

Svetsreparation av gjutjärn

Vad är skillnaden mellan gjutjärn och gjutstål? Tanken med denna text är att ge en inblick i reparationssvetsning av gjutjärn. Uppkommer frågor, djupare funderingar eller är du minsta tveksam bör du alltid fråga en expert.

Gjutstål har en kemisk sammansättning som motsvarar de plastiskt formbara stålen. Undantaget brukar vara en förhöjd halt av kisel (Si) vilket ökar flytbarheten i samband med gjutningen.

Generellt motsvarar svetsbarheten hos gjutstål den hos motsvarande plastiskt formbara stål. Gjutjärn har kolhalter högre än 2 %, (vanligen 2,5–4,5 % C). Fördelen med att legera med så pass mycket kol är att smältpunkten sänks vilket förklarar och gör gjutprocessen billigare, samtidigt som krympningen vid stelning blir mindre. Rent järn har en smältpunkt på 1 536 °C medan järn legerat med 4,3 % C har smältpunkt på ca 1 150 °C.

OLIKA GJUTJÄRN

Den höga kolhalten hos gjutjärn gör att svetsbarheten inte är speciellt bra. Ofta innehåller gjutjärn mer svavel och fosfor än vanligt stål vilket ytterligare försämrar svetsbarheten. Det finns två olika grupper av gjutjärn. Det är dels vitjärnet där kolet ligger bundet till järn som cementit (järnkarbid) eller martensit. Dels de grafitiska gjutjärnen som kännetecknas av att kolet till stor del ligger utskilt som ren grafit i mikrostrukturen. De grafitiska gjutjärnen delas i dag in i tre stora grupper utifrån den form som grafiten har i materialet; gråjärn, segjärn samt aducerjärn/kompaktgrafitjärn (CGI).

Vitjärn

Generellt kan man säga att vitjärnstyperna svalnar betydligt snabbare än de grafitiska.

På grund av vitjärnets höga slitagemotstånd och hårdhet används de bl.a. för slitdelar i mal- och krossanläggningar. Vitjärn anses vanligen osvetsbart, men det utförs framgångsrika svetsreparationer även på detta material.

Gråjärn

Grått gjutjärn är det vanligaste gjutjärnet. Ungefär 70–75 % av alla gjutjärn är gråjärn. I gråjärnet ligger grafiten utskild som lameller. Denna form på grafiten ger gråjärnet följande positiva egenskaper:

- bra vibrationsdämpning
- bra bullerdämpning,
- bra spånbrutande egenskaper
- en smörjande effekt vid metall mot metallslitage (s.k. grafitismörjning).

De negativa egenskaperna är låg slagseghet och liten förlängning, (relativt sprött material). Grund-



Mikrostrukturen hos tre olika gjutjärn. Här ser man vilken form grafiten har. Från vänster gråjärn, mitten är aducerjärn och den till höger visar segjärn.

DEKRA - experter på svets

- ▶ Vägledning till ISO 3834- och EN 1090-certifiering
- ▶ Kvalificering av svetsprocedur
- ▶ Svetsrådgivning
- ▶ Materialteknik
- ▶ Certifiering av svetsare
- ▶ Processoptimering
- ▶ Oförstörande provning
- ▶ Utbildning inom alla områden

DEKRA verkar för ökad säkerhet inom en rad branscher via oberoende besiktning, provning och certifiering. DEKRA finns på 28 orter i Sverige och är Europas ledande företag inom teknisk kontroll med 34 500 medarbetare i 50 länder.

DEKRA
On the safe side.



massan som omger grafiten bestämmer till stor del egenskaperna. Olegerat och låglegerat grått gjutjärn innehåller vanligen upp till 4,5 % C och upp till 3 % Si. Äldre gråjärn kan innehålla höga halter föroreningselement, vanligen svavel och fosfor vilket drastiskt kan försvåra svetsningen.

Segjärn

Genom att tillsätta små mängder magnesium (Mg) eller cerium (Ce) får man grafiten att utskiljas i sfärisk form. Detta ger betydligt bättre hållfasthet, formbarhet och seghet, jämfört med gråjärn. Segjärnet har dessutom nästan samma goda vibrations- och ljuddämpande förmåga, smörjande effekt samt goda spånåbrytning som gråjärnet. Grundmassan som omger grafiten kan även i segjärn vara olika och bestämmer naturligtvis egenskaperna. Halten av fosfor och svavel är som regel lägre i segjärn än i gråjärn.

Gjutjärnsskador, från vänster till höger: Ett öra har lossnat från denna detalj och behöver svetsrepareras.

Brottytan där örat suttit, denna måste nog rengöras och slipas i samband med fogberedning.

Det svetsade örat kontrolleras mot sprickor med röd penetrantprovning (PT) dagen efter svetsreparationen. Rengöringen i samband med provningen gjordes med MR 85, MR 68NF heter den röda penetranten samt MR 70 användes som framkallare. Bilden visar när röd penetrant applicerats innan framkallning.

"Hemligheten bakom ett lyckat resultat är att inte ge upp utan slipa bort det porösa svetsgodset och svetsa igen."

Aducerjärn

Om vitt gjutjärn värmebehandlas länge (vanligen 5-7 dygn) vid relativt hög temperatur (700-900°C) kommer värmebehandling att frigöra kolet från sin förening med järnet och fria klumpformiga inneslutningar av fri grafrit frigörs. Namnet på dessa grafitklumpar är temperkol.

Aduceringsprocessen ökar segheten vilket ger mekaniska egenskaperna som i princip motsvarar segjärnets. Grundmassan som omger temperkolet kan även i aducerjärnet ha olika strukturer och det bestämmer naturligtvis egenskaperna. Aducerjärnets svetsbarhet är ungefär som segjärnets.

Kompaktgrafitjärn (CGI)

Kompaktgrafitjärn är det senaste tillskottet i gjutjärnsfamiljen. Det är ett mellanting mellan gråjärn och segjärn vad gäller hållfasthet, seghet och hårdhet. Även strukturen blir ett mellanting där grafiten utskiljs som maskformig. Kompaktgrafitjärnet är det svåraste att tillverka eftersom tillsatsen av magnesium (Mg) måste vara mer exakt än vid tillverkning av segjärn. Eftersom hållfastheten generellt är högre hos kompaktgrafitjärn jämfört med hos vanligt gråjärn kan produkterna få lägre vikt, som exempel kan nämnas att en känd svensk lastbilstillverkare använder kompaktgrafitjärn i cylinderblocket hos sin V8-motor. Detta gör att högre förbränningstryck i motorn kan användas utan viktökning.

ORENHETER

Var noga med att avlägsna smuts och slipa bort färg, s.k. gjuthud och slaggrester innan svetsreparationen. Gjutjärn innehåller normalt porer och vid användning kan olja, fett och smuts absorberas av porositeter och grafiten. Vid svetsreparationen kommer oljan att förgasas av värmen och orsaka porer i svetsgodset. Hemligheten bakom ett lyckat resultat är att inte ge upp utan slipa bort det porösa svetsgodset och svetsa igen. Detta förfarande kan behöva upprepas upp till fyra gånger innan resultatet blir ett helt porfritt svetsgodset. Det finns en fördel med att använda mejslingselektroder eller kolbåge vid fogberedningen då dessa till stor del bränner bort eventuella rester av olja och fett. Många som reparerar gjutjärn använder rote-rande fil för bearbetning eftersom de upptäckt att vanliga slipskivor smetar ut grafiten och gör ytorna smutsiga.

FOGBEREDNING

Vid reparation av en spricka bör innan fogberedning start och stopp av sprickan kartläggas med penetrantprovning (PT). Därefter borras sprick-



Bilder: Per Brännström



SVETSREPARERA GJUTJÄRN

Att framgångsrikt kunna svetsreparera gjutjärn handlar i mångt och mycket om att minimera följande tre saker under svetsning.

1. *Svetsespänningar:* Eftersom gjutjärn är relativt spröda material har materialet svårt att ta upp de termiska spänningar som uppstår vid svetsning. För att undvika sprickor måste materialet i och runt svetsförbandet kunna ta upp dessa svetsespänningar. Vissa gjutjärn är mer formbara (duktilare) än andra och klarar detta bättre.

Tips: Hamra strängen lätt (varmsmide/peening) direkt efter svetsning och välj ett tillsatsmaterial som är okänsligt för koluttaget från grundmaterialet. Detta ger ett duktilt (segt) svetsgodset med låg sträckgräns (nickelbaserat). Då kommer svetsgodset att tar hand om så mycket som är möjligt av svetsespänningarna.

2. *Värmepåverkan:* Eftersom din svetsoperation värmer upp och kyler ner materialet extremt snabbt kommer det i den värmepåverkade zonen, närmast svetsgodset, att bildas vitjärn (spröd järnkarbid, cementit). Lite längre ut från smältgränsen kommer strukturen till stor del av spröd oanlåpt martensit. Med andra ord, den värmepåverkade zonen (HAZ) kommer att vara mycket hård, spröd och sprickbenägen. Dessa ofördelaktiga strukturbeståndsdelar kan, orsaka sprickbildning. Det kan också försvåra eventuell bearbetning efter svetsning. Detta på grund av den höga hårdheten. Generellt kan man säga att hårdheten hos HAZ beror på avsvalningshastigheten och storleken (bredden) på HAZ beror på värmestillförseln.

Tips: Minimera värmepåverkan på grundmaterialet genom att planera strängföljd, svetsa med korta strängar utan pendling och använd låg ström. Att svetsa fallande vertikalt har visat sig fördelaktigt då detta ger låg värmepåverkan.

3. *Spänningskoncentrationer:* Dessa kan uppstå i vissa delar, främst på detaljer som har komplicerad form. Det uppstår ofta där det finns snäva vinklar och övergångar från tunnare gods till tjockare. Eftersom svetsförbandet expanderar under själva svetsningen och sedan krymper finns det tillfällen där områden/detaljer en bit från svetsen behöver förvärmas. Syftet är att området ska utsättas för ett liknande termisk förlopp som svetsen så att sprickor på detta sätt undviks. Personer som gör komplicerade reparationer kallar detta indirekt förvärmning.

Tips: Analysera om just din applikation behöver denna åtgärd, temperaturen bör vara < 500°C. Ju högre desto bättre, men tänk på att avsvalnigen bör vara långsam.



2016 SVETSAS BRANSCHEN SAMMAN IGEN.

Elmia Svets och Fogningsteknik är Nordens starkaste branschmässa av sitt slag med ledande leverantörer och brett kunskapsinnehåll. 2016 går mässan parallellt med Elmia Automation och den nya mässan Elmia Verktygsmaskiner.

Se till att boka din monter redan nu!

10–13 maj 2016
Elmia, Jönköping
www.elmia.se/svets



I samarbete med:
SVETS
KOMMISSIONEN

Arrangeras parallellt med:



FÖLJ OSS PÅ TWITTER!
[@elmiassvets](https://twitter.com/elmiassvets)



ändarna med \varnothing 3–5 mm borrh för att hindra vidare tillväxt. Fogvinklarna vid fogberedning bör vara större än för konstruktionsstål, (80–90° grader) och alla vassa, skarpa hörn och kanter ska rundas av. U-fogar brukar uppstå naturligt vid termisk mejsling (mejslingselektrod, gasmejsling eller kolbåge) vilket generellt är bättre än V-fogar. Om en spricka ska svetsrepareras måste hela sprickan fogberedas. Lämna 2–3 mm gods i roten för att underlätta svetsning.

FÖRVÄRMNING

Det flesta mindre svetsreparationer av gjutjärnsdetaljer sker kallt, men om man vill förvärma finns olika temperaturer att ta hänsyn till:

- 80–100°C används för att torka upp fuktiga ytor.
- 200–250°C har visat sig fungera på vissa segjärn för att minska martensitbildning i HAZ.
- 500–600°C. Används bl.a. på grått gjutjärn för ge att minsta möjliga hårdhet i HAZ.
- 600°C används vid en riktigt besvärlig form på detaljen när stor sprickrisk föreligger.

All förvärmning ska ske långsamt, helst av hela detaljen i lämpliga ugnar. Man kan även förvärma lokalt i och runt själva svetsfogen. Syftet är att minska avsvalningshastigheten i främst den värmepåverkade zonen (HAZ) och på detta sätt bl.a. minska bildning av hård och spröd martensit. Observera att temperaturen bör hållas konstant under svetsningen och att en långsam avsvälning efter svetsning är mycket viktigt för ett bra resultat.

TILLSATSMATERIAL

Kort om de vanligaste belagda elektrodena för reparation av gjutjärnsdetaljer.

- En basisk belagd elektrod som ger svetsgods av ren nickel används för alla typer av gjutgods. Svetsgodset får låg hållfasthet, blir segt och plastiskt samt lätt att bearbeta.
- En belagd elektrod som ger nickel-järn med ungefär 40–60 % ger ett svetsgods med högre hållfasthet och högre tolerans mot förorenings-element.
- Vanligt är att svetsa ett till två lager med den förstnämnda och sedan fylla upp med det sistnämnda. De som är duktiga på reparation av gjutjärnsdetaljer bedömer från fall till fall hur svetsningen ska ske. Det finns fler typer av belagda elektroder för reparation av gjutjärn samt även rörtråd, solidtråd och andra metoder men de avhandlas inte i denna text.

"All förvärmning ska ske långsamt, helst av hela detaljen i lämpliga ugnar. Man kan även förvärma lokalt i och runt själva svetsfogen."

SVETSREPARATION AV OKÄNT GJUTGODS

En detalj av okänt gjutjärn (gråjärn, segjärn eller aducerjärn) har lossnat från en större detalj. Det kan vara ett fäste av något slag. Försök till svetsreparation utan förvärmning kan ske enligt följande.

Fogberedningen genomförs med termisk mejsling och/eller slipning av båda delarna.

X-fog eller U-fog med större fogvinkel än normalt och med mjuka avrundande kanter är att föredra. Svetsningen av rotsträngen sker med belagda elektrod som ger ett svetsgods av ren nickel-typ. Svetsningen sker i 30 mm strängar där hela strängen hamras lätt, (varmsmide/peening), omedelbart efter svetsning. Detta sker med en specialpreparerad slagghacka med en ditsvetsad kula av hårt svetsgods.

Första och andra omgången svetsgods kan behövas slipas bort helt p.g.a. porositet från orenheter i grundmaterialet men när porfritt svetsgods uppvisas genomförs endast en lättare slipning av svetsgods för att jämna till svetsen och undvika eventuella bindfel. Svetssträngarna svetsas på varannan sida så att värmen balanseras och detaljen hamnar i rätt position. När sedan en till två strängade lager med ren nickel-svetsgods svetsats på vardera sidan om detaljen och detaljen riktats in en sista gång i rätt position kan resten av fogen svetsas med det mera hållfasta nickel-järn-svetsgods.

Fortfarande strängas bara ca 30–40 mm, som hamras och värmepåverkan balanserades genom att de båda sidorna svetsas varannan gång. Observera att innan en ny sträng svetsades på motstående sida ska föregående sträng svalnat så pass mycket att man kan sätta fingret på den utan att bränna sig.

Strängföljden bör genomföras och planeras så att maximal s.k. svetsnormalisering av gjutjärnet uppnås varvid naturligtvis sista strängen ska svetsas på befintligt svetsgods och inte direkt på gjutgodset.

Detalj till en äldre traktor vars spricka svetsreparats kallt med de belagda elektrodena CARBO Ni2 i roten, (ren nickel) samt CARBO NiFe 31 (nickel-järn).



Bild: Anders Lindquist

Johan Ingemansson

johan@svenskaelektrod.se
Svenska Elektrod AB