

# Korjaushitsaus- käsikirja



## Osa 1, Perusteet



OY ESAB

puh. (09) 547 761, faksi (09) 547 7771, [www.esab.fi](http://www.esab.fi)

## Osa 1, Perusteet

Taltaus – Leikkaus – Lävistys .....	1 - 3
Esilämmitys ja palkojen välinen lämpötila .....	1 - 4
Sekoittumisen hallinta .....	1 - 6
Suosittelavia esilämmityslämpötiloja .....	1 - 11
Kovuuksien vertailutaulukko .....	1 - 12
Metallien tunnistaminen .....	1 - 13

## Lyhenteet

$R_m$	= murtolujuus
$R_{p0.2}$	= myötölujuus
A	= murtovenymä
HRC	= Rockwell C kovuus
HB	= Brinell kovuus
HV	= Vickers kovuus
a w	= hitsattuna (a w = as-welded)
w h	= muokkauslujittuneena (w h = work-hardened)
DC +	= tasavirta, +napa
DC –	= tasavirta, -napa
AC	= vaihtovirta
OCV	= tyhjäkäyntijännite

## Alkuaineiden kemialliset merkit

Al	Alumiini	Ni	Nikkeli
B	Boori	P	Fosfori
C	Hiili	S	Rikki
Cr	Kromi	Si	Pii
Co	Koboltti	Sn	Tina
Cu	Kupari	Ti	Titaani
Mn	Mangaani	W	Volframi
Mo	Molybdeeni	V	Vanadiini
Nb	Niobi		

## Yleistä

OK 21.03 on teräksen, ruostumattoman teräksen, mangaaniteräksen, valuraudan ja muiden metallien (pois lukien puhdas kupari) taltaukseen, leikkaukseen ja lävistykseen suunniteltu erikoispuikko.

Päällyste muodostaa voimakkaan kaasusuihkun, joka puhaltaa sulan metallin pois.

Työskentely onnistuu tavallisilla puikkohitsausvälineillä, joten paineilmaa, kaasua tai erikoispuikonpitimiä ei tarvita. Urat ovat tasaisia ja sileitä, joten muuta railon valmistelua ei tarvita. Ruostumaton teräs ja mangaaniteräs voivat kuitenkin vaatia hieman hiontaa.

Huom: Tätä puikkoa ei ole suunniteltu hitsaukseen. Puikkoja on saavana 3.2, 4.0 ja 5.0 mm paksuisina.

## Käyttökohteita

OK 21.03 sopii taltaukseen erityisesti asennusolosuhteissa ja kun hiilikaaritalttausvälineet ovat epäkäytännöllisiä.

Se on erinomainen valuraudan korjauksen valmisteluun, koska se kuivattaa ja polttaa epäpuhtauksia ja grafiittia pinnasta sekä pienentää halkeilun ja huokosten riskiä.

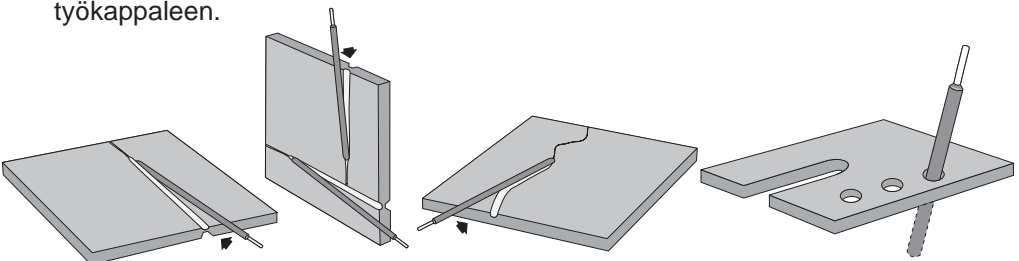
Mangaaniteräksen taltaus on myös sopiva käyttökohde.

## Käyttöohjeita

Käytä taltaukseen pääsääntöisesti virtalajina DC- tai AC. Leikkaukseen ja lävistykseen suositellaan DC+.

Suuntaa puikko kohtisuoraan työkappaletta kohti ja sytytä valokaari. Käännä puikko kuljetusasentoon, 5-10° kulmassa työkappaleeseen nähden ja työnnä eteenpäin. Pidä puikko kosketuksessa työkappaleeseen ja tee sahaavaa liikettä. Toista kunnes haluttu uran syvyys on saavutettu.

Reikien lävistäminen on helppoa. Suuntaa puikko kohtisuoraan työkappaleen pintaan ja sytytä valokaari. Paina, kunnes puikko on lävistänyt työkappaleen.



Jotta halkeamia ei synny hitsin alueelle, on tärkeää valita esilämmityslämpötila ja palkojen välinen lämpötila oikein.

Esilämmitys pienentää:

- vetyhalkeamien riskiä
- kutistumisjännitystä
- kovuutta muutosvyöhykkeellä (HAZ)

Esilämmitystarve kasvaa seuraavien tekijöiden mukana:

- perusaineen hiilipitoisuus
- perusaineen seosainepitoisuudet
- työkappaleen koko ja aineenpaksuus
- alkulämpötila
- hitsausnopeus
- lisäaineen halkaisija (pieni halkaisija – enemmän esilämmitystä)

## Esilämmityslämpötilan valitseminen

Jotta esilämmityslämpötila voidaan valita oikein, on perusaineen koostumus tunnettava. Lämpötilan valintaan vaikuttaa kolme päätekijää:

- perusaineen kemiallinen koostumus: hiilipitoisuus ja seosainepitoisuudet
- työkappaleen koko ja aineenpaksuus
- hitsin vetypitoisuus

Mitä suurempi perusaineen hiilipitoisuus on, sitä korkeampi esilämmityslämpötila tarvitaan. Sama pätee myös seosaineiden pitoisuuksille, mutta vaikutus on pienempi.

Yksi tapa valita esilämmityslämpötila on laskea hiiliekvivalentti,  $C_{ekv}$  (CE), perusaineen kemiallisesta koostumuksesta:

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

Mitä suurempi  $C_{ekv}$ , sitä korkeampi esilämmityslämpötila tarvitaan.

Toinen päätekijä on työkappaleen koko ja aineenpaksuus. Esilämmityslämpötila kasvaa koon ja paksuuden mukana.

Kolmas tekijä on hitsiaineen vetypitoisuus, joka riippuu hitsausmenetelmästä ja lisäainetyypistä sekä lisäaineiden käsittelystä ja varastoinnista. Esilämmitystarve kasvaa vetypitoisuuden kasvaessa.

Kun oikea esilämmityslämpötila on löydetty, on olennaista säilyttää se koko hitsauksen ajan.

Esilämmityksen riittävä pitoaika on ennen hitsausta tärkeä, jotta koko työkappale lämpenee riittävästi. Yleensä kaikki esilämmityksen vaativat kohteet tulee jäähdyttää hitaasti hitsauksen jälkeen.

Seuraavan sivun taulukoiden avulla voidaan arvioida esikuumennus.

## Esikuumennustarve

$C_{ekv}$	< 0,40 %:	- yleensä ei esikuumennusta
$C_{ekv}$	0,40-0,50 %:	- yleensä ei esikuumennusta ohuilla levynpaksuuksilla ja niukkavetyisillä lisäaineilla
		- yleensä esikuumennus paksuilla levynpaksuuksilla
$C_{ekv}$	> 0,50 %:	- esikuumennus ja niukkavetyiset lisäaineet
		- mahdollisesti vielä jälkikuumennus

## Suositteluvia esilämmityslämpötiloja

Perusaine	Levyn paksuus	Teräs	Niukka-seosteinen	Työkalu-teräs	Kromi-teräs	Kromi-teräs	Ruostumaton teräs	Mangaani teräs
Lisäaine	mm	$C_{ekv}$ <0.3 < 180 HB °C	$C_{ekv}$ 0.3-0.6 200-300 HB °C	$C_{ekv}$ 0.6-0.8 300-400 HB °C	5-12% Cr 300-500 HB °C	>12% Cr 200-300 HB °C	18/8 Cr/Ni ~200 HB °C	14%Mn 250-500 HB °C
Niukkaseosteinen	-20	–	100	150	150	100	–	–
200–300 HB	>20	–	150	200	250	200	–	–
	>60	100	180	250	300	200	–	–
Työkaluteräs	-20	–	100	180	200	100	–	–
300–450 HB	>20	–	125	250	250	200	–	o
	>60	125	180	300	350	250	–	o
12% Cr- teräs	-20	–	150	200	200	150	–	x
300–500 HB	>20	100	200	275	300	200	150	x
	>60	200	250	350	375	250	200	x
Ruostumat. teräs	-20	–	–	–	–	–	–	–
18Cr/8Ni jne.	>20	–	100	125	150	200	–	–
200 HB	>60	–	150	200	250	200	100	–
Mn- teräs	-20	–	–	–	x	x	–	–
200 HB	>20	–	–	•100	x	x	–	–
	>60	–	–	•100	x	x	–	–
Co-seokset	-20	100	200	250	200	200	100	x
stelliitti 6 40 HRC	>20	300	400	•450	400	350	400	x
	>60	400	400	•500	•500	400	400	x
Karbidi-tyyppi (1)	-20	–	o–	o–	o–	o–	o–	o–
55 HRC	>20	–	100	200	•200	•200	o–	o–
	>60	o–	200	250	•200	•200	o–	o–

(1) Korkeintaan kaksi kerrosta lisäainetta.

Halkeilu on normaalia.

– Ei esilämmitystä tai <100°C.

x Käytetään harvoin tai ei ollenkaan.

o Esilämmitys suuria alueita pinnoitettaessa.

• Käytä sitkeätä, ruostumatonta pufferikerrosta halkeilun estämiseksi.

Sekoittumisella tarkoitetaan sulassa tilassa olevan perusaineen ja lisäaineesta tulevan hitsiaineen sekoittumista toisiinsa.

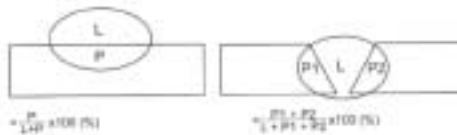
Sekoittuminen pyritään pitämään mahdollisimman pienenä parhaiden kovahitsiaineen ominaisuuksien saavuttamiseksi, jotta yleensä runsaammin seostettu lisäaine ei "laimistuisi" liikaa yleensä vähemmän seostetun perusaineen kanssa.

Pehmeät kovahitsiaineet kovenevat kuitenkin hitsattaessa seostetumman perusaineen päälle, koska hiiltä ja seosaineita seostuu perusaineesta hitsiaineeseen.

Perusaine on kuitenkin yleensä seostamatonta tai niukkaseosteista terästä, jolloin hitsataan useampia kerroksia riittävän kovuuden saavuttamiseksi. Normaalisti kaksi tai kolme kerrosta riittää.

Koska sekoittumisaste ei riipu pelkästään hitsausmenetelmästä, vaan myös hitsauksen suorituksesta, tulee hitsaus suorittaa siten, että pienin mahdollinen sekoittumisaste saavutetaan.

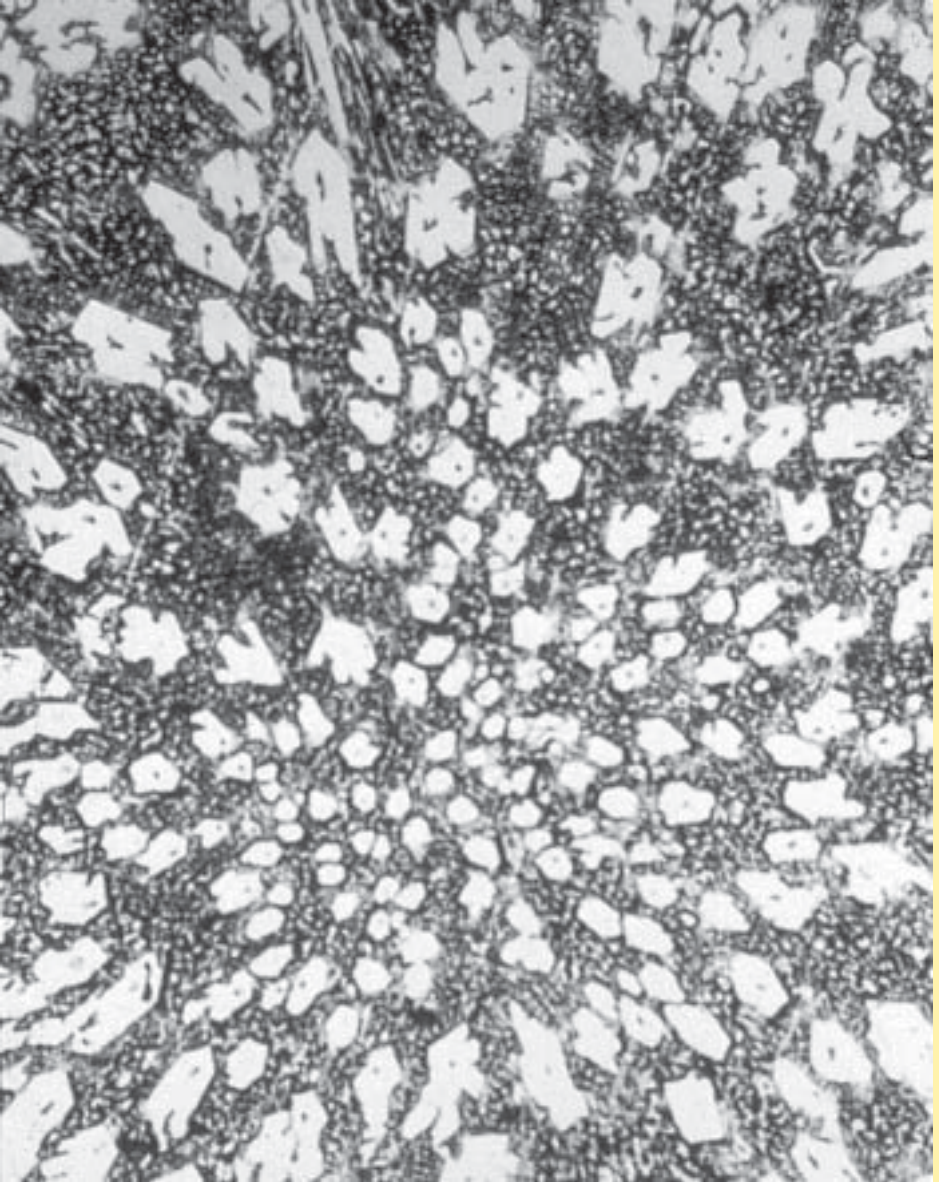
## Sekoittumisaste:



Sekoittumisaste

## Sekoittumiseen vaikuttavat tekijät:

- Hitsausvirta: Pieni – pieni sekoittuminen  
Suuri – suuri sekoittuminen
- Hitsausnopeus: Hidas – suuri sekoittuminen  
Nopea – pieni sekoittuminen
- Napaisuus: DC- pieni sekoittuminen  
AC keskisuuri sekoittuminen  
DC+ suuri sekoittuminen
- Hitsaustekniikka: Suorat hitsit – pieni sekoittuminen  
Levitetyt hitsit – suuri sekoittuminen
- Hitsausasento: Pysty(ylös) ja laki – suuri sekoittuminen  
Vaaka, jalko ja Pysty(alas) – pieni sekoittuminen
- Palkojen määrä: Sekoittuminen pienenee palkojen määrän lisääntyessä
- Hitsiaineen tyyppi: Yliseostettu – sietää enemmän sekoittumista
- Vapaalangan pituus: Pitkä – pieni sekoittuminen



Mikrokuva kovahitsiaineesta: OK 84.78, Erittäin kovia kromikarbidipartikkeleita (vaaleat) sitkeässä perusmassassa.

# Pufferi-, täyttö- ja välikerrosten käyttö



## Pufferikerrokset

Pufferikerroksia käytetään välikerroksina perusaineen päällä perusaineen ja itse kovahitsin välissä:

- varmistamaan kiinnittyminen perusaineeseen
- ehkäisemään vetyhalkeamia myös esilämmitetyissä kappaleissa
- minimoimaan kuormituksen vaikutuksia
- rajoittamaan seostumista
- estämään halkeilua kovahitsiaineessa
- estämään kovahitsin mahdollisten halkeamien etenemisen perusaineeseen

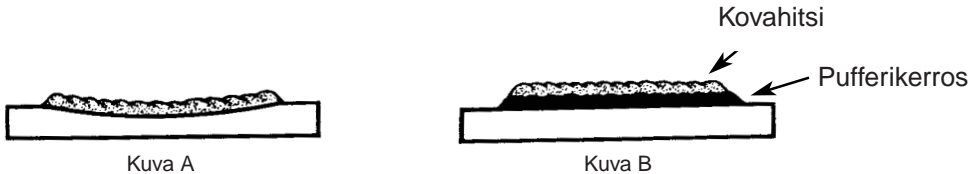
Austeniittisiä ruostumattomia lisäaineita käytetään paljon sitkeinä pufferikerroksina kovahitsauksessa. Lisäaineen valinta riippuu perusaineesta ja pinnoitteesta. Katso alla oleva taulukko.

Pufferikerrosten lisäaineet			
Perusaine	Kohde	Puikko	Täytelanka/MAG-lanka
<b>14% Mn-teräs</b>	Kulunut pinta	<b>OK 67.45</b>	<b>OK Tubrodur 14.71</b>
	Halkeaman korjaus	<b>OK 68.82</b>	<b>OK Autrod 16.75</b>
<b>Niukkaseosteiset terökset</b>	1 kerros kovahitsiä, ei iskukulutusta	<b>Ei pufferikerrosta</b>	
	2 kerrosta kovahitsiä, iskukulutusta	<b>OK 67.45</b>	<b>OK Tubrodur 14.71</b>
	2 kerrosta Co- ja Ni- seokset	<b>OK 67.45</b> <b>OK 68.82</b>	<b>OK Tubrodur 14.71</b> <b>OK Autrod 16.75</b>
<b>Karkenevat teräkset</b>	1 kerros kovahitsiä, ei iskukulutusta	<b>Ei pufferikerrosta</b>	
	2 kerrosta kovahitsiä, iskukulutusta	<b>OK 67.45</b>	<b>OK Tubrodur 14.71</b>
	1–2 kerrosta Co- ja Ni- seokset	<b>OK 67.45</b> <b>OK 68.82</b>	<b>OK Tubrodur 14.71</b> <b>OK Autrod 16.75</b>
<b>5–12%Cr-teräkset</b>	Co ja Ni seokset, pinnoitukseen	<b>OK 67.45</b>	<b>OK Tubrodur 14.71</b>
<b>2–17%Cr-teräkset</b>	Vastaavat pinnoitus-seokset	<b>Ei pufferikerrosta</b> <b>Esilämmitys, katso taulukko 7 sivulla 108.</b>	
	1–2 kerrosta kovahitsiä	<b>OK 67.45</b> <b>OK 68.82</b>	<b>OK Tubrodur 14.71</b> <b>OK Autrod 16.75</b>
<b>Valurauta</b>	Kovahitsaus	<b>OK 92.60</b>	<b>OK Tubrodur 15.66</b>

Puikkoa OK 67.45 ja täytelankaa OK Tubrodur 14.71 vastaava MAG-lanka on OK Autrod 16.95



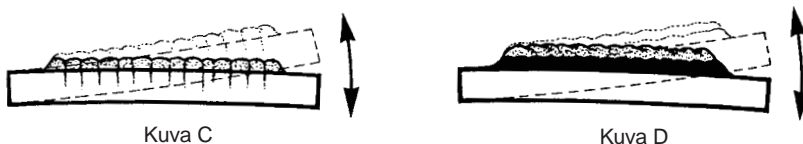
Kun kovaa pinnoitetta käytetään pehmeän perusaineen päällä, voi kovahitsikerros vajota suuren kuormituksen alaisena, kuva A. Tämä voi aiheuttaa kovahitsin halkeilua ja lohkeilua. Vajoaminen estetään hitsaamalla luja pufferikerros perusaineen ja pintakerroksen väliin, kuva B.



OK 83.28 ja OK Tubrodur 15.40 ovat sopivia lisäaineita väli- ja pufferikerrokseen. Muut pufferikerrostyypit voivat olla suositeltavia perusaineesta riippuen.

Kovahitsattaessa haurailta seoksilla, joissa on kromikarbideita, ja kobolttiseoksilla, on suositeltavaa käyttää yhtä tai kahta austeniittista pufferikerrosta. Tämä aiheuttaa jäähtymisen aikana puristusjännityksiä päällehitsattuun kovahitsiaineeseen, koska austeniittisen hitsiaineen lämpölaajenemiskerroin on huomattavasti suurempi. Tämä pienentää kovahitsin halkeiluriskiä.

Monet hyvin kovat ja hauraat kovahitsiaineet halkeilevat ja säröilevät helposti jäähtymisen ja kutistumisen aikana, koska niiden muodonmuutoskyky ja venymä ovat hyvin huonot, ns. kutistumishalkeilu. Ne eivät ole yleensä haitallisia itse päällysteelle, mutta vaarana on, että ne etenevät taiputusten tai iskujen vaikutuksesta perusaineeseen, kuva C. Tämä taipumus on voimakkainta, kun perusaineena on korkealujuuksinen teräs. Sitkeän pufferikerroksen käyttö estää halkeaman etenemisen, kuva D. Sopivia lisäaineita ovat CrNi- ruostumattomat lisäaineet OK 67.45, OK 68.82, OK Tubrodur 14.71 tai OK Autrod 16.75, kuva B.



## Täyttö- ja välikerrokset

Jos työkappale on pahasti kulunut, voidaan se kasvattaa alkuperäisiin mittoihin perusaineen kaltaisella seoksella ennen kovahitsausta (täyttöhitsaus). Toinen vaihtoehto on vuorotella kovia ja pehmeämpiä kerroksia, katso kuva (välikerroshitsaus).

### Lisäaineet (sitkeät) välikerroksiin

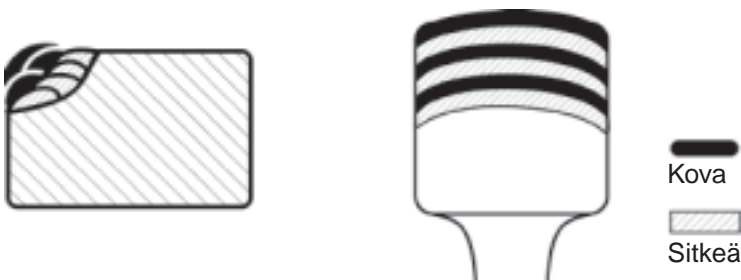
Seos	Puikko	Täytelanka	Jauhekaari	MAG-lanka
Niukkahiilinen/ niukkaseos- teinen	OK 83.28 OK 83.29	OK Tubrodur 15.40	OK Tubrodur 15.40/ OK Flux 10.71	OK Autrod 13.89

Nämä lisäaineet omaavat hyvän iskunkestävyyden, mutta ei erityisen hyvän abraasio- eli hankauskestävyyden.

Perusaineesta riippuen muut tyypit voivat olla suositeltavia.

#### Tyypillisiä käyttökohteita:

- vasarat
- murskaimet
- kaivinkoneen kauhan kynnet
- leikkaustyökalut



# Suosittelavia esilämmityslämpötiloja



Perusaine Lisäaine	Levyn paksuus mm	Teräs C <sub>ekv</sub> <0.3 < 180 HB °C	Niukka- seosteinen C <sub>ekv</sub> 0.3–0.6 200–300 HB °C	Työkalu teräs C <sub>ekv</sub> 0.6–0.8 300–400 HB °C	Kromi- teräs 5–12% Cr 300–500 HB °C	Kromi- teräs >12% Cr 200–300 HB °C	Ruostumaton teräs 18/8 Cr/Ni ~200 HB °C	Mangaani teräs 14%Mn 250–500 HB °C
Niukkaseosteinen	-20	–	100	150	150	100	–	–
200–300 HB	>20	-60	–	150	200	250	200	–
	>60	100	180	250	300	200	–	–
Työkälu- teräs	-20	–	100	180	200	100	–	–
300–450 HB	>20	-60	–	125	250	250	200	o
	>60	125	180	300	350	250	–	o
12% Cr teräs	-20	–	150	200	200	150	–	x
300–500 HB	>20	-60	100	200	275	300	200	150
	>60	200	250	350	375	250	200	x
Ruostumat. teräs	-20	–	–	–	–	–	–	–
18/8 25/12	>20	-60	–	100	125	150	200	–
200 HB	>60	–	150	200	250	200	100	–
Mn teräs	-20	–	–	–	x	x	–	–
200 HB	>20	-60	–	–	•100	x	–	–
	>60	–	–	–	•100	x	–	–
Co-seokset	-20	100	200	250	200	200	100	x
type 6 40 HRC	>20	-60	300	400	•450	400	350	400
	>60	400	400	•500	•500	400	400	x
Karbidi-tyyppi (1)	-20	–	o–	o–	o–	o–	o–	o–
55 HRC	>20	-60	–	100	200	•200	•200	o–
	>60	o–	200	250	•200	•200	o–	o–

(1) Korkeintaan kaksi kerrosta lisäainetta.  
Päästöhalkkeilu on normaalia.  
– Ei esilämmitystä tai <100°C.  
x Käytetään harvoin tai ei ollenkaan.

o Esilämmitys suuria alueita pinnoitettaessa.  
• Käytä lujaa, ruostumatonta pufferikerrosta halkkeilun estämiseksi.

## Hiiliekvivalentin C<sub>ekv</sub> laskentakaava:

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

# Kovuuksien vertailutaulukko



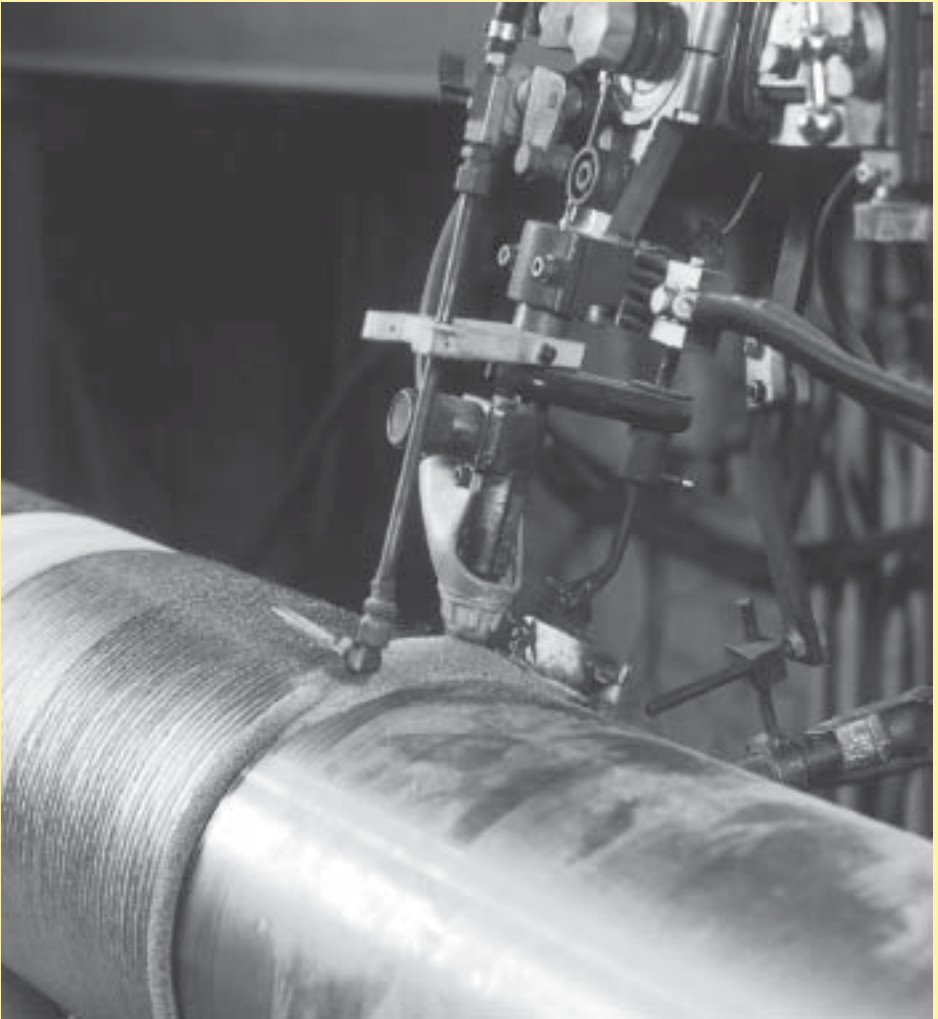
Vickers HV	Brinell HB	Rockwell		Vickers HV	Brinell HB	Rockwell	
		HRB	HRC			HRB	HRC
Ê80	76,0			360	342		36,6
Ê85	80,7	41,0		370	352		37,7
Ê90	85,5	48,0		380	361		38,8
Ê95	90,2	52,0		390	371		39,9
100	95,0	56,2		400	380		40,8
105	99,8			410	390		41,8
110	105	62,3		420	399		42,7
115	109			430	409		43,6
120	114	66,7		440	418		44,5
125	119			450	428		45,3
130	124	71,2		460	437		46,1
135	128			470	447		46,9
140	133	75,0		480	(456)		47,7
145	138			490	(466)		48,4
150	143	78,7		500	(475)		49,1
155	147			510	(485)		49,8
160	152	81,7		520	(494)		50,5
165	156			530	(504)		51,1
170	162	85,0		540	(513)		51,7
175	166			550	(523)		52,3
180	171	87,1		560	(532)		53,0
185	176			570	(542)		53,6
190	181	89,5		580	(551)		54,1
195	185			590	(561)		54,7
200	190	91,5		600	(570)		55,2
205	195	92,5		610	(580)		55,7
210	199	93,5		620	(589)		56,3
215	204	94,0		630	(599)		56,8
220	209	95,0		640	(608)		57,3
225	214	96,0		650	(618)		57,8
230	219	96,7		660			58,3
235	223			670			58,8
240	228	98,1	20,3	680			59,2
245	233		21,3	690			59,7
250	238	99,5	22,2	700			60,1
255	242		23,1	720			61,0
260	247	(101)	24,0	740			61,8
265	252		24,8	760			62,5
270	257	(102)	25,6	780			63,3
275	261		26,4	800			64,0
280	266	(104)	27,1	820			64,7
285	271		27,8	840			65,3
290	276	(105)	28,5	860			65,9
295	280		29,2	880			66,4
300	285		29,8	900			67,0
310	295		31,0	920			67,5
320	304		32,2	940			68,0
330	314		33,3				
340	323		34,4				
350	333		35,5				

# Metallien tunnistaminen



Magneettisuus	Viilakoe	Pinnan väri	Hiontakipinät	Metalli	Kommentit
Magneettinen	Pehmeä	Tumma harmaa	Pitkät keltaiset viivat	Niukkahiilinen teräs*, Valurauta	–
	Kova	Tumma harmaa	Pitkät kelta-valkeat viivat ja tähdet	Runsashiilinen tai niukkaseosteinen teräs	Esilämmitä suuret kappaleet 150°C lämpötilaan
	Pehmeä	Matta harmaa, valuteräksen väri	Punaiset sulkamaiset viivat	Valuteräs	Esilämmitys mahd. Vasarointi hyödyllistä Hidas jäähditys
	Kova	Kirkas harmaa	Kelta-punaiset karkeat viivat	13% Cr teräs	Voidaan esilämmittää
Ei-magneettinen	Kova	Matta harmaa, valuteräksen väri	Kelta-valkeat viivat ja kipinät	14% Mn teräs	Matala hitsauslämpötila
	Pehmeä	Kirkas hopeanharmaa	Kelta-punaiset karkeat viivat	Austen. ruostumaton teräs	Matala hitsauslämpötila
	Pehmeä	Kirkas punakeltainen	Ei näkyviä kipinöitä	Cu seokset	Esilämmitä karkeat kappaleet 200–300°C lämpötilaan
	Pehmeä	Kirkas, erittäin vaalea	Ei näkyviä kipinöitä	Al seokset	Esilämmitä karkeat kappaleet 150–200°C lämpötilaan

\* **Huom** Valurauta on runsashiilinen ja halkeiluherkkä materiaali, kun taas valuteräksen ominaisuudet vastaavat tavallisen teräksen ominaisuuksia.



Jatkuvavalukoneen rullan kunnostus.  
Lisäaineet: OK Tubrodur 15.73/OK Flux 10.37.  
Välineet: ESAB A6 HD-SAW.