

## Procedurkvalificering

Procedurkvalificering av svetsning, även kallad WPQR (Welding Procedure Qualification Record), är en central del i att säkerställa kvalitet och säkerhet inom svetsindustrin. Denna process har utvecklats över tid i takt med att branschen har strävat efter att standardisera och förbättra svetsmetoder



# Vad är WPQR?



En WPQR är ett dokument som registrerar resultaten från tester av en specifik svetsprocedur.

Syftet är att verifiera att en viss svetsmetod producerar svetsar med önskade mekaniska egenskaper och kvalitet.

Detta inkluderar detaljer som svetsparametrar, materialtyper och testresultat från exempelvis dragprovning och böjprovning.

När en WPQR har godkänts, används den som grund för att skapa en WPS (Welding Procedure Specification), som är en detaljerad instruktion för hur svetsningen ska utföras i produktion.

## Vad säger historien...

Historiskt sett har procedurkvalificeringar utvecklats för att möta behovet av konsekvent och säker svetsning inom olika industrier.

I Europa har standarden EN 288 tidigare använts för att reglera svetsprocedurer. Denna standard har ersatts av ISO 15614-serien, som är en internationell standard för kvalificering av svetsprocedurer. ISO 15614 serien är särskilt relevant för bågs svetsning av metalliska material och beskriver metoder för att kvalificera svetsprocedurer genom provning.



# Svetsning är en speciell process!



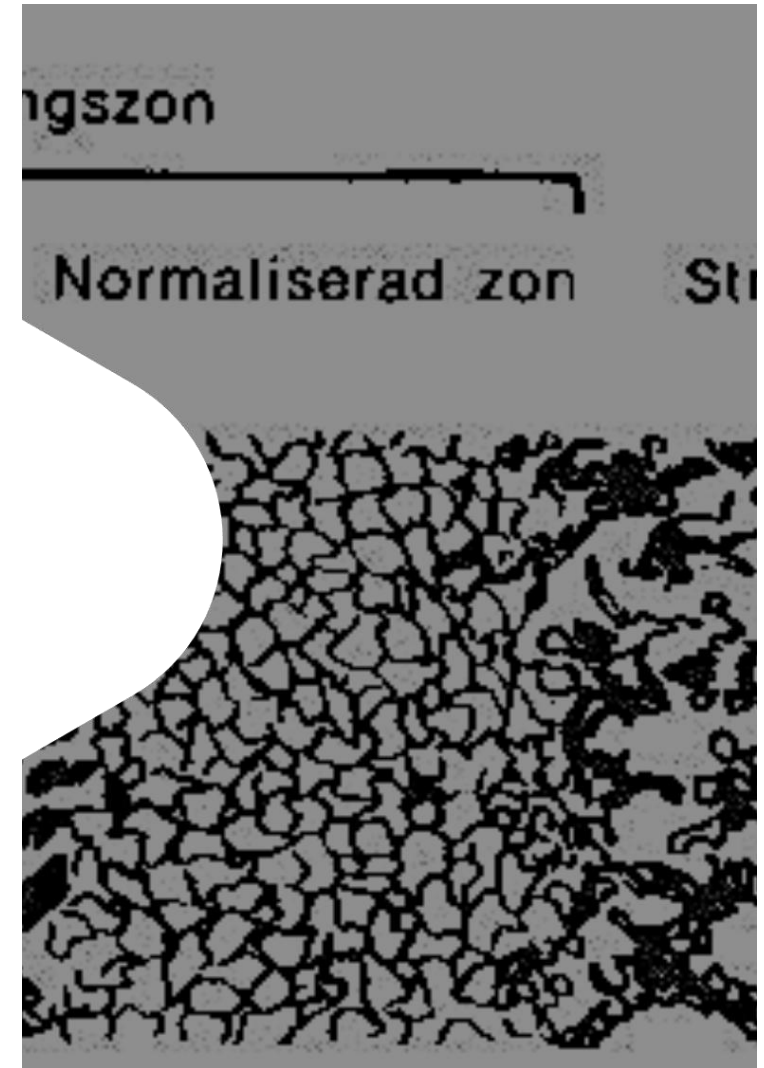
## Varför behövs procedurkvalificering vid svetsning?

Vid svetsning utsätts materialet för mycket snabba temperaturförändringar – det hettas upp och kyls ned på kort tid. Denna termiska påverkan leder till strukturförändringar i materialet, särskilt i den värmepåverkade zonen (HAZ). Dessa förändringar kan påverka svetsförbandets:

- **Hållfasthet**
- **Slagseghet**
- **Korrosionshärdighet**

Eftersom svetsens egenskaper kan förändras avsevärt beroende på val av svetsmetod, tillsatsmaterial, svetsparametrar och grundmaterial behöver en svetsprocedur **verifieras genom en procedurkvalificering**.

Genom en lyckad procedurkvalificering (WPQR – Welding Procedure Qualification Record) bekräftas att svetsförbandet uppfyller de mekaniska och metallurgiska krav som ställs. Därefter dokumenteras den godkända svetsmetoden i ett **svetsdatablad (WPS – Welding Procedure Specification)**, som används i produktionen för att säkerställa att varje svetsning utförs enligt samma förutsättningar.



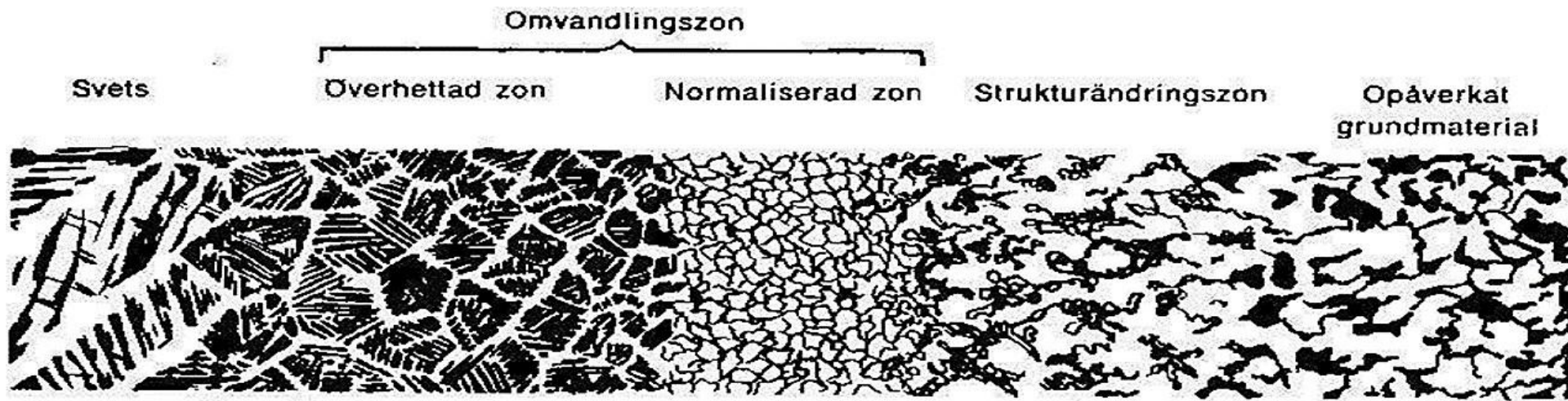
# Vad är viktigt att förstå!



När man svetsar upphettas stålet mycket snabbt nära svetsfogen, och svalnar sedan snabbt. Det leder till stora förändringar i stålets inre struktur.

Det område runt svetsen som påverkas av värmen kallas **värmepåverkad zon** (HAZ – Heat Affected Zone). Beroende på hur varm varje del har blivit, delas HAZ upp i flera delzoner, som påverkas på olika sätt.

Den här bilden visar de **mikrostrukturella förändringarna i ett svetsförband**, från smältzonen (svetsen) ut mot det opåverkade grundmaterialet. Den är typisk för stål och beskriver **värmepåverkade zonens (HAZ) indelning i delzoner** beroende på temperaturpåverkan under svetsningen.



# 1. Svets (smältzon)



Detta är området där materialet har smält helt och sedan stelnat.

Strukturen består ofta av gjuten mikrostruktur, exempelvis kolonnära dendriter eller martensit om kylningshastigheten varit hög.

Här finns risk för porer, sprickor eller inneslutningar om processen inte kontrolleras väl.

## Vad är kolonnära dendriter?

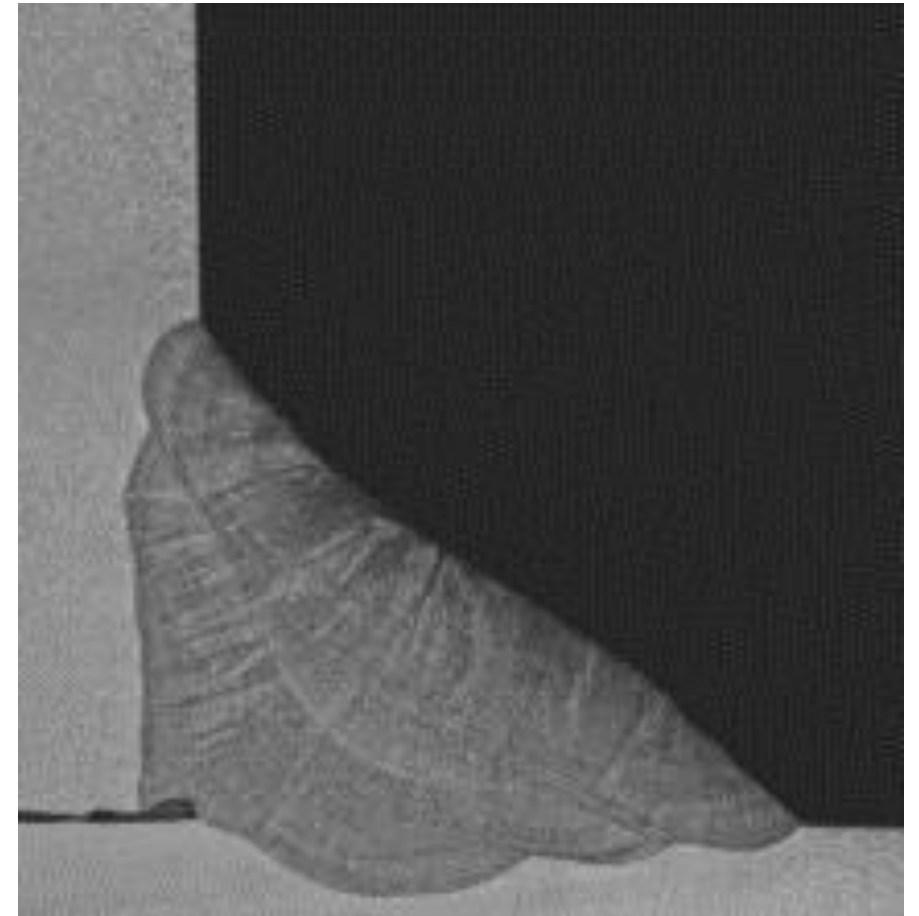
När en svets svalnar och stelnar (solidifierar) efter att ha varit i flytande form, bildas kristallstrukturer i metallen. En vanlig struktur som uppstår i svetsfogen är **kolonnära dendriter** – de ser ut ungefär som "pinnar med grenar".

## Kolonnära = pelarliknande, långsträckta korn

- De växer **vinkelrätt mot smältgränsen**, alltså in mot svetsens mitt från kanterna.
- De bildas ofta där det finns en **riktad värmefflöde** (t.ex. från varmt i mitten till kallare i grundmaterialet).

## Dendriter = "trädlika" kristaller

- Ordet kommer från grekiskans *dendron* som betyder träd.
- Det är **förgrenade kristaller** som växer ut från ett kärncentrum när metallen stelnar.
- Ju snabbare kylning, desto smalare och mer riktade blir grenarna.



## 2. Den överhettade Zonen



Den överhettad zonen ligger omedelbart intill svetsen – utsätts för temperaturer över omvandlingstemperaturen A3.

Vad är A3? är en kritisk temperatur för stål, vanligtvis runt 910 °C (kan variera beroende på stålets sammansättning). När stålet värms över A3, sker en fasomvandling i hela materialet

All tidigare struktur (t.ex. ferrit och perlit) omvandlas till austenit, som är en högtemperaturfas i stål. När svetsen sedan svalnar, omvandlas austeniten till nya strukturer beroende på hur snabbt det kyls.

Eftersom temperaturen varit mycket hög så hinner austenitkornen växa sig stora – detta kallas korntillväxt. (Man kan tänka på det som att kristallerna i stålet "bakar ihop sig" till stora klumpar.)

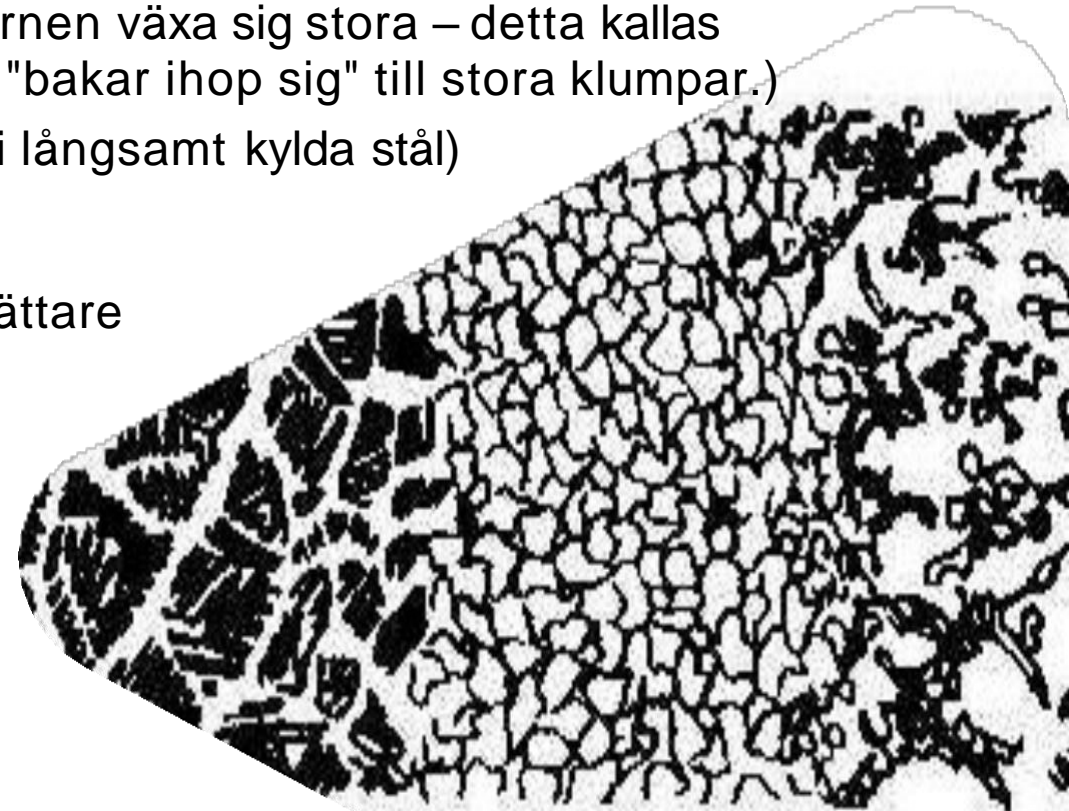
När det sedan svalnar bildas strukturer som grov ferrit/perlit (i långsamt kylda stål)

Martensit (vid snabb kylning – mycket hård men spröd)

Grovkornig struktur gör stålet mindre segt, – det kan spricka lättare vid slag eller böjning.

Därför är överhettade zonen oftast den svagaste punkten i svetsfogen.

Den kan bli en plats där sprickor startar vid belastning



# Vad?

# Betyder det!



**A3-temperatur**

Gräns där allt stål omvandlas till austenit

**Kornväxt**

När kristaller i stålet blir större vid hög temperatur

**Ferrit och perlit**

Vanliga strukturer i mjukt stål – bra seghet

**Martensit**

Mycket hård struktur som kan bildas vid snabb kylning – risk för sprödhet

**Överhettad zon**

Zonen precis intill svetsen, med grova korn och hög risk för sprickbildning

# Finkornig zon



Finkornig zon (Fine Grain HAZ)

Även denna zon har varit över A3, men inte lika extremt.

Ligger utanför den överhettade zonen och har genomgått rekristallisation, dvs ett material som har fått korntillväxt dvs har en hårdare sprödare struktur och är fylld med inre spänningar. Men om materialet sedan värms upp till en viss temperatur (utan att smälta) ca  $\frac{1}{3}$  till  $\frac{1}{2}$  av smältpunkten (ex. 450–650 °C för stål), startar rekristallisationen, nya, små och spänningsfria kristaller växer fram och ersätter den gamla, deformerade strukturen

När temperaturen är rätt och tiden lagom, får man finkornig austenit som stelnar i fin struktur.

Konsekvens: Bra egenskaper – segt och hållfast.



# Interkritisk zon – ICHAZ (Intercritical Heat Affected Zone)



Här har temperaturen legat mellan A1 och A3, (alltså tillräckligt varm för att viss fasomvandling till austenit ska ske, men inte så varm att hela strukturen omvandlas).

Det leder till partiell fasomvandling – bara en del av materialet blir austenit, resten behåller sin ursprungliga struktur.

Den här zonen får en blandad struktur och är ibland känslig för sprödhet eller ojämn hårdhet.

- A1 (ca 727 °C):

Den temperatur där fasomvandlingen börjar – ferrit och perlit börjar omvandlas till austenit.

- A3 (ca 910 °C, varierar):

Den temperatur där hela strukturen har omvandlats till austenit.

Mellan A1 och A3 sker partiell fasomvandling. Över A3 är allt stål omvandlat.



# Underkritisk zon – SCHAZ (Subcritical Heat Affected Zone)



Temperaturen har inte nått A1, (alltså inte tillräckligt varm för att påbörja fasomvandling till austenit).

Däremot kan viss rekristallisation ske (kristallerna formas om), vilket gör materialet något mjukare.

Denna zon påverkas minst, men materialets egenskaper kan ändå förändras något.

Detta temperaturintervall kan jämföras med det för värmebehandling, dock med betydligt kortade tider.



# Finns många olika kvalificeringsstandarder för svets😊.



## DEKRA Industrials AB ackrediteringsomfattning enligt ISO/IEC 17020

Svetsning - Bågbultsvetsning av metalliska material (ISO 14555:2017)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Kvalificering genom utfallssvetsprovning (ISO 15613:2004)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 1: Båg- och gassvetsning av stål och bågsvetsning av nickel och nickellegeringar (ISO 15614-1:2017)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Svetsprocedurkontroll - Del 2: Bågsvetsning av aluminium och dess legeringar (ISO 15614-2:2005)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Svetsprocedurkontroll - Del 3: Smält- och trycksvetsning av olegerat och låglegerat gjutjärn (ISO 15614-3:2008)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 4: Färdigsvetsning av aluminiumgjutgods (ISO 15614-4:2005)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 5: Bågsvetsning av titan, zirkonium och dess legeringar (ISO 15614-5:2004)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 6: Båg- och gassvetsning av koppar och dess legeringar (ISO 15614-6:2006)

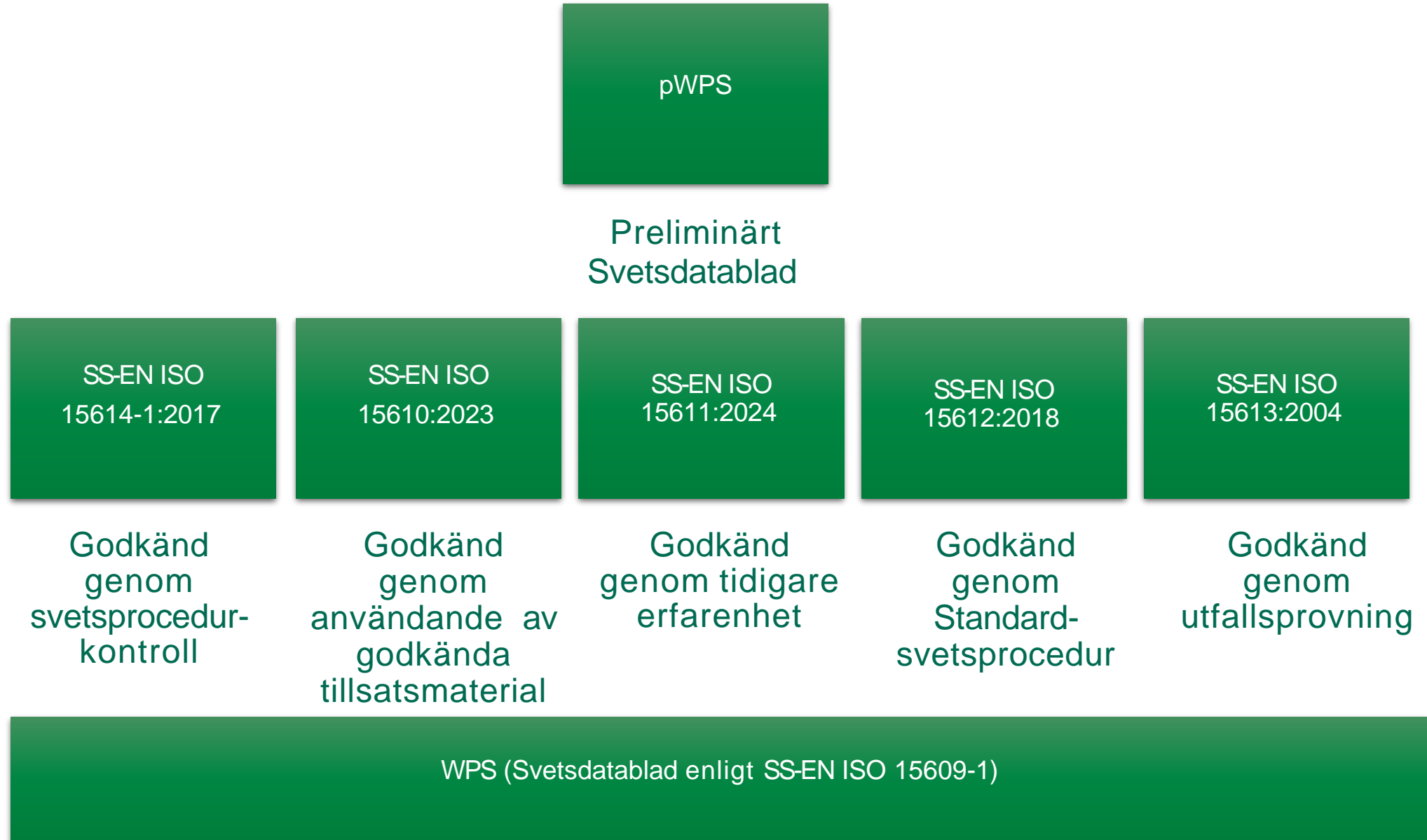
Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 7: Påsvetsning (ISO 15614-7:2016)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 8: Insvetsning av tuber i tubplattor (ISO 15614-8:2016)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 11: Elektronstrålesvetsning och lasersvetsning (ISO 15614-11:2002)

Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 12: Punkt-, söm- och presssvetsning (ISO 15614-12:2004)

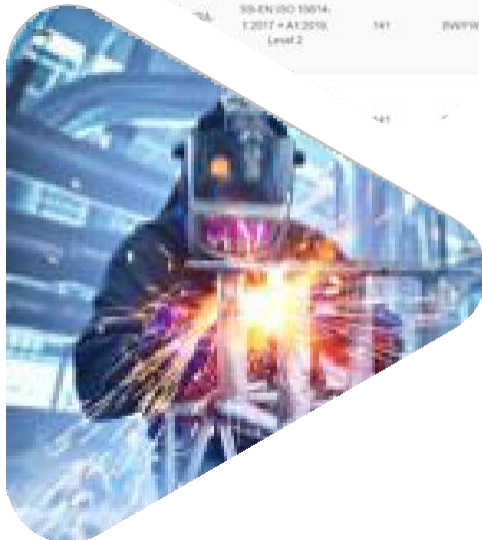
# Svetsprocedurkvalificering



# Svetsprocedurkvalificering enligt SS-EN ISO 15614-1



WPS	Övervaknings WPS/WPS No	Övervaknings WPS/No	ÖCKSA-Procedure No	Kvalificeringsstandard	Svetsmetod	Fugtyp (FW)
WPS	WPS 100	WPS 100	ÖCKSA-1000	SS-EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019, Level 2	141	ÖW/FW
WPS	145-ÖW&F-80,3&2,0 (Bårande)	145-ÖW&F-80,3&2,0 (Bårande)	ÖCKSA-1000	SS-EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019, Level 2	141	ÖW/FW
WPS			ÖCKSA-1000	SS-EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019, Level 2	141	ÖW/FW



## SVENSK STANDARD SS-EN ISO 15614-1:2017/A1:2019

Fastställt/Approved: 2019-08-28  
Utgåva/Edition: 1  
Språk/Language: engelska/English  
ICS: 25.160.10



**Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll – Del 1: Båg- och gassvetsning av stål och bågsvetsning av nickel och nickellegeringar (ISO 15614-1:2017/Amd 1:2019)**

**Specification and qualification of welding procedures for metallic materials – Welding procedure test – Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys – Amendment 1 (ISO 15614-1:2017/Amd 1:2019)**

Tabell 2 — För nivå 2: Undersökning och provning av provstycken

Provstycken	Typ av provning	Provningens omfattning	Fotnot
Stumsvets med full inträngning – Figur 1 och Figur 2	Syning	100 %	—
	Radiografering eller ultraljudsprovning	100 %	a
		100 %	b
	Sprickundersökning	2 provstavar	—
	Dragprovning i tvärriktning	4 provstavar	c
	Bockprovning i tvärriktning	2 serier	d
	Slagprovning	fordras	e
	<b>Hårdhetsprovning</b>	1 provstav	—
	Makroundersökning		
T-förband med full inträngning – Figur 3 Avstickare med full inträngning – Figur 4 f	Syning	100 %	
	Sprickundersökning	100 %	b
	Ultraljudsprovning eller radiografering	100 %	a, g
	Hårdhetsprovning	fordras	e
	Makroundersökning	2 provstavar	
Kälsvets – Figur 3 och Figur 4 f	Syning	100 %	
	Sprickundersökning	100 %	b
	Hårdhetsprovning	fordras	e
	Makroundersökning	2 provstavar	



Tabell 3 - Tillåtna maximala hårdhetsvärden (HV 10)

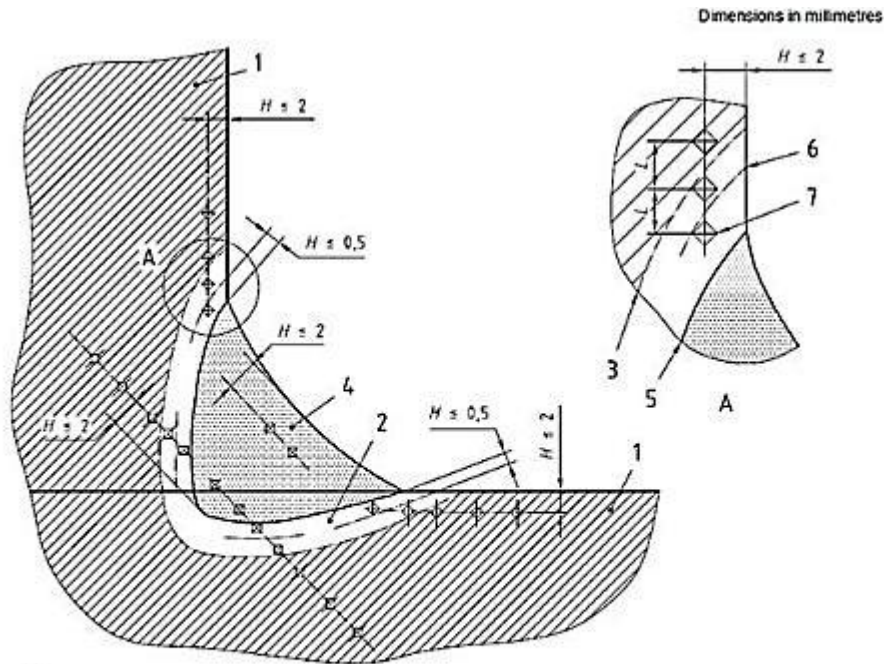
Stålgrupper ISO/TR 15608	Ej värmebehandlad	Värmebehandlad
1 <sup>a</sup> , 2 <sup>b</sup>	380	320
3 <sup>b</sup>	450	380
4, 5	380 <sup>c</sup>	350 <sup>c</sup>
6	—	350
9.1	350	300
9.2	450	350
9.3	450	350

<sup>a</sup> Om hårdhetsprovning fordras.

<sup>b</sup> För stål med min  $R_{eH} > 890$  MPa ska specialvärden anges.

<sup>c</sup> För vissa material kan högre värden accepteras, om de anges före svetsprocedurkontrollen.

# Mekanisk provning av svetsar i metalliska material - Hårdhetsprovning - Del 1: Hårdhetsprovning på bågsvetsförband ISO 9015-1



## Key

- |   |                    |   |  |
|---|--------------------|---|--|
| 1 | Parent metal       | 5 | Fusion line                                    |
| 2 | Heat affected zone | 6 | Limit for indentations parallel to fusion line |
| 3 | Limit of HAZ       | 7 | First indentation                              |
| 4 | Weld metal         |   |  |

# SS-EN ISO 15610:2024 Godkänd genom användande av godkända tillsatsmaterial



Gäller endast grundmaterial enligt ISO/TR 15608, grupper: 1.1, 8.1, 21, 22.1, 22.2

*”Dessa material ger godtagbara mikrostrukturer och egenskaper i värmepåverkade zonen (HAZ) som inte försämras avsevärt i drift.”*

Begränsningar i tillämpning

Gäller endast för Stum- och kälsvetsar

$t \leq 40$  mm för materialgrupper 1.1 och 8.1

$t \leq 20$  mm för grupper 21, 22.1 och 22.2

Kälsvetsar med a mått  $\geq 1$  mm

Dokumentet gäller inte om något av följande krav ställs för svetsförbandet:

- a) Hårdhet
- b) Slagseghet
- c) Förvärmning
- d) Kontrollerad värmeförsel

# SS-EN ISO 15611:2024 – Kvalificering med hänsyn till tidigare erfarenhet



Tidigare erfarenhet av svetsning ska bevisas genom dokumenterad undersökning och/eller provningsdata och antingen en sammanfattning av svetsningen i tillverkningen eller tillfredsställande funktion i drift.

Detta ska omfatta tillfredsställande dokumentation omfattande de väsentliga egenskaperna hos den produkt som svetsats (t. ex. oförstörande, mekanisk, läck- eller tryckprovning) i alla fall; och antingen.

- a) en sammanfattning av svetsningen i tillverkningen under en lämplig period av minst ett års längd eller
- b) svetsars lämplighet i drift under en passande period. En period om fem år kan anses passande om inte annat anges.

# SS-EN ISO 15612:2018 – Kvalificering genom införande av en standardsvetsdatablad



## Syfte med standarden

Möjliggör användning av standardiserade svetsprocedurer (SWPS) som är kvalificerade av andra organisationer.

Gäller för stål och aluminiumlegeringar.

Bygger på ISO 15607 och relaterade standarder

Användarens ansvar enligt SS-EN ISO 15612, 5.1 Allmänt:

Användaren ska ha svetsansvar enligt ISO 14731, Alternativt, minst en svetsare eller svetsoperatör som ska vara kvalificerad enligt ISO 9606-1, ISO 9606-2 eller ISO 14732, baserat på aktuell SWPS. Intyget ska ange vilken SWPS som använts

Gränserna i SWPS får inte överskridas, användaren får begränsa tillåtna variationer ytterligare, t.ex. till en viss elektroddiameter.

Ej tillåtet att blanda olika SWPS eller WPS i samma svetsförband.

Tilläggsinstruktioner får anges för att tydliggöra hur svetsningen ska utföras



# SS-EN ISO 15612:2018 – Kvalificering genom införande av en standardsvetsdatablad

Gäller för följande materialgrupper upp till 50 mm i godstjocklek:

Stål:1.1, 1.2, 1.3, 8.1, 11.1

Aluminium och legeringar:21, 22.1, 22.2

Kombinationer mellan olika material, Tillåtna kombinationer:1.1, 1.2, 1.3, 11.1. 22.1 med 22.2

**Övriga kombinationer mellan olika materialgrupper är inte tillåtna**

Användarens ansvar enligt SS-EN ISO 15612, 5.1 Allmänt:

Användaren ska ha svetsansvar enligt ISO 14731, Alternativt, minst en svetsare eller svetsoperatör som ska vara kvalificerad enligt ISO 9606-1, ISO 9606-2 eller ISO 14732, baserat på aktuell SWPS.

intyget ska ange vilken SWPS som använts

Gränserna i SWPS får inte överskridas, användaren får begränsa tillåtna variationer ytterligare, t.ex. till en viss elektroddiameter.

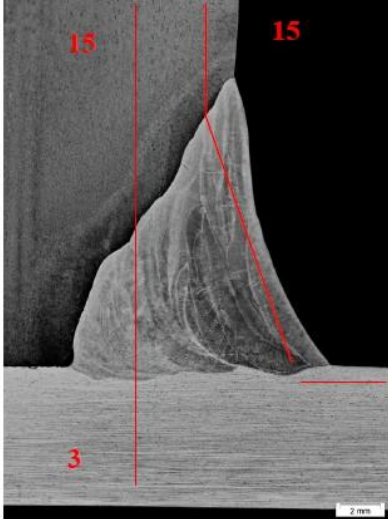
Ej tillåtet att blanda olika SWPS eller WPS i samma svetsförband.

Tilläggsinstruktioner får anges för att tydliggöra hur svetsningen ska utföras

	ISO 15614-1 ( eget WPQR-prov)	ISO 15612 (adoption av standardprocedur)
Typ av kvalificering	Tillverkaren måste själv utföra ett WPQR-prov som provtas och provas enligt standarden.	Tillverkaren adopterar en redan kvalificerad standardprocedur (SWPS) från en erkänd källa. Ingen egen provning görs.
Provning	Obligatoriska: makro, drag, böj, hårdhet, tuffhet m.m. beroende på material och konstruktion.	Ingen provning av tillverkarens eget material eller fog. Man använder tidigare utförd WPQR.
Användningsområde	Används för alla kategorier (I–IV). Krävs för högre riskklass (III–IV), där Notified Body/TC gör granskning.	Kan användas endast i enklare fall där riskerna med ett haveri är mindre.
Riskenivå	Låg risk – proceduren verifieras för den faktiska kombinationen material / fog / tillsats / position.	Högre risk – proceduren är ej verifierad på de specifika materialen.
Flexibilitet	Tillverkaren kan optimera parametrar baserat på egna maskiner, tillsatsmaterial och krav.	Låg flexibilitet – proceduren måste följas strikt enligt SWPS.
Tredjepart (PED Notified Body / Sverige)	Kräver normalt granskning av NB/AKO i kategori III–IV. Spårbarhet till WPQR ska visas.	NB godkänner vanligtvis inte ISO 15612 .
Spårbarhet mot material och batch	Full spårbarhet: WPQR kopplat till det material som tillverkaren använder.	Begränsad spårbarhet: proceduren har kvalificerats på någon annans material. Matchning ska visas men kan vara bristfällig.
Acceptans inom svensk kärnkraft / PAKT / SSM	Krävs för säkerhetsklassade tryckbärande system. Alltid 15614-1 eller ASME IX WPQR.	Accepteras inte för kärntekniska tryckbärande anordningar (KBM/TBM/ABM).
Giltighet	Styrs av de faktiska provningsvärdena och är därför robust.	Begränsad till SWPS-procedurens fasta parametrar.
Användbarhet i praktiken	Standardmetoden för all kritisk tillverkning, reparation, modifiering och nytillverkning av tryckbärande anordningar.	Används mer inom verkstadsindustri och enklare konstruktioner, ej inom säkerhetsklassade objekt.

# Metod 141, Ø88,9 x 7,0/12,0 mm, s8,0, Monel 400, material gr. 42, P355GH, material gr. 1.2



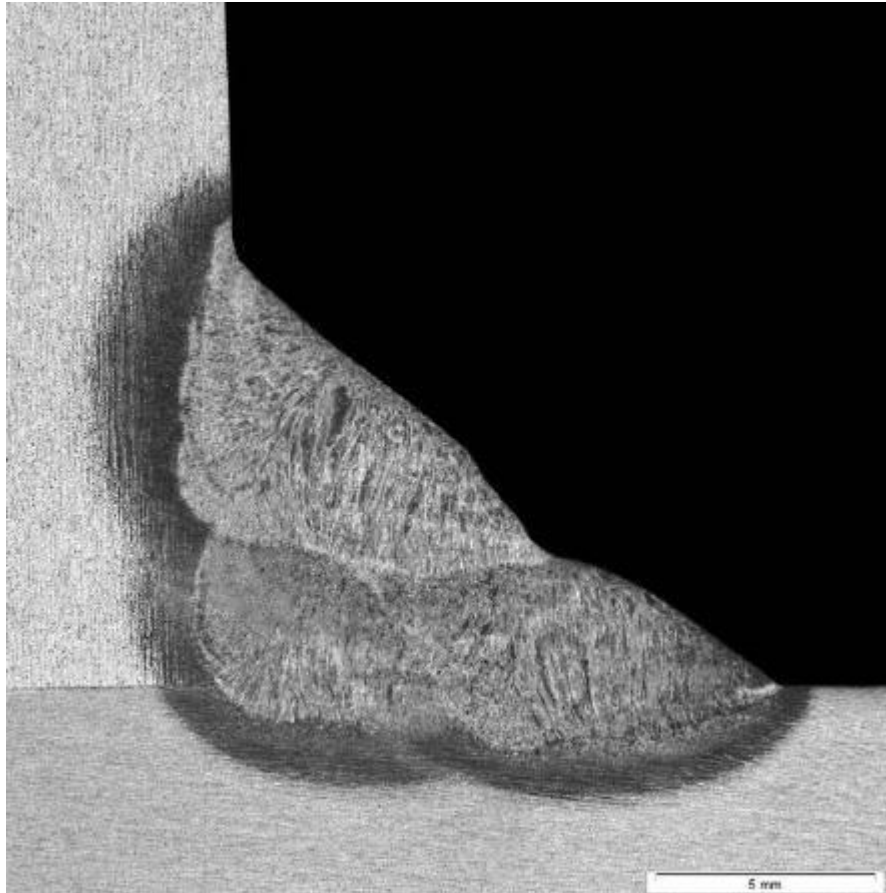
HARDNESS OF WELDED JOINT TESTING RESULTS															
Way of measurement of hardness <u>Measurements in a line - External surface (HV10):</u>															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	151	155	156	172	180	175	152	142	137	418 380 252	223	178	163	162	166
Place of gauging Material group	Parent 42	Parent 42	Parent 42	HAZ 42	HAZ 42	HAZ 42	weld	weld	weld	HAZ 1.2	HAZ 1.2	HAZ 1.2	Parent 1.2	Parent 1.2	Parent 1.2
Way of measurement of hardness <u>Measurements in a line - Root (HV10):</u>															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	-	-	174	172	169	169	155	173	164	223 219 212	192	184	163	163	162
Place of gauging Material group	Parent 42	Parent 42	Parent 42	HAZ 42	HAZ 42	HAZ 42	weld	weld	weld	HAZ 1.2	HAZ 1.2	HAZ 1.2	Parent 1.2	Parent 1.2	Parent 1.2
															
Fig.3. Distribution of hardness measurement point in test specimen 6059_MG/1 (after grinding)															
Comments	Point 10, last runs external surface: Two additional indentations were made acc. to EN ISO 9015-1:2011 Measurement in root area, points No 1, 2 were not performed due to welded joint dimensions														

# Metod 141, Ø19,0x1,5 mm, t=25,0 mm, P265NH, material gr. 1.1, (tube). P355NH, material gr. 1.2, (plate)



HARDNESS OF WELDED JOINT TESTING RESULTS															
Way of measurement of hardness <u>Measurements in a line - External surface (HV5):</u>															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
197	143	143	144	148	161	207	334	258	254	436 394 395	247	200	162	156	155
Place of gauging	Parent 1.1	Parent 1.1	Parent 1.1	HAZ 1.1	HAZ 1.1	HAZ 1.1	weld	weld	weld	HAZ 1.2	HAZ 1.2	HAZ 1.2	Parent 1.2	Parent 1.2	Parent 1.2
<p>Fig.3. Distribution of hardness measurement point in test specimen 6177-1_MG/1</p>															
Comments	Points 6,10: Two additional indentations were made acc. to EN ISO 9015-1:2011														
Measurement uncertainty	±3,5%														

# Metod 138, t30 mm, a6 S355J2+AR, material gr. 1.2, S355J2+N, material gr. 1.2

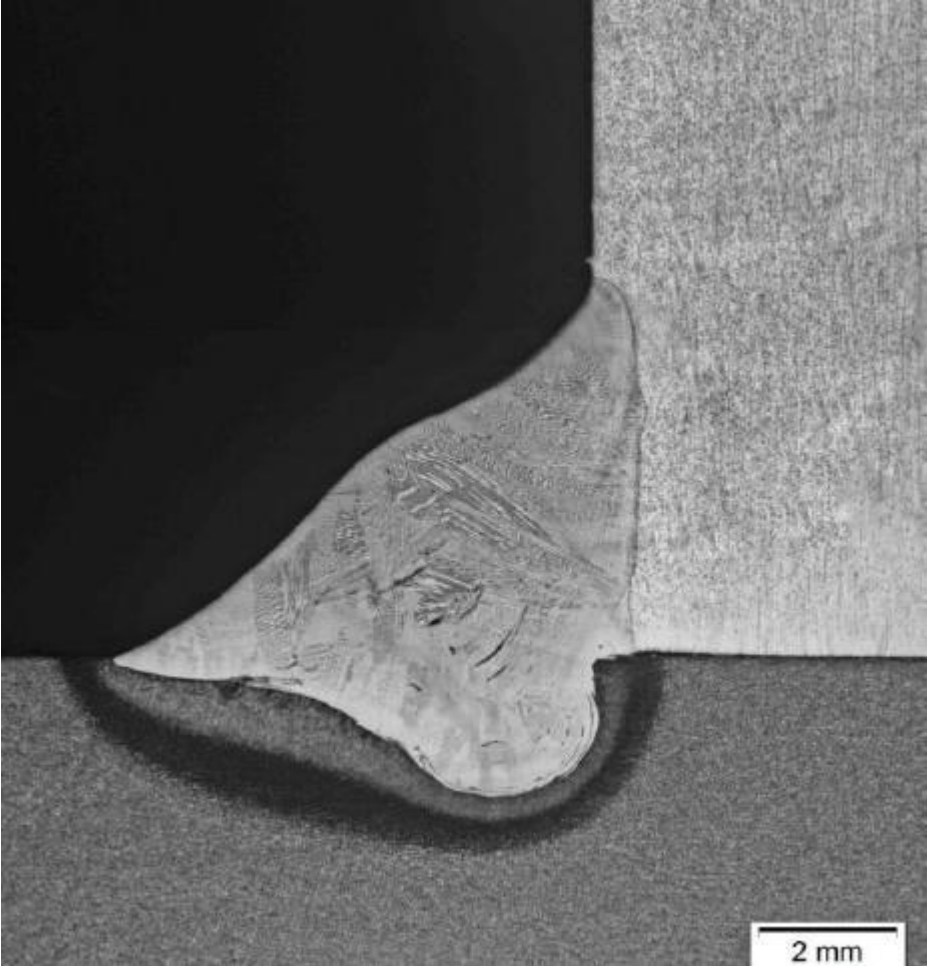


HARDNESS OF WELDED JOINT TESTING RESULTS															
Way of measurement of hardness: <b>Measurements in a line - External surface (HV10):</b>															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	162	162	162	237	281	407 422 411	241	245	243	396 387 379	229	202	152	150	150
Place of gauging	parent	parent	parent	HAZ	HAZ	HAZ	weld	weld	weld	HAZ	HAZ	HAZ	parent	parent	parent
Way of measurement of hardness: <b>Measurements in a line - Root (HV10):</b>															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	170	171	173	220	237	258 253 294	234	227	229	261 304 301	218	195	157	156	156
Place of gauging	parent	parent	parent	HAZ	HAZ	HAZ	weld	weld	weld	HAZ	HAZ	HAZ	parent	parent	parent

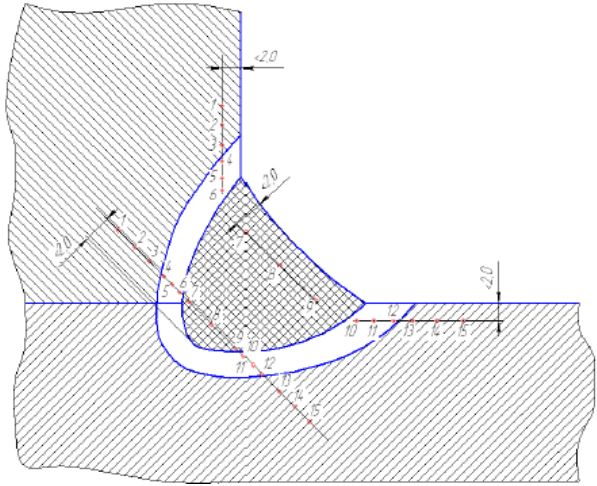
  

Fig.3. Distribution of hardness measurement point in test specimen 6343 MG/1

# Metod 135, t1=10 mm t2=30,1 mm, 1.4404, material gr. 8.1, 355J2+N, material gr. 1.2

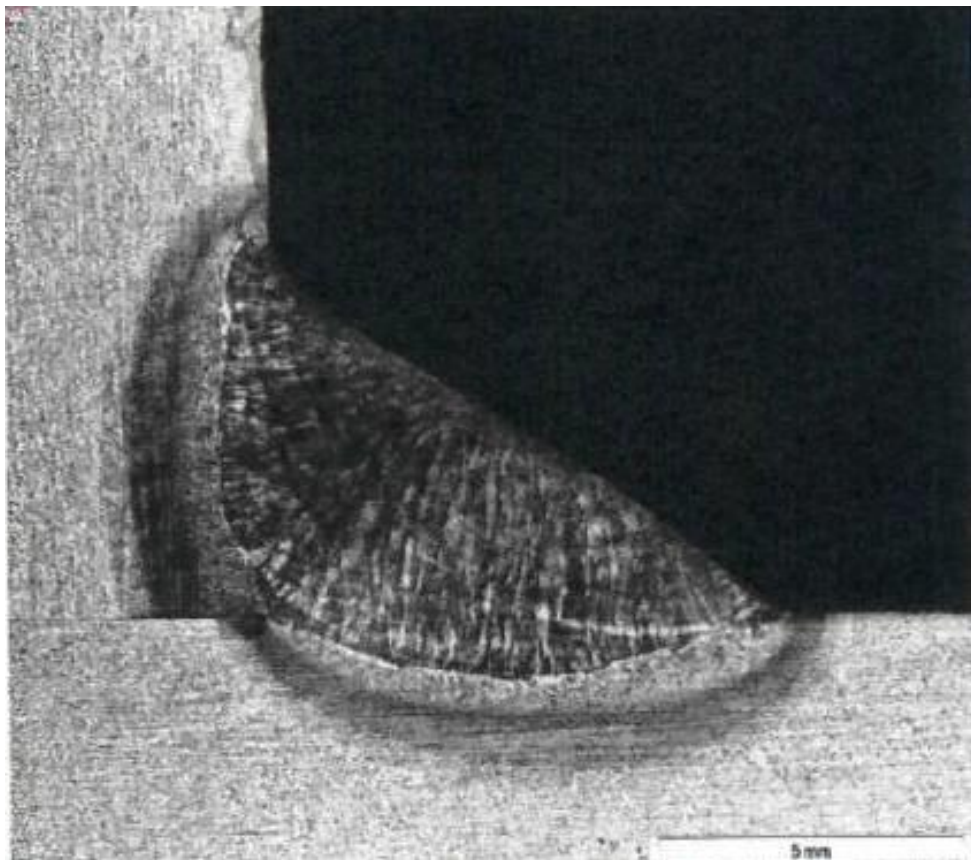


HARDNESS OF WELDED JOINT TESTING RESULTS															
Way of measurement of hardness <b>Measurements in a line - External surface (HV10):</b>															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	165	166	166	175	171	164	159	170	164	419 415 425	275	207	157	156	156
Place of gauging	Parent (8.1)	Parent (8.1)	Parent (8.1)	HAZ (8.1)	HAZ (8.1)	HAZ (8.1)	Weld	weld	weld	HAZ (1.2)	HAZ (1.2)	HAZ (1.2)	Parent (1.2)	Parent (1.2)	Parent (1.2)
Way of measurement of hardness <b>Measurements in a line - root (HV10):</b>															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	155	155	156	165	167	166	158	162	160	408 419 418	257	216	160	159	159
Place of gauging	Parent (8.1)	Parent (8.1)	Parent (8.1)	HAZ (8.1)	HAZ (8.1)	HAZ (8.1)	Weld	weld	weld	HAZ (1.2)	HAZ (1.2)	HAZ (1.2)	Parent (1.2)	Parent (1.2)	Parent (1.2)





# Metod 136, 15 mm mot 15 mm, a5, S355J2+N, material gr. 1.2



HARDNESS OF WELDED JOINT TESTING RESULTS															
Way of measurement of hardness Measurements in a line - External surface (HV10):															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	187	187	189	217	232	416 396 410	310	311	309	409 417 413	246	234	197	188	186
Place of gauging	parent	parent	parent	HAZ	HAZ	HAZ	weld	weld	weld	HAZ	HAZ	HAZ	parent	parent	parent

Fig 1. Distribution of hardness measurement points in test specimen 5725 MC 1

# Metod 136, 20 mm mot 20 mm, a6, P355NL, material gr. 1.2



HARDNESS OF WELDED JOINT TESTING RESULTS															
Way of measurement of hardness: Measurements in a line - External surface (HV10):															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	152	153	153	219	253	419	270	257	244	418	377	222	152	152	151
						420				416					
						423				393					
Place of gauging	Parent	Parent	Parent	HAZ	HAZ	HAZ	weld	weld	weld	HAZ	HAZ	HAZ	Parent	Parent	Parent
Way of measurement of hardness: Measurements in a line - Root (HV10)															
Number of gauging	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Value of hardness	155	156	155	180	215	265	237	238	238	241	220	219	155	155	155
						249				255					
						232				309					
Place of gauging	Parent	Parent	Parent	HAZ	HAZ	HAZ	weld	weld	weld	HAZ	HAZ	HAZ	Parent	Parent	Parent

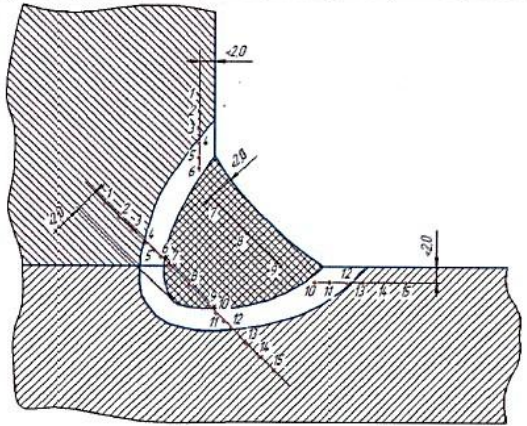


Fig. 2. Distribution of hardness measurement points in a line - External surface (HV10)



Materialbeteckning	Beskrivning	Värmebehandling / tillverkningsmetod	Användningsområde
S355JR	Grundläggande slagseghet ( $\geq 27J$ vid $+20^{\circ}C$ )	Varmvalsat, obehandlat	Allmänna stålkonstruktioner
S355J0	Förbättrad slagseghet ( $\geq 27J$ vid $0^{\circ}C$ )	Varmvalsat, obehandlat	Konstruktioner i kallare klimat
S355J2	Högre slagseghet ( $\geq 27J$ vid $-20^{\circ}C$ )	Varmvalsat, obehandlat	Broar, maskinkonstruktioner
S355K2	Hög slagseghet ( $\geq 40J$ vid $-20^{\circ}C$ )	Varmvalsat, obehandlat	Utsatta konstruktioner, kallt klimat
S355N	Normaliseringsvalsat stål med bättre mekaniska egenskaper	Normaliseringsvalsat (+N)	Tunga stålstrukturer, broar
S355NL	Lågtemperaturanpassat normaliseringsvalsat stål ( $\geq 27J$ vid $-50^{\circ}C$ )	Normaliseringsvalsat (+N)	Offshore, kyla, arktiska miljöer
S355M	Termomekaniskt valsat stål med förbättrad svetsbarhet	Termomekaniskt valsat (+M)	Tunnväggiga konstruktioner, svetsade delar
S355ML	Lågtemperaturanpassat termomekaniskt valsat stål ( $\geq 27J$ vid $-50^{\circ}C$ )	Termomekaniskt valsat (+M)	Offshore, kalla miljöer
S355MC	Termomekaniskt valsat stål för kallformning, finkornigt	Termomekaniskt valsat	Fordonsindustri, maskiner
S355J0+AR	S355J0 i obehandlat tillstånd	Som-levererat (As Rolled, +AR)	Grundläggande konstruktionsapplikationer
S355J2+N	Normaliseringsvalsad version av S355J2	Normaliseringsvalsat (+N)	Strukturer som kräver bättre egenskaper
S355J2G3	Tidigare beteckning för S355J2+N	Normaliseringsvalsat (+N)	Samma som S355J2+N
S355J2G4	Tidigare beteckning för S355J2+N men utan specificerad slagseghet	Normaliseringsvalsat (+N)	Generella konstruktioner

# Varför skiljer sig S355J2+N från S355MC och S355ML



Egenskap	S355J2+N (Normaliserat)	S355MC (TMCP)	S355ML (TMCP, lågtemperaturvalsat)
Tillverkningsmetod	Normaliserat kolstål	Termomekaniskt valsat	TMCP + lågtemperaturvalsning
Kol-ekvivalent (CEV)	0.45-0.47 (Högre)	0.36-0.38 (Lägre)	0.38-0.40 (Mellan)
Svetsbarhet	Kräver förvärmning vid tjocka material	Ingen förvärmning behövs	Ingen förvärmning behövs
Känslighet för härdning	Hög risk för hårdhetsproblem i HAZ	Låg risk	Låg risk
Mekaniska egenskaper	Lägre slagseghet än TMCP	Högre slagseghet vid -20°C	Bäst slagseghet vid -50°C

**Ok! men då lägger vi alla vara S355 procedurer i tex S355MC material**



# Vad man måste tänka på när man tar ut parametrar från sin WPQR



Parametrar i WPS behöver ligga inom WPQR:s tillåtna värden

Max och min värden för:

- ✓ Ström (A)
- ✓ Spänning (V)
- ✓ Trådmatning
- ✓ Svetshastighet

# Värmetillförsel (Heat Input)



Måste vara inom de tillåtna värdena i WPQR.

Både min och max ska vara inom WPQR:s intervall.  
Om WPQR är smal → WPS måste också vara smal.  
Tänk på att Q påverkar:

- ✓ Hårdhet
- ✓ Seghet
- ✓ Kornstorlek
- ✓ Ferrit/duplex-balans
- ✓ HAZ-egenskaper

# Förhöjd arbetstemperatur Mellansträngstemperatur



Får inte överstiga WPQR-provets uppmätta maxvärde.

Vissa system kräver även min temp enligt WPQR t.ex. värmehållfasta stål.



# Tillsatsmaterial – exakt samma klassning



Behöver ha:

- ✓ samma EN/ISO-klassning
- ✓ samma ASME-klassning (om ASME används)

Gå in i bakomliggande standarder och hämta ut vad klassningen står för.

# Övriga områden!



Godstjocklek  
Fogutformning  
Svetsprocess  
Gas och gasblandning  
Svetsläge  
Rot- och fyllnadsteknik



# Var får man använda de olika kvalificeringarna?

## SS-EN 13445, Tryckkärl (ej eldberörda) – Del 4: Tillverkning



### 8.3 Kvalificering av svetsprocedur (WPQR – Welding procedure qualification record)

För tryckbärande svetsar i ett tryckkärl ska detta ske genom kvalificering av svetsproceduren enligt EN ISO 15614-1:2017, eller EN ISO 15613:2004 (utfallssvetsprov) För svetsar som inte är tryckbärande, men som är direkt förbundna med tryckkärlet, fungerar EN ISO 15611, EN ISO 15612.

Kompletterande krav vid kvalificering:

- a) Dragprovning i längdriktning, gäller stumfogar  $\geq 20$  mm.
- b) Vid beräkningstemperaturer  $> 300$  °C utförs provningen vid motsvarande temperatur.
- c) Mikroundersökning krävs för materialgrupp 8.2 och 10.
- d) Tilläggskrav för ferrithalt och slagprovning vid användning av ISO 15610:2024.
- e) Vid användning av austenit-ferritiska tillsatsmaterial gäller följande:

Ferrithalt i HAZ: 30–70 % ferrit generellt. Max 85 % i högtemperaturzon, Svetsgoods: 30–70 % ferrit

Slagprovning ska uppfylla krav i EN ISO 15614-1:2017, med tillägg för ferritiska och austenit-ferritiska stål: enligt EN 13445-2:2021, bilaga B.

Austenitiska stål: Vid  $TM < -105$  °C krävs 40 J vid provning i  $-196$  °C.

Granskning och tredjepartskrav för tryckbärande svetsar i kategori II–IV ska ett kompetent tredjepartsorgan granska WPQR och se till att alla krav enligt ovan uppfylls.

OBS: Tillverkaren får lägga ut provning och provstyckestillverkning, men inte själva svetsningen till underleverantör.

# SS-EN 1090-2 Stålkonstruktioner



Kvalificeringsmetod		EXC2	EXC3 EXC4
Svetsprocedurkontroll	EN ISO 15614-1 <sup>a</sup> EN ISO 17660-1 <sup>b</sup> <del>A1</del> raderad text <del>A1</del>	X	X
Utfallssvetsprovning	EN ISO 15613 EN ISO 17660-1 <sup>b</sup> <del>A1</del> raderad text <del>A1</del>	X	X
Standardsvetsprocedur	EN ISO 15612	X	X <sup>c</sup>
Tidigare svetserfarenhet	EN ISO 15611	X	-
Baserad på provade tillsatsmaterial	EN ISO 15610		
X Tillåten - Inte tillåten			
<sup>a</sup> Kvalificering av svetsprocedurer enligt EN ISO 15614-1:2017 ska vara enligt Nivå 2. <sup>b</sup> Ska endast användas för förband mellan armeringsstål och andra stålkomponenter. <sup>c</sup> Om tillåtet enligt förteckningen över utförandekrav.			

# Fortsättning SS-EN 1090-2



Om en kvalificerad svetsprocedur krävs för kälsvetsar på stålsorter  $\geq$  S460, ska korsdragprov utföras enligt EN ISO 9018. Om svetsning sker på verkstadsgrundfärg gäller: Den största tillåtna färgtjockleken (nominell + tolerans) ska bestämmas genom provning. Svetsbarheten hos verkstadsgrundfärgen ska visas enligt EN ISO 17652-1 till EN ISO 17652-4.

Den första strängen i en ensträngs- eller flersträngskälsvets med djup inträngning, som utförs med en fullt mekaniserad process, ska undersökas genom ett svetsprocedurprov enligt EN ISO 15614-1. Undersökningen ska omfatta den variation av nominella a-mått som är aktuella för produktionen.

Svetsproceduren är kvalificerad om provstyckets **imperfektioner** ligger inom gränserna för **kvalitetsnivå B** enligt **EN ISO 5817, med följande undantag för porositet:**

- a) Ingen **linjär porositet** (områden där porer ligger med avstånd  $\leq$  pordiametern)
- b) Maximalt 8 % porositet** enligt **EN ISO 5817:2014, bilaga A** för komponenter i allmänhet
- c) Maximalt 4 % porositet** för komponenter utsatta för **utmattning**

För **rostfria stål** ska svetsprocedurprov utföras enligt **EN ISO 15614-1, med undantag för följande stålsorter i icke-kallbearbetat tillstånd:**

- 1.4301, 1.4307, 1.4541, 1.4401, 1.4404, 1.4571
- Undantaget gäller även för förband mellan dessa material och kolstål.

## Fortsättning EN 1090-2



Om kvalificering sker enligt **EN ISO 15613** eller **EN ISO 15614-1**, och inget annat föreskrivs, gäller:

a) Om **slagseghetsprovning** är ett krav enligt EN ISO 15614-1, är det även ett krav i EN ISO 15613.  
– Provningen ska ske vid den **lägsta temperatur** som krävs för de materialkvaliteter som ska sammanfogas, inklusive eventuell valbar lägsta temperatur i materialstandarden.

b) För stål enligt **EN 10025-6** krävs **mikroskopisk undersökning av ett provs svetslägg**.

