



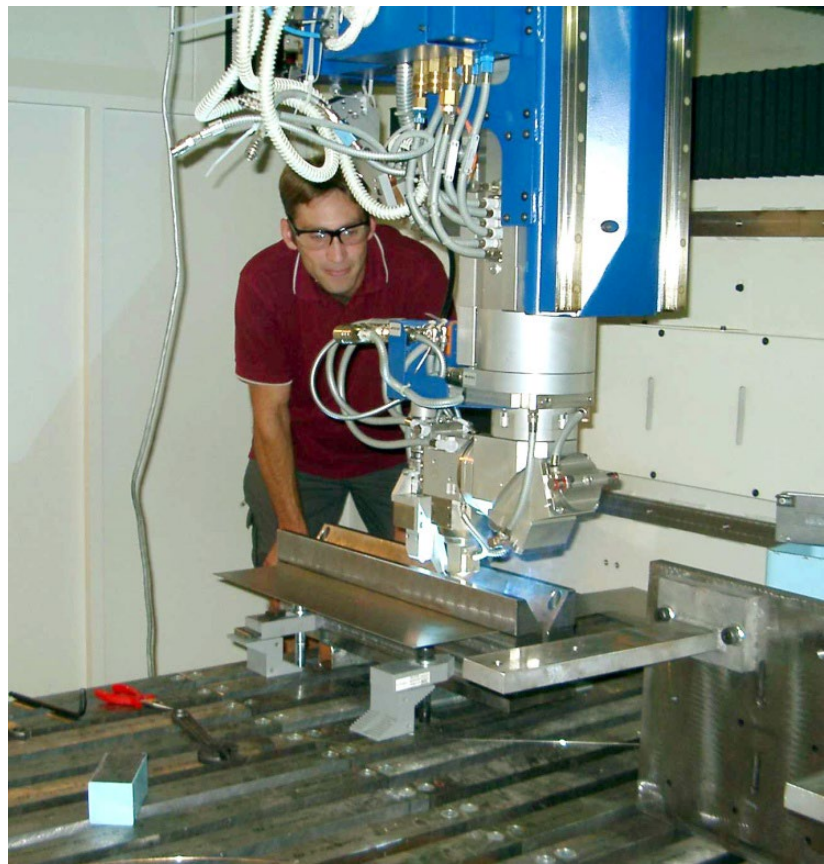
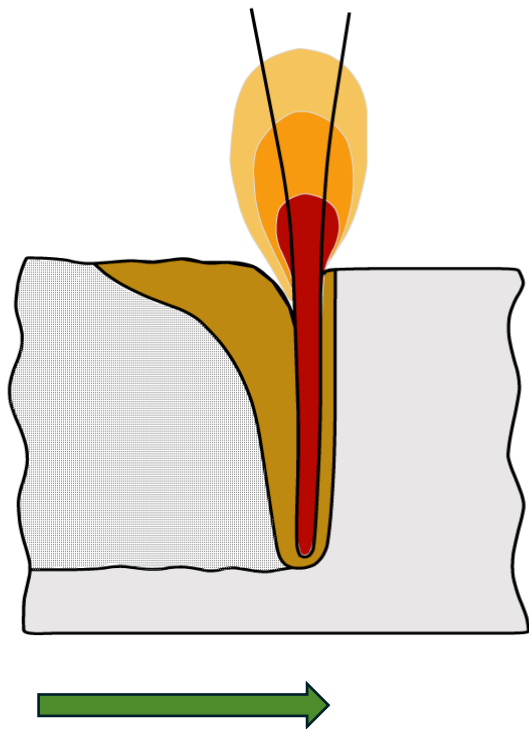
Kvalitetssäkring av lasersvetsar & laserhybridsvetsar

Detta föredrag presenterar vilka egenskaper som kan förväntas i laser och laserhybridsvetsade förband, ger jämförelser med vanlig smältsvetsning och diskuterar hur man kvalitetssäkrar laser och -hybridsvetsar.

Joakim Hedegård

Joakim.hedegard@swerim.se

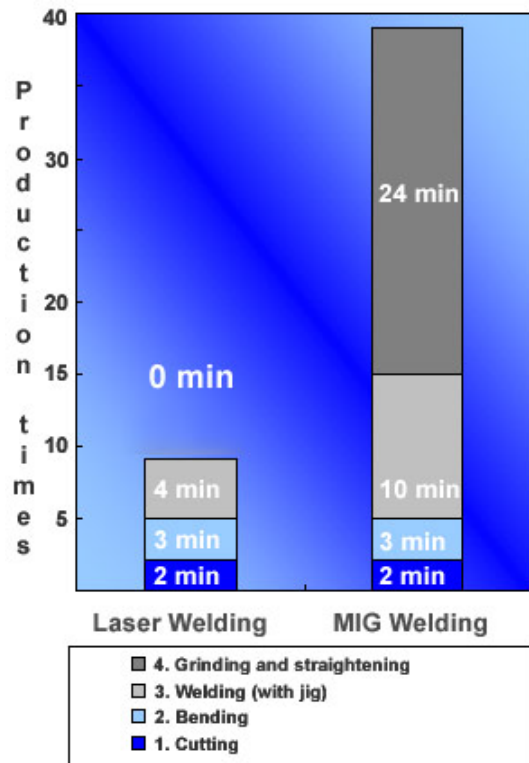
Lasersvetsning



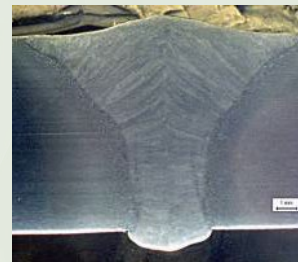
Lasersvetsning



Lasersvetsning jämfört med MIG/MAG

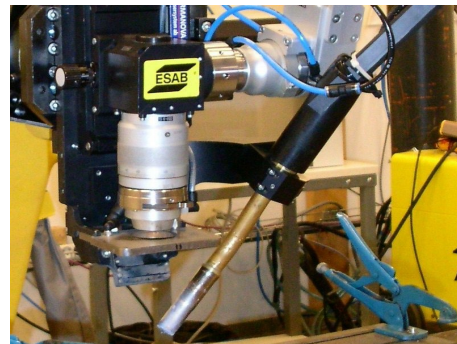
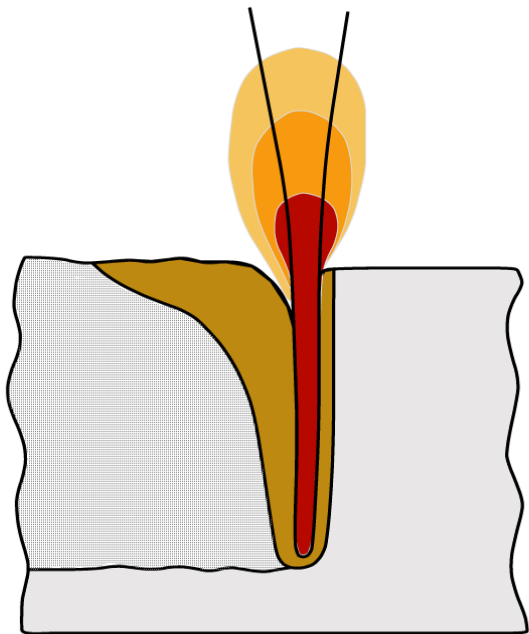


- Hög svetshastighet
- Liten HAZ
- Låg deformation
- Mindre efterarbete
- Men högre hårdhet & smal inbränning



Laserhybridsvetsning

Laser



MIG/MAG

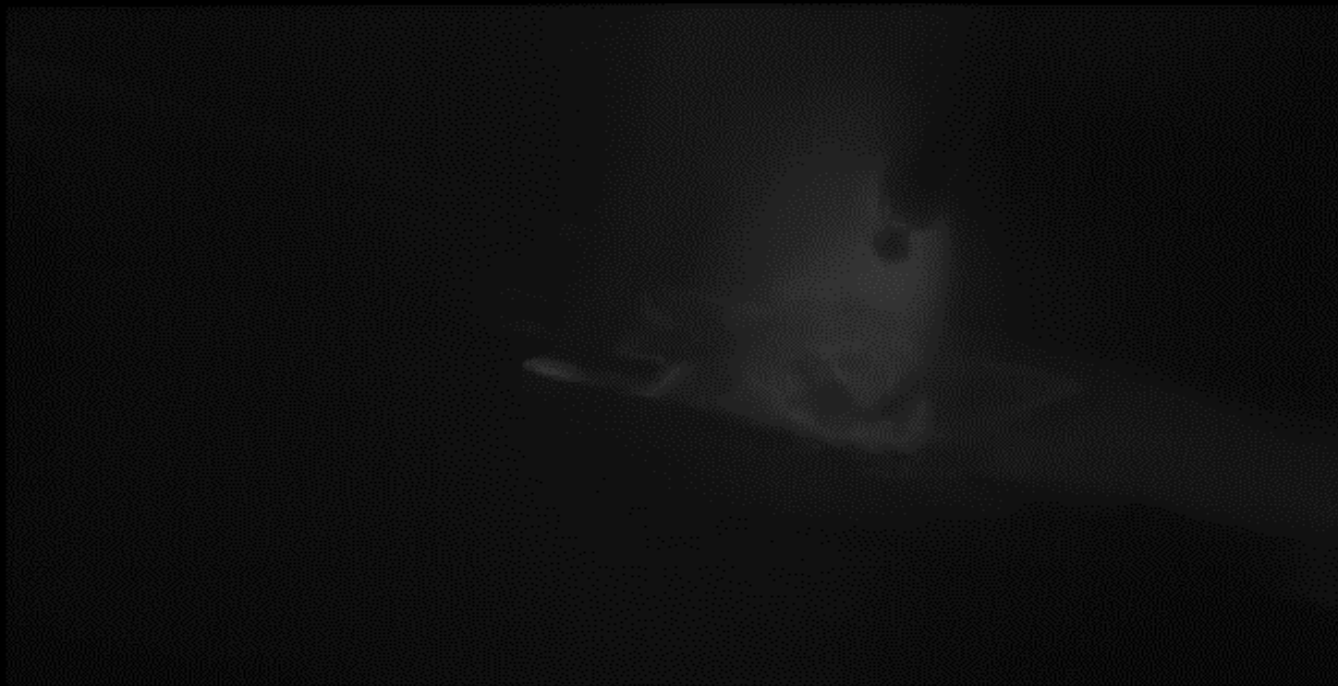
+

TIG

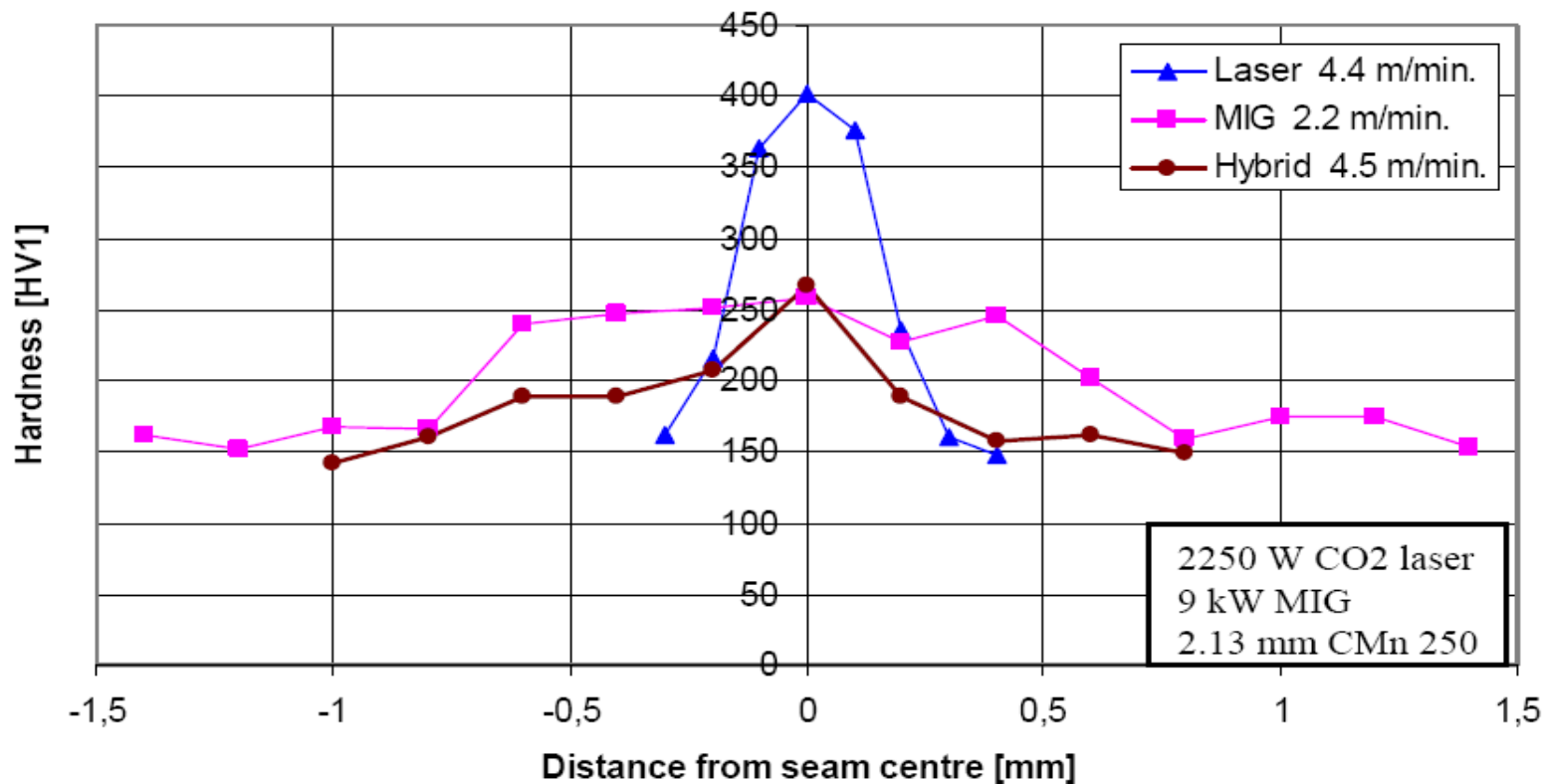
Plasma

Laserhybridsvetsning

2000 fps
1/51000 sec
1024 x 512
frame : 3056
+00:00:01.527500sec

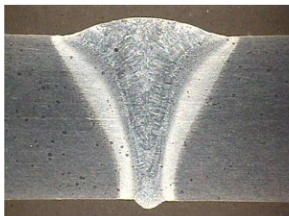


Processjämförelser – hårdhet (Hv)

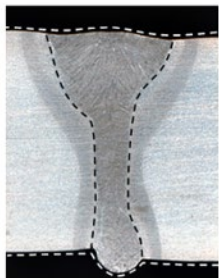
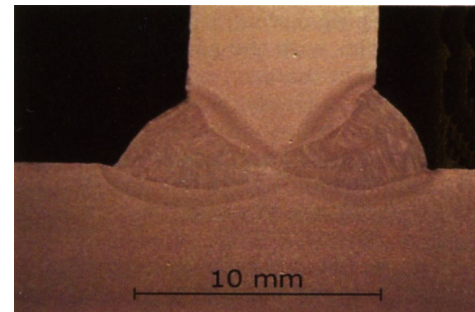
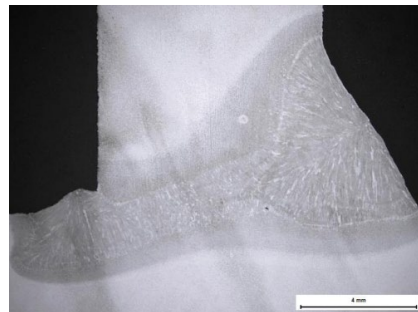
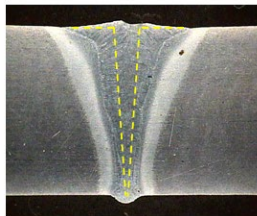


Laserhybridsvetsade förband

Domex700, laser cut 0°
Welding speed = 1,6 m/min
Wire feed = 7 m/min



Domex700, V-joint 7°
Welding speed = 2,0 m/min
Wire feed = 8 m/min



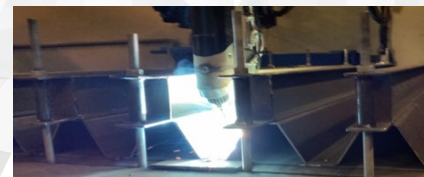
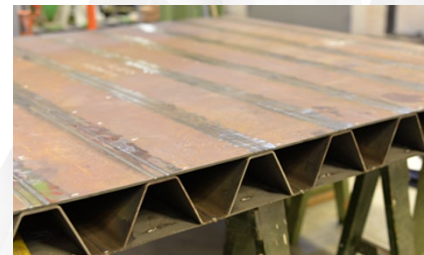
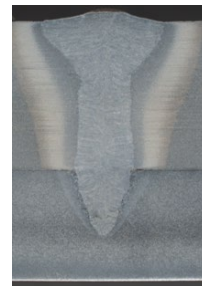
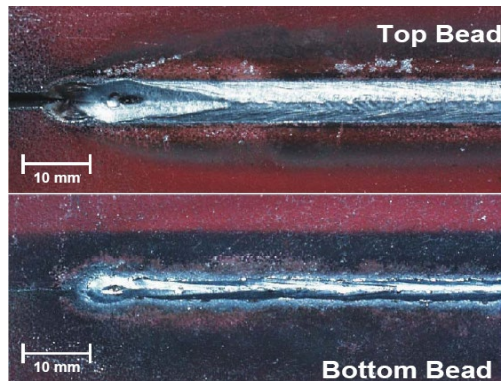
Domex 700 MC, t=10 mm

110 cm/min



SAF 2205, t=10 mm

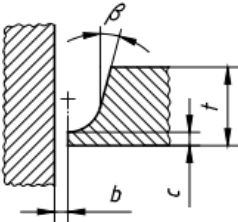
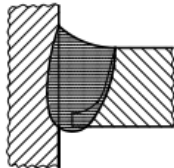
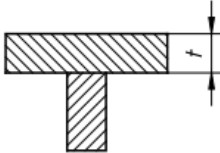
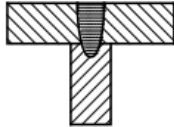
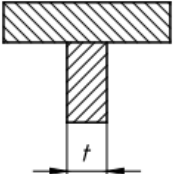
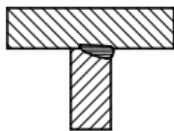
160 cm/min



Foggeometrier för lasersvets:

se metod 52 i SS-EN ISO 9692-1

(dvs samma dokument som för MIG/MAG, MMA och TIG)

Ref.nr	Material- tjocklek t mm	Fogtyp	Beteckning (enligt ISO 2553 ⁽¹⁾)	Tvärsnitt	Mått				Rekommenderad svetsmetod (referensnr i enlighet med ISO 4063 ⁽²⁾)	Illustration av svets	Anmärk- ningar
					Vinkel ^a α, β	Spalt ^b b mm	Rätkantens höjd c mm	Fasdjup h mm			
1.11	> 16	J-fog			$10 \leq \beta \leq 20^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	$1 \leq c \leq 2$	-	111 13 141		-
1.12	≤ 15	I-fog	- ^c		-	-	-	-	52		-
	≤ 100								51		
1.13	≤ 15	I-fog	- ^c		-	-	-	-	52		-
	≤ 100								51		

Foggeometrier för hybridsvetsning

-se ISO 23493:2020

No.	Material thickness t mm	Symbol in accordance with ISO 2553	Cross-section	Dimensions			Weld illustration
				Angle α or β	Root gap b mm	Thickness of root face c mm	
1	$1 < t \leq 5$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
2	$5 < t \leq 10$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
3	$10 < t \leq 16$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
4	$16 < t \leq 20$			—	$2 \leq b \leq 3$	—	
5	$5 < t \leq 15$	V		$3^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	$0 \leq b \leq 0,3$	$2 \leq c \leq 8$	
6	$t > 16$			$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
7	$16 < t \leq 25$			$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$10 \leq c \leq 16$	
8	$t > 25$			$45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
9	$t > 15$	Y		$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$2 \leq c \leq 8$	
10	$t > 25$			$2 \text{ mm} \leq R \leq 4 \text{ mm}$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
11	$5 < t \leq 12$	✓		$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
12	$t > 12$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
13	$16 < t \leq 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
14	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	

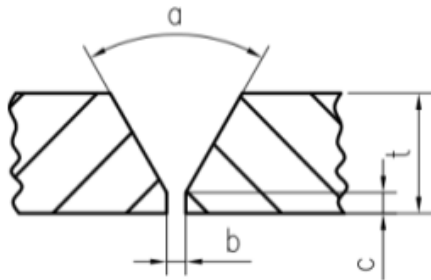
No.	Material thickness t mm	Symbol in accordance with ISO 2553	Cross-section	Dimensions		Weld illustration
				Angle α or β	Root gap b mm	
1	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$			$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 1$	
2	$t_1 > 10$ $t_2 > 10$					
3	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$			—	$b \leq 1$	

NOTE The grooves in No. 2 and 8 are subject to high- power laser beam.

Fogoptimering för hybridsvetsning

-optimerade förband kan ge fantastiska egenskaper i seghet & utmattningstålighet

$t \leq 15\text{mm}$



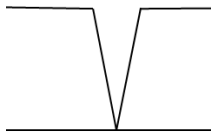
”STANDARD Hybrid”

$a = 30\text{-}45$ grader

$b = 0\text{-}1$ mm

$c = 2\text{-}6$ mm

$t \leq 15\text{mm}$



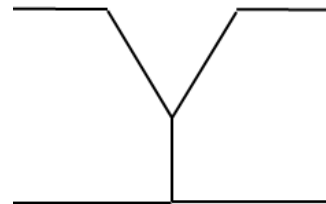
”OPTIMERAD Hybrid”

$a = 8\text{-}16$ grader

$b = 0\text{-}1$ mm

$c = 0\text{-}2$ mm

$15\text{mm} < t < 30\text{mm}$



”DUBBEL-PASS-svets”:

- 1) ren laser för rotpass
- 2) Hybridsvetsning fyller upp

$a = 30\text{-}45$ grader

$b = 0\text{-}1$ mm

$c = 5\text{-}10$ mm

Svetskvalitetsbedömningar

SWERIM

MIG/MAG

SVENSK STANDARD
SS-EN ISO 5817:2023

Svetsning – Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och deras legeringar (strålsvetsning undantagen) – Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser (ISO 5817:2023)

Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections (ISO 5817:2023)



Laser

SVENSK STANDARD
SS-EN ISO 13919-1:2019

Svetsning – Elektronstråle- och lasersvetsade förband – Riktlinjer för kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser –

Del 1: Stål, nickel, titan och dess legeringar (ISO 13919-1:2019)

Electron and laser-beam welded joints – Requirements and recommendations on quality levels for imperfections – Part 1: Steel, nickel, titanium and their alloys (ISO 13919-1:2019)



Laserhybrid

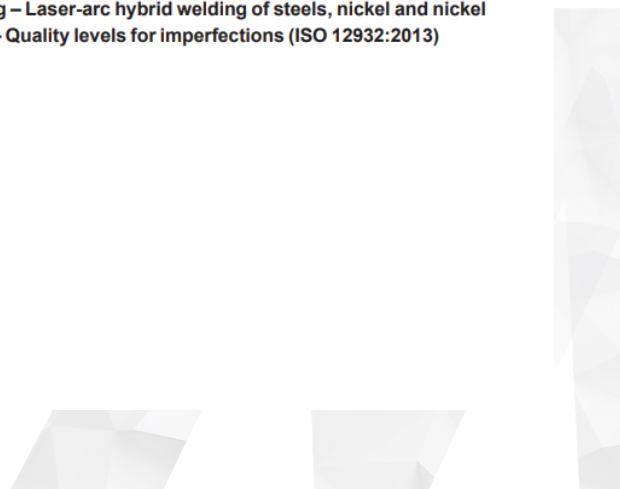
SVENSK STANDARD
SS-EN ISO 12932:2013

Fastställt/Approved: 2013-06-23
Publicerad/Published: 2013-06-25
Utgåva/Edition: 1
Språk/Language: engelska/English
ICS: 25.160.40



Svetsning – Laser-båg-hybridsvetsning – Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser (ISO 12932:2013)

Welding – Laser-arc hybrid welding of steels, nickel and nickel alloys – Quality levels for imperfections (ISO 12932:2013)



Svetskvalitetsbedömningar

SWERIM

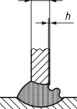
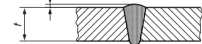
Svetsklasser MIG/MAG

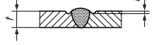
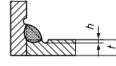
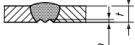
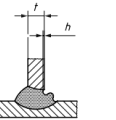
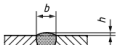
SS-EN ISO 5817:2023(E)

Table 1 (continued)

No.	Reference to ISO 6520-1	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.8	5013	Shrinkage grooves	Smooth transition is required. 	0,5 to 3	Short imperfections: $h \leq 0,1 t + 0,2$ mm	Short imperfections: $h \leq 0,1 t$	Not permitted
				> 3	Short imperfections: $h \leq 0,2 t$, but max. 2 mm	Short imperfections: $h \leq 0,1 t$, but max. 1 mm	Short imperfections: $h \leq 0,05 t$, but max. 0,5 mm
1.9	502	Excess weld metal (butt weld)	Smooth transition is required between the capping run(s) and the plate surface and/or the adjacent welding bead(s) 	$\geq 0,5$	$h \leq 0,25 b + 1$ mm, but max. 10 mm	$h \leq 0,15 b + 1$ mm, but max. 7 mm	$h \leq 0,1 b + 1$ mm, but max. 5 mm
1.10	503	Excessive convexity (fillet weld)	Smooth transition is required between the cap of the weld and the plate surface and/or the adjacent welding bead(s) 	$\geq 0,5$	$h \leq 0,25 b + 1$ mm, but max. 5 mm	$h \leq 0,15 b + 1$ mm, but max. 4 mm	$h \leq 0,1 b + 1$ mm, but max. 3 mm

Svetsklasser Laser (SS-EN ISO 13919-1)

No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.8	515	Root concavity		$\geq 0,5$	$h \leq 0,3 t$, but max. 1 mm	$h \leq 0,2 t$, but max. 0,5 mm	$h \leq 0,1 t$, but max. 0,5 mm
	5013	Shrinkage groove (T-joint, full penetration)					
1.9	502	Excess weld metal (butt weld, parallel joint, overlap joint)	 To be applied for reinforcement on weld side.	$\geq 0,5$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,3 t$ or 5 mm, whichever is smaller	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,2 t$ or 5 mm, whichever is smaller	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,15 t$ or 5 mm, whichever is smaller
1.10	504	Excessive penetration	 Used for root run for joints welded from one side.	$\geq 0,5$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,3 t$ or 5 mm, whichever is smaller	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,2 t$ or 5 mm, whichever is smaller	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,15 t$ or 5 mm, whichever is smaller

No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.7	5011 5012	Continuous undercut Intermittent undercut	Smooth transition is required. This is not regarded as a systematic imperfection.  		$h \leq 0,2 t$, but max. 1 mm	$h \leq 0,1 t$, but max. 0,5 mm	$h \leq 0,05 t$, but max. 0,5 mm
1.8	5013	Shrinkage groove (butt weld) Shrinkage groove (T-joint, full penetration)	Smooth transition is required.  				
1.9	502	Excess weld metal (butt weld, parallel joint, overlap joint)	Smooth transition is required. 		$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, but max. 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, but max. 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, but max. 5 mm

Svetsklasser Laserhybrid (SS-EN ISO 12932)

Svetsdefekter "vanliga" att hantera via processoptimering när man svetsar med laser och laserhybrid:

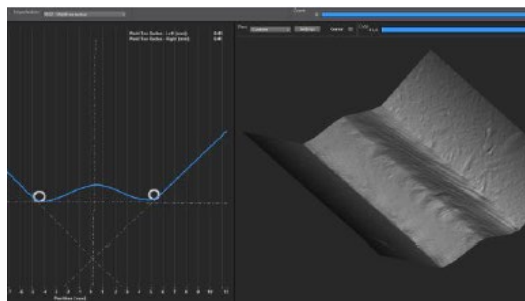
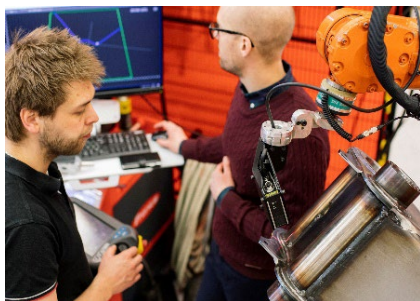
- Smältdiken
- Bindfel
- Porer / inre kavitet i nedre del av svetsförbandet

Laserscanning av svetskvalitet på svetsförband

-Kan även användas för att scanna HFMI-behandlad svets

-Finns på Mötestorget, se och testa systemet

SWERIM



Handheld weld quality scanner – Wintaria FLEX

Kommentar: hålltid före OFP i SS-EN 1090-2

Tabell 23 — Minsta hålltid

		Minsta hålltid (timmar) ^a	
Om förhöjd arbetstemperatur tillämpas i enlighet med Metod A i EN 1011-2: 2001, bilaga C			
Svetsens mått (mm) ^b	Sträckenergi Q (kJ/mm)	S275 - S460	Över S460
a eller s ≤ 6	Alla	Endast avsvälningstiden	24
6 < a eller s ≤ 12	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a eller s > 12	≤ 3	16	40
	> 3	24	48
Om förhöjd arbetstemperatur tillämpas i enlighet med Metod B i EN 1011-2: 2001, bilaga C			
Svetsens mått (mm) ^b	S275 - S690		Över S690
a eller s ≤ 20	Endast avsvälningstiden		24
a eller s > 20	24		48

^a Tiden från det att svetsen slutförts till dess att den oförstörande provningen påbörjats ska anges i protokollet från den oförstörande provningen. Med "endast avsvälningstiden" avses den tid till dess att svetsen är tillräckligt sval för att genomföra provningen .

^b Tillämpligt mått är nominellt a-mått för kälsvets eller nominell svetsgodstjocklek (s-mått) för genomsvetsad stumsvets. För partiella stumsvetsar svetsade från en sida gäller nominellt svetsgodstjockleken a och för partiella stumsvetsar som svetsas samtidigt från båda sidor gäller de sammanlagda nominella svetsgodstjockleken a.

Om man svetsar i material tunnare än 20 mm eller med ett a-mått mindre än 20 mm och tillämpar EN 1011-2 Annex C (Metod B) för bestämning av ev. förhöjd arbetstemperatur så kan man OFP:a så snart man kan lägga handen på svetsen !

Vad det innebär rent praktiskt beror ju på aktuell tjocklek, kolekvivalent & sträckenergi vid svetsning och skiljer från fall till fall.

Men OFP är / blir trots detta en betydande andel arbete pga att regelverken idag inte "ger lättnad" för att man installerar system för svetsprocessövervakning såsom Plasmio eller laserscanning av svetsar.

-Här finns mer att göra för att fullt ut kunna nyttja effektiviteten i konstruktion & process.

Slutsatser

- Svetsprocesserna laser & laserhybrid är kartlagda och vi kan med fördel producera med dem: högre produktivitet & kvalitet är möjlig –även möjligt att nyttja mer höghållfasta stål & minska materialtjocklekar när laser och –hybrid används vid svetsning, vilket kan ge mindre eller inget förvärmningsbehov, kortare tid före OFP etc.
- Kvalitetssäkring av laser- och hybridsvetsning har kommit långt, men en del arbete kvarstår för att nå full processeffektivitet: normerna måste uppdateras och dataunderlag för det behöver tas fram.



Utvalda koncept i projektet har gestaltats av Rundquist Arkitekter

Tack, nu tar vi frågor & kommentarer