman, suuremman hitsausnopeuden sekä vähentää esilämmitystarvetta.

Poistaa hitsauksen aikana syntyvää haitallista otsonia.

Luokittelu: ISO 14175-Z

VARIGON® He50 - VARIGON® H e70

(Ar + 50% He) - (Ar + 70% He)

VARIGON® suojakaasut soveltuvat TIG-hitsaukseen sekä eräiden runsasseosteisten ruostumattomien terästen, nikkelseosten, alumiinin ja kuparin sekä niiden seosten MIG-hitsaukseen.

Suojakaasun helium-pitoisuutta muuttamalla saadaan halutut ominaisuudet lämmöntuonnin, sulan hallinnan, tunkeuman ja hitsausnopeuden optimoimiseksi.

Eryteisesti paksujen alumiinien ja kuparin hitsaukseen.

Luokittelu: ISO 14175-I3

VARIGON® H5

(Ar + 5% H₂)

VARIGON® H5 soveltuu erityisesti austeniittisten materiaalien mekanisoituun TIG-hitsaukseen.

Antaa suuren hitsausnopeuden ja oksidivapaan hitsin.

Voidaan myös käyttää austeniittisten ruostumattomien terästen juurensuojakaasuna.

Luokittelu: ISO 14175-R1

FORMIER® 10

(N₂ + 10% H₂)

FORMIER® 10 soveltuu juurensuojakaasuksi lähinnä austeniittisille materiaaleille.

Käytetään myös seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen juurensuojaukseen. FORMIER® 10 on pelkistävä juurensuojakaasu, joka antaa hyvän muotoisen oksidivapaan juuripinnan.

Kaasu on palava, joten sitä ei tulisi käyttää säiliönhitsauksessa juuripinnan suojaamiseen.

Luokittelu: ISO 14175-N5



Suojakaasujen toimitusmuodot.

Sisältö

- 11.1 Toimitusmuodot
- 11.2 Pullot ja pullopaketit
- 11.3 Pulloventtiilien liitinkierreet
- 11.4 Kaasun puhtaus
- 11.5 Turvallinen kaasunkäsittely
- 11.6 Lait ja asetukset

11.1 Toimitusmuodot

Suojakaasuja voidaan toimittaa eri muodoissa. Linde toimittaa suojakaasuja pääasiassa seuraavilla eri tavoilla:

1. Kaasumaisena (hiilidioksidi nestemäisenä) pulloissa. Yleisimmät pullokoot ovat 50 l/200 bar ja 20 l/200 bar. Linden vuokrajärjestelmässä on myös pienempiä pullokokoja. Pullokokojen valikoima riippuu suojakaasun tyypistä.
2. Kaasumaisena (hiilidioksidi nestemäisenä) pullopaketeissa, maksipalloissa tai supermaksipalloissa. Pullopaketissa on 12 pulloa kiinteästi kytkettynä kaasun ulosottoon. Maksi- ja supermaksipallot ovat pyöreitä säiliöitä (450 ja 800 l), ja niiden saatavuus riippuu kaasutyypistä. Paketteja ja molempia maksipalloja voidaan kuljettaa haarukkatrukilla. Toimitusmuoto soveltuu keskisuurille asiakkaille, joilla on kaasunjakeverko.
3. Nestemäisenä asiakkaan luona oleviin säiliöihin. Nestemäinen argon (LAR), nestemäinen MISON® (LAR + 0,03 NO) tai hiilidioksidi (LIC) kuljetetaan säiliöautolla asiakkaan säiliöön, josta se johdetaan höyrystimen kautta kaasuverkostoon. Toimitusmuoto soveltuu asiakkaille, joilla kaasun kulutus on hyvin suuri.

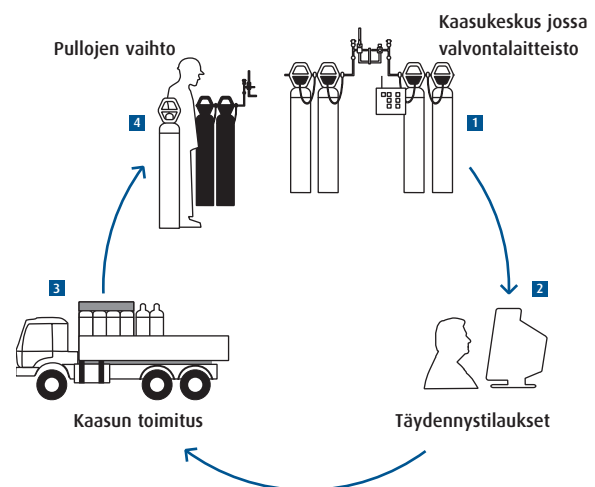
Nykyisin monella Linden asiakkaalla on käytössä kaasunjakelujärjestelmä, joka koostuu kaasukeskuksesta (alentaa pullopaineen verkostopaineeksi), siihen liitetystä pulloista tai pullopaketeista, kaasuverkostosta ja tarvittavasta määrästä kaasun ulosottopisteistä. Kaasukeskuksia on saatavissa useita eri tyyppisiä riippuen kaasusta, kaasutarpeesta ja halutusta automaatioasteesta.

Kaasun kulutuksen ollessa hyvin suuri voidaan kaasu toimittaa nestemäisenä. Tällöin kaasu syötetään nesteytetyn kaasun säiliöstä höyrystimen kautta kaasuverkostoon ja edelleen ottopisteiden kautta käyttökohteeseen.

Toimitettavat kaasut voidaan myös sekoittaa halutuksi seokseksi mikserin avulla ennen kaasuverkostoon johtamista.

Kaasunjakelujärjestelmä takaa varman ja jatkuvan kaasuhoillon eri käyttöpisteisiin. Työkohteessa ei tarvita kaasupullojen siirtoja, mikä säästää aikaa ja työtä sekä parantaa osaltaan turvallisuutta. Kaasunjakelujärjestelmä myös vähentää tarvittavien pullojen määrää ja alentaa vuokra- ja kuljetuskustannuksia.

Toimivuuden takaamiseksi kaasunjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus tulisi antaa nimenomaan kaasuverkostojen asentamiseen erikoistuneen yrityksen tehtäväksi. Lindellä on pitkä kokemus toimivien kaasujärjestelmien suunnittelusta ja toteutuksesta niin puhtaiden, lääkkeellisten kuin teollistenkin kaasujen osalta.





11.2 Pullot ja pullopaketit

Alla olevassa taulukossa on esitelty tyypillisiä ilmakaasupullojen ja pullopakettien tietoja. Annetut arvot ovat viitteellisiä.

Kaasupullot on varustettu kiinteällä LC-kuvulla, johon on kiinnitetty viivakoodi. Jokaisella pullolla on oma viivakoodinsa, jonka perusteella selviävät esimerkiksi pullon tekniset tiedot, pullon nykyinen olinpaikka, täyttöhistoria ja kaasun koostumus. Kaasupullot on merkitty myös muilla tavoin.

Teolliset kaasupullot on maalattu mustiksi. Pullon hartiaosan värit määräytyvät pulloväristandardin mukaan. Väri ilmaisee kaasun tai kaasuseoksen vaarallisen ominaisuuden. Edellä mainitusta poiketen on joillekin kaasuille määrätty oma tunnusväriinsä. Oman värinsä ovat saaneet asetyleeni, happi, ilokaasu, argon, typpi, hiilidioksidi ja helium. Siirtymäkauden aikana esiintyy vielä vanhan standardin mukaan maalattuja pulloja.

Pullon hartiaosaan on leimattuna pulloon liittyviä erilaisia tietoja, kuten pullon valmistustiedot, suurin sallittu täyttöpaine, pullon paino ja tarkastusajankohta. Pullo on paineastia, joka täytyy katsastaa määrävälein.

Valkoinen siipitarra kertoo tuotteen nimen ja koostumuksen. Lisäksi siitä ilmenee ARD/VAK-kuljetusluokka, YK-numero ja kaasun käyttöturvallisuuteen liittyvää ohjeistusta.

Pullotyyppi	Kaasun määrä* (m ³ , 200 bar)	Pullon paino tyhjänä sis. venttiilin ja suojakuvun (noin) (kg)	Korkeus sisältäen venttiilin ja suojakuvun (mm)	Ulkoläpimitta (mm)
OTC-5	1,0	8,8	555	140
OTM-5	1,0	7,0	600	152
OTC-20	4,0	36,5	1065	204
OTC-50	10,0	70,0	1775	230
Pullopaketit ja pallot			Leveys x syvyys x korkeus (mm)	
12 x OTC-50	120	1050	1100 x 850 x 1840 1020 x 780 x 1930	
Maksipallo	90	600, 850	1050 x 1050 x 1150	
Supermaksipallo	160	1450	1220 x 1220 x 1530	

* Noin-määrä (vaihtelee kaasun/kaasuseoksen mukaan)



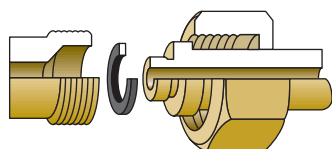
11.3 Pulloventtiilien liitinkierteet

Turvallisuuden lisäämiseksi ja väärän liittämisen estämiseksi pullot ja pullopaketit on varustettu erilaisilla liitinkierteillä riippuen kaasusta tai kaasuseoksesta.

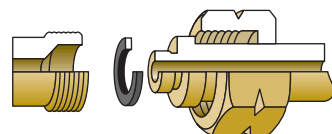
Alla on esitetty tavallisimpien kaasujen pullokierreet. Pulloissa on käytettävä kyseiselle kaasulle ja pullopaineelle tarkoitettua säädintä. Välikappaleen käyttö paineensäätimen ja pulloventtiilin välillä ei ole sallittua.

Tavallisimpien kaasujen pullokierreet.

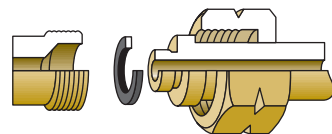
24.32 x 1.814 SFS 2292
MISON® Ar, MISON® 2, MISON® 2He,
MISON® N2, MISON® H2, MISON® 8,
MISON® 18, MISON® 25, MISON® He30,
VARIGON® He50, VARIGON® He70,
VARIGON® H5, Argon, Typpi, Helium,
Ar/CO₂-seokset.



21.80 x 1.814 SFS 2292 ODOROX®,
Happi, Hiilidioksidi.



vasen 21.80 x 1.814 SFS 2292
FORMIER® 10, Vety.



11.4 Kaasun puhtaus

Suojakaasun puhtaudella on suuri merkitys hitsauksessa. Kaasun puhtaus vaikuttaa hitsin laatuun ja hitsausnopeuteen sekä TIG-hitsauksessa elektrodin käyttöikään. Linde takaa kaasun puhtauden tiettyyn toimituspisteeseen, esimerkiksi pulloventtiiliin saakka. Siitä eteenpäin on asiakkaan tehtävänä varmistaa kaasun puhtaus suojattavaan kohteeseen saakka.

Mikäli suojakaasu johdetaan käyttökohteeseen kaasunjakeluverkoston kautta, kannattaa verkoston suunnitteluun, rakentamiseen ja kunnossapitoon (tiiveys) panostaa.

Seuraavassa on muutama vinkki kaasun puhtauden varmistamiseksi pulloventtiilistä tai ottopisteestä eteenpäin.

- Pulloventtiilistä ei saa puhalluttaa kaasua ennen paineensäätimen kiinnitystä.
- Huuhtelee paineensäädintä ja letkuja hetken ennen ryhtymistä varsinaiseen työhön.
- Käytä vain suojakaasulle tarkoitettuja kaasuletkuja.
- Vältä tarpeettoman pitkiä ja suurihalkaisijaisia letkuja.
- Varmista, että letkut ovat vahingoittumattomat ja kaikki liitokset ovat tiiviit.
- Jos hitsauspistooli on vesijäähdytteinen, varmista ettei siinä ole vuotoja.
- Käytä suositeltua kaasunvirtausta, jonka tarkistat rotametrillä polttimen päästä. Liian suuri virtaus tekee kaasusuojauksesta epävakaan, ja liian pieni virtaus ei riitä suojaamaan valokaarta eikä hitsisulaa.

Muista myös, että kaasukaarihitsauksessa kaasusuojausta heikentävät veto, roiskeiden kerääntyminen kaasusuuttimeen ja epävakaat valokaari.

11.5 Turvallinen kaasunkäsittely

Kaasujen käyttöön hitsauksessa ei liity riskejä, kun kaasuja ja kaasulaitteita käsitellään oikein. Siksi käyttäjällä pitää olla riittävät tiedot seuraavista asioista.

- Kaasujen ominaisuudet ja turvallinen käsittely
- Laitteiden oikea käsittely
- Ennen työtä, työn aikana ja työn jälkeen tarvittavat suojaustoimenpiteet
- Voimassa olevat viranomaismääräykset

11.6 Lait ja asetukset

Kaasujen kuljettamisesta, varastoinnista ja käytöstä on koko joukko viranomaismääräyksiä. Etenkin palavien ja hapettavien kaasujen osalta varastointi ja käyttö on tarkasti säädeltyä. Näiden kaikkia koskevien määräysten lisäksi on usein yrityskohtaisia määräyksiä, joita käyttäjän on myös noudatettava.

Linde järjestää kaasuturvallisuuteen liittyvää koulutusta. Meiltä löytyy myös kaikki tarpeellinen tieto tuotteidemme turvallisesta käytöstä.

Käytetyt termit.

- **Anodi:** Positiivinen elektrodi
- **Austeniittinen ruostumaton teräs:** Teräs, jonka mikrorakenne on austeniittinen huoneenlämpötilassa (tavallisimmat ruostumattomat teräkset, esimerkiksi AISI 304, AISI 316)
- **Duplex-teräs:** Teräs, jonka mikrorakenne huoneenlämpötilassa on "puoleksi" ferriittinen ja austeniittinen
- **Ferriittinen ruostumaton teräs:** Teräs, jonka mikrorakenne huoneenlämmössä on pääasiassa ferriittinen
- **HTP:** Haitalliseksi tunnettu pitoisuus. Työministeriön asettamat al-
tistusrajat, joita työpaikoilla ei tulisi ylittää. HTP_{8h} ja HTP_{15min} ovat 8
tunnin ja 15 minuutin keskimääräisiä haitallisten pitoisuuksien arvoja
- **Katodi:** Negatiivinen elektrodi
- **MAG-hitsaus:** Kaasukaarihitsaus, jossa valokaari palaa syötettävän
lisäainelangan ja perusaineen välillä. Suojakaasuna käytetään rea-
goivaa kaasua (MAG = Metal Active Gas)
- **Metallikuume:** Metallioksidien hengittämisestä aiheutuva flunssaa
muistuttava tila, johon liittyy lämmön nousu, vilunväristykset, hikoilu ja
pahoinvointi
- **MIG-hitsaus:** Kaasukaarihitsaus, jossa valokaari palaa syötettävän
lisäainelangan ja perusaineen välillä. Suojakaasuna käytetään inert-
tiä kaasua (MIG = Metal Inert Gas)
- **MIG-juotto:** MIG-hitsausta, jossa käytetään matalan sulamispisteen
omaavaa lisäainelankaa (alumiinipronssi, piipronssi) perusainetta
sulattamatta
- **Mikrometri μm :** Metrin miljoonasosa = 0,001 mm
- **Otsoni (O_3):** Väritön, erittäin myrkyllinen kaasu. Kun happiatomeihin
kohdistuu ultraviolettisäteilyä esimerkiksi hitsausvalokaaresta, muo-
dostuu otsonia
- **Pistekorroosio:** Paikallinen pistemäinen syöpymä
- **Puikkohitsaus:** Kaarihitsaus, jossa valokaari palaa hitsauspuikon ja
perusaineen välissä (MMA = Manual Metal Arc)
- **Ppm:** Miljoonasosa (ppm = Parts Per Million)
- **Rautapölykeuhko:** Rautapölyn hengittämisestä aiheutuva keuhko-
jen tulehdustila
- **Runsasseosteinen austeniittinen teräs:** Ruostumaton austeniit-
tinen teräs, jonka korroosio-ominaisuuksia on parannettu seostusta
lisäämällä.
- **Superduplex:** Runsasseosteinen duplex-teräs
- **TIG-hitsaus:** Kaasukaarihitsaus, jossa valokaari palaa sulamattoman
elektrodin (wolframi) ja perusaineen välillä. Lisäaineellinen tai ilman
lisäainetta tapahtuva hitsaus. Käytetään inerttiä suojakaasua (TIG =
Tungsten Inert Gas)
- **Täytelankahitsaus:** MIG-hitsaus, jossa käytetään umpilangan
sijasta metallijauhe-, rutiili- tai emästäytteistä lankaa



Suojakaasujen ryhmät ja merkintä standardin EN ISO 14175:2008 mukaisesti.

Nimi	Koostumus	Ryhmä	Merkintä
MISON® Ar	Ar + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-Ar+NO-0,03
MISON® H2	Ar + 2% H ₂ + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-ArH+NO-2/0,03
MISON® N2	Ar + 30% He + 1,8% N ₂ + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-ArHeN+NO-30/1,8/0,03
MISON® 2	Ar + 2% CO ₂ + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-ArC+NO-2/0,03
MISON® 2He	Ar + 30% He + 2% CO ₂ + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-ArHeC+NO-30/2/0,03
MISON® 8	Ar + 8% CO ₂ + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-ArC+NO-8/0,03
MISON® 18	Ar + 18% CO ₂ + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-ArC+NO-18/0,03
MISON® 25	Ar + 25% CO ₂ + 0,03% NO	Z	EEN ISO 14175-Z-ArC+NO-25/0,03
MISON® He30	Ar + 30% He + 0,03% NO	Z	EN ISO 14175-Z-ArHe+NO-30/0,03
Argon	Ar 4.0 (99,990% Ar)	I1	EN ISO 14175-I1-Ar
Argon 4.6	Ar 4.6 (99,996% Ar)	I1	EN ISO 14175-I1-Ar
CORGON® 8	Ar + 8% CO ₂	M20	EN ISO 14175-M20-ArC-8
CORGON® 18	Ar + 18% CO ₂	M21	EN ISO 14175-M21-ArC-18
CORGON® 25	Ar + 25% CO ₂	M21	EN ISO 14175-M21-ArC-25
CORGON® 3	Ar + 5% CO ₂ + 5% O ₂	M23	EN ISO 14175-M23-ArCO-5/5
CRONIGON® He	Ar + 30% He + 1% O ₂	M13	EN ISO 14175-M13-ArHeO-30/1
CRONIGON® S2	Ar + 2% O ₂	M13	EN ISO 14175-M13-ArO-2
VARIGON® He50	Ar + 50% He	I3	EN ISO 14175-I3-ArHe-50
VARIGON® He70	Ar + 70% He	I3	EN ISO 14175-I3-ArHe-70
VARIGON® H5	Ar + 5% H ₂	R1	EN ISO 14175-R1-ArH-5
VARIGON® H35	Ar + 35% H ₂	R2	EN ISO 14175-R2-ArH-35
Helium	He 4.6 (99,996% He)	I2	EN ISO 14175-I2-He
FORMIER® 10	N ₂ + 10% H ₂	N5	EN ISO 14175-N5-NH-10
Hiilidioksidi	CO ₂ 2.8 (99,8% CO ₂)	C1	EN ISO 14175-C1- C

MISON® suojakaasut poistavat hitsauksessa syntyvää otsonia ja parantavat hitsaajan työympäristöä.



Suojakaasujen valintataulukko.

Suojakaasujen tuoteohjelma täydentyy uusien hitsattavien materiaalien ja menetelmäkehityksen myötä.
Taulukossa mainitut suojakaasut kuuluvat Oy Linde Gas Ab:n varasto-ohjelmaan.
Muita seoksia ja erikoiskaasuja toimitamme tilauksesta.

Valitse oikea kaasu prosessiisi

Prosessi	Materiaali	Vaihtoehto													
		MISON®					ARGON®					VARIGON®			
		AR	HE30	H2	N2	2	2HE	8	18	25	-	4.6	H5	HE50	
TIG	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset	●	■								▲			■	
	Ruostumattomat teräkset, austeniittiset	●	■	■							▲		■	■	
	Ruostumattomat teräkset, duplex	●	■		■						▲			■	
	Alumiini ja sen seokset	●	■								▲			■	
	Kupari ja sen seokset	●	■								▲			■	
	Titaani										▲	●		■	
MIG/MAG	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset							■	●	▲					
	Ruostumattomat teräkset, austeniittiset					●	■								
	Ruostumattomat teräkset, duplex						●								
	Alumiini ja sen seokset	●	■								▲			■	
	Kupari ja sen seokset	●	■								▲			■	
PLASMA	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset										●	■			
	Ruostumattomat teräkset, austeniittiset										▲		●		
	Ruostumattomat teräkset, duplex										●				
	Alumiini ja sen seokset										●				
	Kupari ja sen seokset										●				
	Titaani										▲	●			
JUURISUOJA	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset										▲				
	Ruostumattomat teräkset, austeniittiset										▲		▲		
	Ruostumattomat teräkset, duplex										▲				
	Alumiini ja sen seokset										●				
	Kupari ja sen seokset										●				
	Titaani										▲	●			

MIG/MAG: Oletuksena on, että hitsataan umpilangalla. Muita kaasuja voidaan valita, kun hitsataan täytelangalla.
Lue lisää www.linde-gas.fi.

Valitse oikea kaasu prosessiisi

		● Suositus	▲ Vaihtoehto	■ Voi tuoda lisäetuja						FORMIER®	Typpi	Hiili-	
Materiaali		VARIGON®	CRONIGON®	CORGON®						10	-	dioksidi	
		HE70	S2	HE	3	8	18	25					
Prosessi	TIG	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset											
		Ruostumattomat teräkset, austeniittiset											
		Ruostumattomat teräkset, duplex											
		Alumiini ja sen seokset	■										
		Kupari ja sen seokset	■										
		Titaani											
		Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset				▲	▲	▲	▲				
	MIG/MAG	Ruostumattomat teräkset, austeniittiset		▲	■								
		Ruostumattomat teräkset, duplex		▲	■								
		Alumiini ja sen seokset	■										
		Kupari ja sen seokset	■										
		Titaani											
	PLASMA	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset											
		Ruostumattomat teräkset, austeniittiset											
Ruostumattomat teräkset, duplex													
Alumiini ja sen seokset													
Kupari ja sen seokset													
JUURISUOJA	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset									●	▲		
	Ruostumattomat teräkset, austeniittiset									●	▲		
	Ruostumattomat teräkset, duplex									●	▲		
	Alumiini ja sen seokset										▲		
	Kupari ja sen seokset										▲		
	Titaani												

MIG/MAG: Oletuksena on, että hitsataan umpilangalla. Muita kaasuja voidaan valita, kun hitsataan täytelangalla. Lue lisää www.linde-gas.fi.

Innovaatioilla etumatkaa.

Innovatiiviset toimintatavat ovat tehneet Lindestä edelläkävijän kaikkialla maailmassa. Tekniikan suunnannäyttäjänä tehtävämme on parantaa tasoa jatkuvasti. Kehitämme jatkuvasti uusia korkealaatuisia tuotteita ja innovatiivisia prosesseja yhdessä asiakkaittemme kanssa.

Linde antaa enemmän. Luomme lisäarvoa, selkeästi havaittavia kilpailuetuja ja parempaa kannattavuutta. Kaikki menetelmämme räätälöidään asiakkaiden vaatimusten mukaan. Tarjoamme sekä vakio- että asiakaskohtaisia ratkaisuja. Ne on tarkoitettu kaikenkokoisille ja kaikilla aloilla toimiville yrityksille.

Linde – Making our world more productive