

Från procedurkvalificering till produktion

– vägen från WPQR till WPS

Förkortningar och deras betydelse

- **WPQR (Welding Procedure Qualification Record):** Dokumentation av en kvalificerad svetsprocedur baserad på provsvetsning och provningsresultat.
- **WPS (Welding Procedure Specification):** Operativt dokument som beskriver hur en kvalificerad svetsprocedur ska utföras i produktionen.
- **pWPS (Preliminary Welding Procedure Specification):** En preliminär svetsprocedur som används som riktlinje inför kvalificering av en svetsprocedur.
- **OFP:** Oförstörande provning (NDT) som används för att identifiera defekter samt diskontinuiteter utan att skada svetsförbandet.
- **DT:** Förstörande provning som används för att utvärdera mekaniska egenskaper hos svetsförbandet

WPQR (welding procedure qualification record)

En enklare sammanfattning

Uppkomsten av en WPQR (welding procedure qualification record) börjar med utförandet av en provsvetsning baserad på den preliminära svetsproceduren (pWPS). Efter provsvetsningen genomförs både icke-förstörande och förstörande provningar för att utvärdera svetskvaliteten.

När testresultaten är godkända granskas de för att fastställa giltighetsområdet för proceduren enligt relevanta standarder. Detta omfattar parametrar som materialgrupper, tjockleksintervall, svetsmetoder och svetslägen mm. Giltighetsområdet specificerar inom vilka ramar proceduren kan tillämpas i produktionen.

När WPQR är godkänd kan en WPS (welding procedure specification) tas fram. WPS är ett operativt dokument som beskriver exakt hur svetsningen ska utföras i produktionen, baserat på de parametrar som fastställts i WPQR. Den fungerar som en praktisk vägledning för svetsare och säkerställer att varje svetsning utförs med konsekvent kvalitet och i enlighet med kvalificerade procedurer.

Svetsprocedurkvalificering för svetsning enligt SS-EN ISO 15614-serien

Inledning

Svetsprocedurkvalificering är en grundläggande del av kvalitetssäkringen i svetsprocesser. Den säkerställer att en tillverkare kan producera fogar med erforderlig kvalitet och hållfasthet. Syftet är att verifiera att svetsproceduren är tillförlitlig och kan användas för produktion utan att kompromissa med säkerhet eller hållbarhet. En procedurkvalificering är en rapport som beskriver om svetsningen uppfyller kraven för materialet och svetsförbandet.

Varför behöver man kvalificera en procedur?

Procedurkvalificering är inte bara en kvalitetsåtgärd utan ofta ett lagstadgat krav beroende på tillämpning och bransch. Den säkerställer att svetsade konstruktioner uppfyller säkerhetsstandarder och minskar risken för haverier. Exempelvis krävs procedurkvalificering enligt tryckkärlsdirektivet (PED) för tryckbärande anordningar och enligt SS-EN 1090 för bärande stålkonstruktioner. Dessutom kräver vissa kundspecifika standarder och projektkrav att procedurer kvalificeras för att uppfylla avtalade kvalitetskrav.

Hur bestämmer man vilka olika typer av procedurkvalificeringar som behövs?

Valet av procedurkvalificeringar beror på flera avgörande faktorer som tillsammans skapar en helhetsbild av kraven för den aktuella tillverkningen:

- **Typ av konstruktion:** Valet av kvalificering påverkas i hög grad av vad som ska tillverkas. Konstruktioner som tankar, rörsystem, broar, byggnadskonstruktioner och tryckkärl har ofta olika belastningsförhållanden och säkerhetskrav. Till exempel kräver tryckbärande anordningar noggrann kontroll och fler kvalificeringar jämfört med om man skall bygga ett enkelt cykelställ i ett material.
- **Material:** Olika material har olika svetsbarhetsegenskaper. Stål, aluminium, koppar, titan och nickelbaslegeringar reagerar olika på värmecykler och mekanisk påfrestning. Detta innebär att varje materialgrupp kräver specifika procedurkvalificeringar för att säkerställa att svetsen har önskvärda mekaniska egenskaper.

- **Belastningsförhållanden:** Konstruktionens användningsområde och dess utsatthet för dynamiska laster, tryck, temperaturvariationer och korrosiva miljöer påverkar valet av procedurkvalificering. Höga temperaturer kan till exempel förändra svetsens hållfasthet, vilket kräver specifika prov för att verifiera svetskvaliteten.
- **Regulatoriska krav:** Nationella och internationella lagar samt branschspecifika standarder ställer ofta krav på procedurkvalificeringar. Exempelvis kräver byggbranschen certifiering enligt EN 1090, medan offshore- och petrokemiska industrier kan kräva kvalificering enligt NORSOK-standarder eller ASME-koder.

Sammanfattningsvis bestäms behovet av procedurkvalificering genom att analysera tillverkningsprocessens specifika krav, materialets egenskaper, produktens användningsområde och gällande lagar och standarder. Denna helhetsbedömning säkerställer att de valda procedurerna ger en produkt som är säker, hållbar och i enlighet med relevanta regler.



Skapande av pWPS (Preliminär Svetsprocedurspecifikation)

Innan en formell svetsprocedurkvalificering (WPQR) kan utföras, arbetar man fram en preliminär svetsprocedurspecifikation (pWPS). Syftet med pWPS är att definiera de initiala parametrarna för svetsprocessen baserat på teoretisk kunskap, tidigare erfarenheter och specifika krav från standarder och projekt. pWPS fungerar som en riktlinje för hur provsvetsningen ska genomföras för att säkerställa att alla relevanta faktorer beaktas. För att få rätt data i databladet ska man ta hjälp av standarden SS-EN ISO 15609 (Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsdatablad)

Hur Skapas en pWPS?

Procedurkvalificering är inte bara en kvalitetsåtgärd utan ofta ett lagstadgat krav beroende på tillämpning och bransch. Den säkerställer att svetsade konstruktioner uppfyller säkerhetsstandarder och minskar risken för haverier. Exempelvis krävs procedurkvalificering enligt tryckkärlsdirektivet (PED) för tryckbärande anordningar och enligt SS-EN 1090 för bärande stålkonstruktioner. Dessutom kräver vissa kundspecifika standarder och projektkrav att procedurer kvalificeras för att uppfylla avtalade kvalitetskrav.

1. **Identifiering av krav:** Baserat på konstruktionens krav, material, och tillämpliga standarder definieras de grundläggande parametrarna.
2. **Val av svetsmetod:** Välj lämplig svetsmetod (till exempel MIG/MAG, TIG, MMA) beroende på material/applikation.
3. **Specifikation av svetsparametrar:** Fastställ parametrar som strömstyrka, spänning, svetshastighet, tråddiameter, skyddsgas mm.
4. **Val av tillsatsmaterial:** Ange typ och specifikation för tillsatsmaterialet som är kompatibelt med grundmaterialet.
5. **Förberedelse av provstycken:** Definiera krav på fogberedning, spaltbredd, förvärmningstemperatur och interpass-temperatur samt ev. efterföljande värmebehandling s.k. PWHT, (Post Weld Heat Treatment)
6. **Riskbedömning:** Identifiera eventuella risker för uppkomsten av defekter som sprickor, porositeten eller andra diskontinuiteter baserat på svetsparametrar och material.

pWPS är ett levande dokument som kan justeras under kvalificeringsprocessen baserat på erfarenheter från provsvetsning och testresultat.

Börja med Provsvetsning

Efter att pWPS har skapats genomförs provsvetsning för att verifiera att de angivna parametrarna ger ett svetsförband av önskad kvalitet.



Steg för Provsvetsning:

1. Förberedelse:

- o Kontrollera att material och utrustning överensstämmer med pWPS.
- o Säkerställ att svetsaren är kvalificerad för att utföra provsvetsningen.

2. Utförande:

- o Följ pWPS strikt under svetsningen.
- o Dokumentera alla parametrar noggrant, inklusive eventuella avvikelser.

3. Visuell kontroll:

- o Genomför en första visuell inspektion för att identifiera synliga defekter.

4. Förberedelse för provning:

- o Märk och skär provbitar för icke-förstörande och förstörande provning.

5. Genomföra provning:

- o Utför icke-förstörande provning (OFP) för att identifiera interna defekter.
- o Utför förstörande provning för att bedöma förbandets mekaniska egenskaper.

6. Utvärdering:

- o Analysera provresultaten i enlighet med relevanta standarder.
- o Justera pWPS vid behov och upprepa provsvetsning om nödvändigt.

Genom att noggrant följa dessa steg säkerställs att svetsproceduren är väl grundad inför det slutgiltiga godkännandet och utarbetandet av en WPS.

Efter att provsvetsningen är slutförd och provbitarna har förberetts, påbörjas förberedelserna inför själva provningen. Det är viktigt att säkerställa att alla provbitar hanteras korrekt för att bevara deras integritet och spårbarhet. Detta innebär noggrann märkning av provbitarna för att säkerställa att resultaten kan kopplas tillbaka till den specifika svetsproceduren.

Under denna fas utförs en noggrann visuell kontroll av svetsens yta för att identifiera eventuella synliga defekter som kan påverka provningsresultaten. Därefter planeras och schemaläggs de olika provningsmetoderna, både icke-förstörande provning (OFP) och förstörande provning (DT), i enlighet med de krav som specificeras i standarderna. Eventuella avvikelser eller osäkerheter som upptäcks under förberedelserna dokumenteras för att kunna beaktas vid utvärderingen av provningsresultaten.

Denna del är avgörande för att säkerställa att provningen genomförs under optimala förhållanden och att resultaten blir tillförlitliga för att kunna kvalificera svetsproceduren.

Nu startar arbetet med att verifiera provsvetsningen:

Oförstörande provning (NDT)

Oförstörande provning (OFP) är en viktig del av kvalificeringsprocessen eftersom den möjliggör inspektion av svetsens inre och yttre kvalitet utan att skada provet. Syftet med den oförstörande provningen är att upptäcka diskontinuiteter som kan påverka svetskvaliteten och säkerheten i den färdiga konstruktionen.

Vad är oförstörande provning och varför ska provsvetsningen utsättas för detta? Oförstörande provning (OFP) används för att identifiera defekter som inte kan upptäckas visuellt men som kan påverka svetsens hållfasthet, såsom porositeter, bindfel, sprickor och slagginneslutningar mm. Genom att testa provsvetsen kan man säkerställa att svetsprocessen kan producera en defektfri fog, vilket är avgörande för konstruktionens säkerhet.



Metoder för oförstörande provning:

- **Visuell kontroll (VT):** Identifierar ytfel som porer, sprickor, rotvulst, smältdiken, hög råge mm.
- **Röntgenprovning (RT):** Upptäcker interna defekter som gasporositeter, bindfel, sprickor och slagginneslutningar mm.
- **Ultraljudsprovning (UT):** Effektiv för att hitta bindfel, sprickor och volumetriskt defekter i tjockare material.
- **Penetrantprovning (PT):** Avslöjar ytsprickor och porer som är osynliga för blotta ögat.
- **Magnetpulverprovning (MT):** Används för att detektera ytliga och nära ytliga porer och sprickor i ferromagnetiska material.

När de inledande proverna för oförstörande provningen är slutförda, påbörjas övergången till den förstörande provningen. Denna fas innebär att provbitarna förbereds ytterligare genom att bearbetas, slipas enligt specifika krav för de olika testmetoderna, såsom dragprov, bockprov och slagprov mm.

Det är avgörande att provbitarna hanteras med stor noggrannhet för att undvika att deras mekaniska egenskaper påverkas innan testningen. Provbitarna märks tydligt för att säkerställa spårbarhet, och testparametrar som provbelastning, temperatur och mätpunkter definieras i enlighet med gällande standarder.

Förstörande Provning (Destruktiva Tester)

Förstörande provning (DT) ger djupare insikt i svetsens mekaniska egenskaper och används för att bekräfta att svetsförbandet uppfyller kraven på draghållfasthet, seghet och förmåga att motstå deformation, vilket är avgörande för att bedöma svetsens långsiktiga hållbarhet. Resultaten från dessa tester utgör en viktig del av utvärderingen för att fastställa svetsprocedurens prestanda i verkliga tillämpningar.

Typer av förstörande prov:

- **Dragprov:** Mäter svetsförbandets hållfasthet och ger data om sträckgräns, brottgräns och förlängning innan brott.
- **Bockprov:** Bedömer svetsens duktilitet, dvs dess förmåga att deformeras utan att spricka.
- **Slagprov (Charpy V-notch):** Mäter slagseghet, särskilt vid låga temperaturer, vilket är viktigt för applikationer där materialet kan utsättas för dynamiska belastningar.
- **Hårdhetsprovning:** Hjälper till att identifiera härdade zoner som kan vara spröda och därmed känsliga för sprickbildning.
- **Makroskopisk och mikroskopisk undersökning:** Avslöjar interna defekter, svetsstruktur och eventuella diskontinuiteter som inte kan upptäckas med den oförstörande provningen.



Utvärdering och Dokumentation

Testresultaten från både de oförstörande samt förstörande provningarna jämförs med acceptanskriterier enligt relevanta ISO-standarder. Eventuella avvikelser analyseras noggrant för att identifiera orsaken. Om resultaten inte uppfyller kraven justeras svetsproceduren och nya tester utförs tills kraven är uppfyllda. Alla resultat dokumenteras i en WPQR, inklusive detaljerade provningsrapporter, materialcertifikat, beskrivning av svetsparametrar och testresultat. Dokumentationen signeras av ansvariga DEKRAs övervakare samt granskare för att säkerställa dess giltighet.



Vi på DEKRA kan hjälpa er med att kvalificera era svetsprocesser.

De vanligaste procedurkvalificeringarna

Svetsning - Bågbulsvetsning 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)

Från WPQR till WPS



När en svetsprocedur har kvalificerats och dokumenterats i en WPQR (Welding Procedure Qualification Record), används denna som grund för att skapa en WPS (Welding Procedure Specification). WPS är ett praktiskt dokument som ger tydliga instruktioner för hur svetsarbetet ska utföras i produktionen.

Steg för att ta fram en WPS enligt ISO 15609 serien

ISO 15609 specificerar de krav som gäller för utformning av en WPS, vilket säkerställer en enhetlig struktur och tydlighet. Processen för att ta fram en WPS från en kvalificerad WPQR omfattar följande steg:

1. Granskning av WPQR:

- Gå igenom WPQR i detalj för att identifiera samtliga parametrar som har kvalificerats genom provningen. Detta inkluderar svetsmetod, grundmaterial, tillsatsmaterial, svetslägen, fogtyper och eventuella värmebehandlingskrav.
- Kontrollera att de kvalificerade parametrarna omfattar de aktuella produktionsförhållandena. Om produktionsförhållandena avviker från WPQR kan en ny kvalificering krävas.

2. Utvärdering av Giltighetsområde:

- Detta innebär att definiera:
 - **Materialgrupper:** Kontrollera att de material som ska svetsas omfattas av WPQR.
 - **Tjockleksområden:** Identifiera minsta och största godstjocklek som är kvalificerad.
 - **Svetslägen:** Bekräfta att de svetslägen som ska användas i produktionen är kvalificerade.
 - **Fogtyper och konfigurationer:** Säkerställ att fogdesignen i produktionen stämmer överens med WPQR.

3. Definiera Svetsparametrar:

- Överför de kvalificerade parametrarna från WPQR till WPS. Detta inkluderar:
 - **Svetsström (A) och spänning (V):** I stället för ett exakt värde, ange ett intervall (spann) som ligger inom det kvalificerade området och som är lämpliga för de material, formvaror samt godstjocklekar som skall användas. Spannet skall inte vara för brett utan tas ut utifrån behovet för den produkt som WPS:en skall användas för.
 - **Svets hastighet och trådmatarhastighet:** Ange ett lagom stort spann som säkerställer korrekt inträngning och fogfyllnad, baserat på de testade värdena i WPQR.
 - **Skyddsgas:** Typ, blandning och flödes hastighet i enlighet med WPQR. Ange även acceptabla avvikelser för gasflöde.
 - **Förhöjd arbetstemperatur och mellansträngstemperatur:** Specificera tillåtna temperaturintervall för att minimera risken för sprickor och andra defekter.

4. Dokumentation enligt ISO 15609:

- Strukturera WPS enligt ISO 15609, vilket innebär att inkludera:
 - **Identifikation av svetsprocedur:** Unikt referensnummer.
 - **Beskrivning av grundmaterial och tillsatsmaterial:** Specificera materielgrupp(er) och teknisk leveransstandard.
 - **Detaljer om svetsutrustning:** Typ av strömkälla, polaritet och utrustning.
 - **Fogningsdetaljer:** Fogtyp, dimensioner och eventuella förberedelser.
 - **Svetsparametrar:** Dokumentera all tekniska data som ström, spänning, svetshastighet och skyddsgas med angivna spann.
 - **Specifikationer för förhöjd arbetstemperatur och efterföljande värmebehandling:** Om det krävs för att upprätthålla svetskvaliteten.

5. Spårbarhet och Referenser:

- Inkludera tydliga referenser till WPQR för att säkerställa spårbarhet och visa att WPS är baserad på en kvalificerad procedur.

6. Granskning och Godkännande:

- Låt en svetskunnig person eller expert granska och godkänna WPS:en för att säkerställa att den är i enlighet med standardkrav och produktionsbehov.
- Vid behov verifieras WPS:en genom ytterligare tester om produktionsförhållandena skiljer sig från kvalificeringsförhållandena.

Genom att följa denna process säkerställs att WPS är baserad på beprövade metoder och uppfyller de krav som ställs för säker och hållbar svetsning i den specifika applikationen. Detta skapar en bra grund för kvalitetskontroll i svetsproduktionen och underlättar efterlevnaden av gällande standarder och kundkrav.



Global Partner for a **Safe, Secure & Sustainable** world

DEKRA är en av världens ledande expertorganisationer inom säkerhet. Företaget har för närvarande verksamhet i 60 länder i Väst- och Östeuropa samt i USA, Brasilien, Nord- och Sydafrika, Israel, Japan och Kina. Mer än 46 000 medarbetare arbetar med att säkerställa långsiktig säkerhet, kvalitet och att skydda vår miljö.

Läs mer på www.dekra.se

DEKRA Industrial AB
Box 13007
402 51 Göteborg

010-455 10 00
kontakt.industrial.se@dekra.com
www.dekra.se

