

**شرکت پترو پولاد پارس**  
**((سازنده سازه های سبک و سنگین فلزی))**



Petro Poulad Pars.Co

**بازرسی چشمی جوش**



- بازرسی چشمی ..... ۱
- ۱-۱- معرفی روش ..... ۱
- ۱-۲- تجهیزات ..... ۱
- ۱-۳- بازرسی قبل از جوشکاری ..... ۸
- ۱-۴- بازرسی در حین جوشکاری ..... ۸
- ۱-۵- بازرسی بعد از جوشکاری ..... ۱۲

## بازرسی چشمی

### ۱-۱- معرفی روش

بازرسی چشمی متداول ترین روش بازرسی غیرمخرب است که برای ارزیابی کیفیت قطعه جوش مورد استفاده قرار می گیرد. انجام آن ساده و هزینه آن نسبتاً پایین است، نیاز به تجهیزات خاصی ندارد و اطلاعات مهمی در مورد تطابق با مشخصات مورد نظر به دست می دهد. بینایی خوب بازرسی از ملزومات مهم این روش است.

بازرسی چشمی اولین مرحله بازرسی در هر یک از روش های غیرمخرب می باشد. این روش علاوه بر تشخیص عیوب، می تواند علائم مربوط به مشکلات احتمالی تولید در مراحل مختلف ساخت را تشخیص دهد و همچنین می تواند در برنامه های کنترل کیفیت مورد استفاده قرار گیرد. تشخیص صحیح و اصلاح عیوب یا اشکالات فرآیند می تواند موجب صرفه جویی عمده در هزینه ها شود. با بازرسی چشمی دقیق قبل، در حین و بعد از جوشکاری می توان ۸۰ تا ۹۰٪ ناپیوستگی ها را قبل از نیاز به روش های NDT پرهزینه تر تشخیص داد.

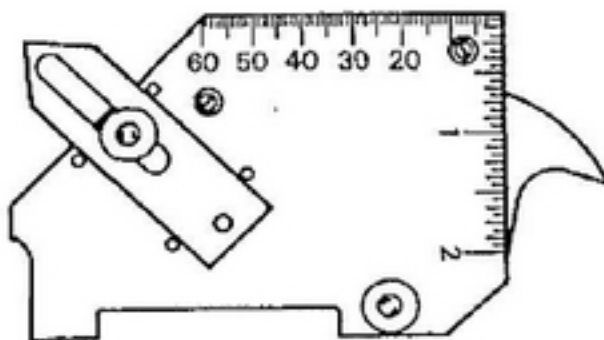
### ۱-۲- تجهیزات

وسایل کمکی چشمی و انواع گیج ها گاهی برای تسهیل تشخیص عیوب و اندازه گیری ابعاد جوش یا عیوب موجود در جوش مورد استفاده قرار می گیرند. جهت انجام صحیح این نوع بازرسی، روشنایی محیط باید به اندازه کافی باشد که در این راستا ممکن است از وسایل جانبی جهت ایجاد نور کافی استفاده شود. اگر محل مورد بازرسی به طور مستقیم قابل مشاهده نباشد، بازرسی می تواند از آینه، بوریسکوپ، چراغ قوه یا دیگر وسائل کمکی استفاده کند. در این مواقع باید توجه شود که ذره بین باعث اشتباه در تخمین اندازه عیوب نشود.

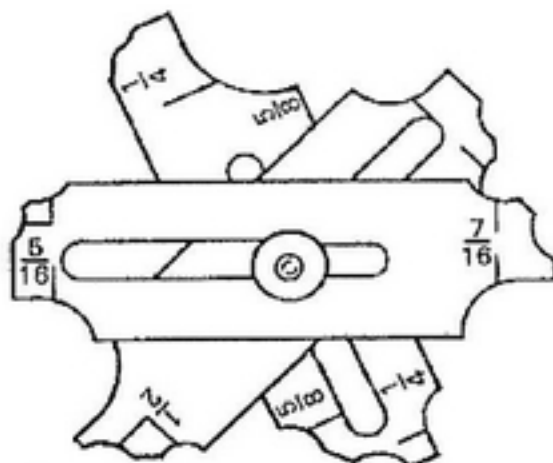
بازرسی قطعات جوش معمولاً شامل ارزیابی کمی و کیفی اتصال می شود. ابزارهای استاندارد متعددی جهت اندازه گیری هندسه اتصال و مونتاژ<sup>۱</sup>، ابعاد جوش و پیش آمدگی، انحراف، و عمق Undercut مورد استفاده قرار می گیرند. گیج های معمول در جوشکاری در شکل ۱ نشان داده شده اند. در برخی شرایط گیج های مخصوصی جهت اطمینان از حصول شرایط مورد نظر مورد نیاز است.

<sup>۱</sup> - Fit-up

شناساگرهایی مانند پیرومترهای تماسی<sup>۱</sup> و مدادهای مومی<sup>۲</sup> باید جهت اطمینان از دمای پیشگرم مناسب و دمای بین پاسی مناسب مورد استفاده قرار گیرند. جهت استفاده مناسب از ابزارهای کمکی چشمی و گیج ها باید بازرسی تحت آموزش درست قرار گیرد. [۱]



(A) Combination gage



(B) Fillet weld gage

شکل ۱: گیج های معمول مورد استفاده در بازرسی چشمی [۱].

• آشنایی با انواع گیج های جوشکاری و نحوه کار با آنها در بازرسی ابعادی جوش ها

برخی از کاربردهای گیج های جوشکاری عبارتند از:

۱- کنترل ابعادی قطعات و اتصالات مورد جوشکاری آماده شده

۲- کنترل سطوح شیب دار پخ خورده از نظر زاویه سطح

۳- کنترل فواصل لازم بین قطعات جهت مونتاژکاری آنها

<sup>۱</sup>- Contact Pyrometer

<sup>۲</sup>- Crayons

- ۴- کنترل هم سطح بودن یا نبودن قطعات قبل از مونتاژ یا جوشکاری
- ۵- کنترل ابعاد جوش های تکمیل شده طبق نقشه بعد از جوشکاری
- ۶- کنترل و اندازه گیری عیوب احتمالی بر روی سطح جوش ها از نظر طول، عرض و عمق آن ها.

البته گیج های مورد استفاده بسیار متنوع می باشد، گاهی گیجی را برای یک منظور به کار می برند و گاهی نیز از گیج هایی که چندین کار می توانند انجام دهند استفاده می شود. آنچه که مهم است دسترسی به اهداف فوق می باشد و باید در این راستا ابزار مناسب مربوطه را تهیه نمود [۲].

#### • انواع گیج های جوشکاری

##### ۱. گیج Fillet

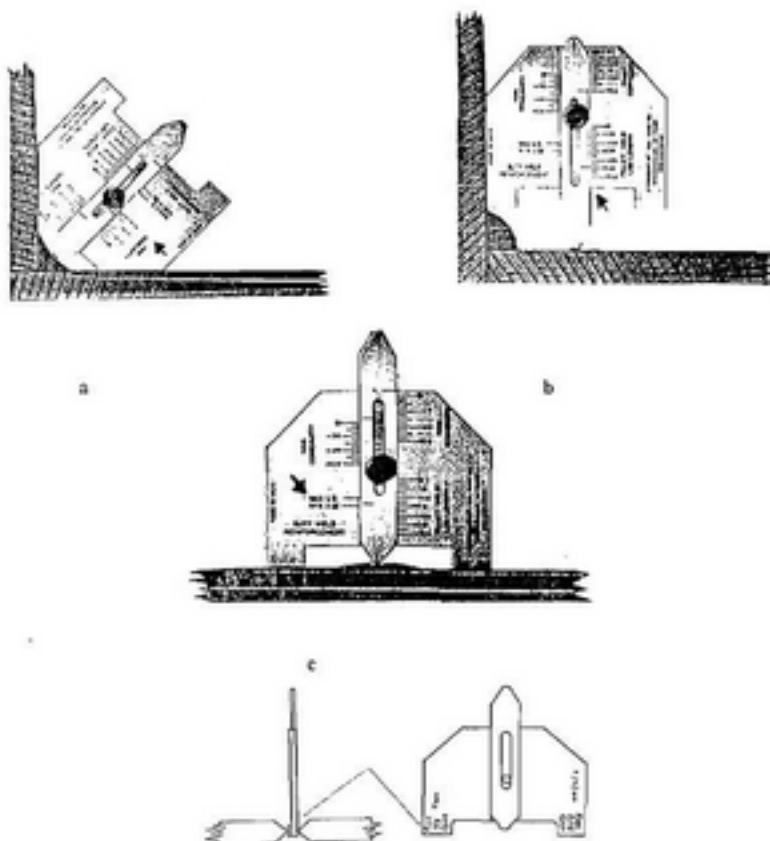
این گیج بیشتر برای اندازه گیری گرده های جوش با اندازه ۱ تا ۱/۸ اینچ به کار می رود. این گیج ها همچنین تحدب و تقعر گرده های جوش را نیز اندازه گیری می کند [۲].

##### ۲. گیج های چند منظوره

یک گیج چند منظوره قادر به انجام چندین اندازه گیری مانند اندازه گیری تحدب و تقعر جوش، گرده جوش و اندازه ریشه می باشد. از انواع آن می توان به گیج های AWS و Cambridge type اشاره کرد [۲].

##### ۳. گیج AWS

این گیج برای تعیین مشخصات جوش های گوشه ای و لبه ای کاربرد دارد. این گیج قادر به اندازه گیری تolerانس تحدب و تقعر جوش ها که از قبل برای آن تعیین شده است، می باشد. این گیج همچنین قادر به اندازه گیری گرده های جوش نیز می باشد.  
در شکل ۲ روش های مختلف کار با گیج AWS نشان داده شده است [۲].



شکل ۲: چگونگی اندازه گیری مشخصات جوش با گیج AWS [۲].

#### ۴. گیج Cambridge

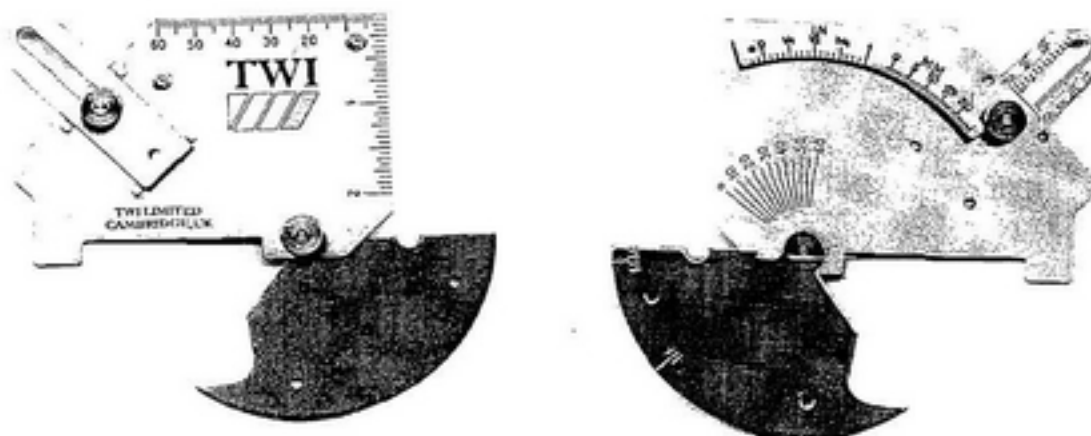
این گیج چند منظوره قادر به اندازه گیری موارد زیر در واحدهای اینچ و میلی متر می باشد:

- زاویه آماده سازی ( $0^\circ - 60^\circ$ )
- اضافه فلز جوش
- عمق Undercutها
- عمق حفره<sup>۱</sup>
- اندازه ریشه
- ارتفاع گرده جوش
- عدم هم تراز
- اندازه گلوله جوش گوشه ای

<sup>۱</sup> - Pitting

### طول گرده جوش

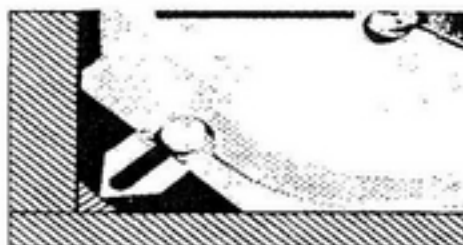
در اشکال ۴ و ۳ تصاویر این گیج و روش های استفاده از آن نمایش داده شده است [۲].



شکل ۳: گیج های Cambridge [۲].

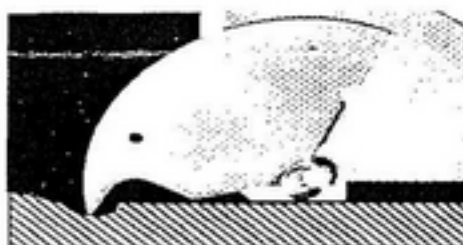


#### FILLET WELD THROAT



The small sliding pointer reads up to 20mm and  $\frac{3}{4}$ in. In measuring throat thickness it is assumed that the fillet weld has normal root penetration.

#### UNDERCUT



The presence of undercut may be indicated by depressing the pointed finger into the groove. Where this feature must be accurately measured, a special depth gauge will need to be used.

#### ANGLE OF PREPARATION



This scale reads from  $0^\circ$  to  $60^\circ$  in steps of  $5^\circ$ . The angle is read against the chamfered edge of the segment.

#### MISALIGNMENT



The scale is used to measure misalignment of components by placing the edge of the gauge on the lower one and rotating the segment until the pointed finger contacts the higher piece.

#### FILLET WELD LEG LENGTH/EXCESS WELD METAL



The scale is used to read off these dimensions up to a maximum of 25mm and 1in.



شکل ۴: روش استفاده از گیج Cambridge [۷].



## ۵. گیج Hi-Lo

این گیج که mismatch نیز نامیده می شود برای اندازه گیری هم ترازی داخلی اتصالات لوله به کار می رود. بعد از وارد کردن و قرار دادن گیج، پیچ انگشتی بسته و گیج درآورده می شود تا عدم هم ترازی معلوم شود.

این گیج می تواند برای اندازه گیری های زیر نیز به کار رود:

- ارتفاع گرده جوش
- عدم هم ترازی داخلی
- درز اتصال<sup>۱</sup>
- مسیر جوش در جوش های مدور
- ضخامت دیواره جوش [۲]
- آماده سازی



شکل ۵: گیج Hi-Lo [۲]

<sup>۱</sup> - Fit-up

### ۳-۱- بازرسی قبل از جوشکاری

بازرسی فلز پایه قبل از انجام جوش می تواند شرایط منجر به ایجاد نقص ها را مشخص کند. پوسته ها، درزها، لایه ها یا دیگر شرایط نامناسب سطحی را می توان با بازرسی چشمی تشخیص داد. امکان مشاهده تورق صفحه ها روی لبه های برش نیز وجود دارد. ابعاد مورد نظر باید توسط اندازه گیری های مختلف مورد تأیید قرار بگیرند. همچنین باید نوع و رده فلز پایه مشخص گردد و اصلاحات مورد نیاز قبل از ادامه کار صورت پذیرد.

بعد از نصب قطعات در محل لازم برای جوشکاری، بازرسی باید محل اتصال جوش را از نظر درز اتصال<sup>۱</sup>، آماده سازی لبه ها و دیگر مواردی که ممکن است کیفیت جوش را تحت تأثیر قرار دهند، بررسی کند. به خصوص، بازرسی باید شرایط زیر را برای تطابق با مشخصات مورد نظر بررسی کند:

۱- آماده سازی، ابعاد و تمیزی اتصال

۲- صحت ابعاد تسمه های پشتیبان<sup>۲</sup>، حلقه ها<sup>۳</sup> و یا ورودی های مصرفی

۳- جهت گیری<sup>۴</sup> و مونتاژ قطعاتی که باید جوش داده شوند.

۴- فرآیند و مواد مصرفی جوشکاری

۵- روش جوشکاری و تنظیمات دستگاهها

۶- دمای پیشگرم مشخص شده

۷- کیفیت مورد نظر جوش

گاهی بررسی مونتاژ جوش بی نظمی هایی در محدوده نظام نامه مشخص شده نشان می دهد. این موارد مهم بوده و برای ادامه مراحل بعدی باید به آنها توجه شود. به عنوان مثال، اگر در مونتاژ یک جوش گوشه، درز اتصال مشاهده شود در حالی که در نظام نامه مورد نظر مشخص نشده، پایه مجاور جوش گوشه باید به اندازه درز اتصال افزایش یابد [۱].

### ۳-۱-۴ بازرسی در حین جوشکاری

در حین جوشکاری، بازرسی چشمی روش اولیه جهت کنترل کیفیت است. برخی از مراحل تولید که می تواند با این روش کنترل گردد عبارتند از:

<sup>۱</sup>-Root Opening

<sup>۲</sup>-Backing strip

<sup>۳</sup>- Rings

<sup>۴</sup>- Alignment

- ۱- عملیات روی خال‌جوش‌ها<sup>۱</sup>.
  - ۲- کیفیت پاس ریشه و پاس‌های بعدی جوش
  - ۳- دمای پیشگرم و دمای بین پاسی کافی
  - ۴- ترتیب جوشکاری<sup>۲</sup>
  - ۵- تمیز کردن بین پاسی
  - ۶- آماده سازی ریشه قبل از جوشکاری طرف دوم
  - ۷- هماهنگی با دستورالعمل به کار گرفته شده
- بحرانی‌ترین قسمت هر جوش پاس ریشه آن است زیرا بسیاری از ناپیوستگی‌های جوش در این قسمت رخ می‌دهند. بازرسی چشمی مناسب پاس ریشه باعث می‌شود تا بسیاری از ناپیوستگی‌ها در جوش نهایی حذف شوند. وضعیت بحرانی دیگر ریشه زمانی پیش می‌آید که عملیات روی طرف دوم در اتصال‌های دوگانه جوش<sup>۳</sup> مورد نیاز باشد. در این موارد، باید زدودن سرباره و دیگر بی-نظمی‌ها توسط تراشه برداری<sup>۴</sup>، سوراخکاری قوسی یا سنباده زنی انجام گیرد. درزاتصال در حین انجام جوش در پاس ریشه باید مورد بررسی قرار گیرد و از مناسب بودن خال جوش، کلمپ‌ها یا Brace‌هایی که برای حفظ درزاتصال جهت نفوذ و جهت‌گیری مناسب اتصال قرار داده شده‌اند، اطمینان حاصل شود.
- در بازرسی پاس‌های بعدی جوش، معمولاً روی شکل خط جوش و تمیزی بین پاسی تمرکز می‌شود. گاهی این کار با کمک استانداردهای کیفیت کاری انجام می‌شود. نمونه‌هایی از این استانداردها در شکل ۶ نشان داده شده است.
- این استانداردها مقاطعی از اتصالات مشابه قطعات کار را نشان می‌دهند که در آن‌ها پاس‌های مختلف مشخص شده‌اند. هر پاس جوش مورد نظر را می‌توان با پاس مربوطه در استاندارد کیفیت کاری<sup>۵</sup> مقایسه کرد. یک نمونه کیفیت کاری فقط نشان دهنده شرایط ایده‌آل است و نمی‌تواند نشانگر شرایط واقعی کار باشد. به همین دلیل، باید ضرایب خطا برای ترانس تولید در نظر گرفته شود.

<sup>۱</sup>- Tack weld

<sup>۲</sup>- Sequence of Weld Process

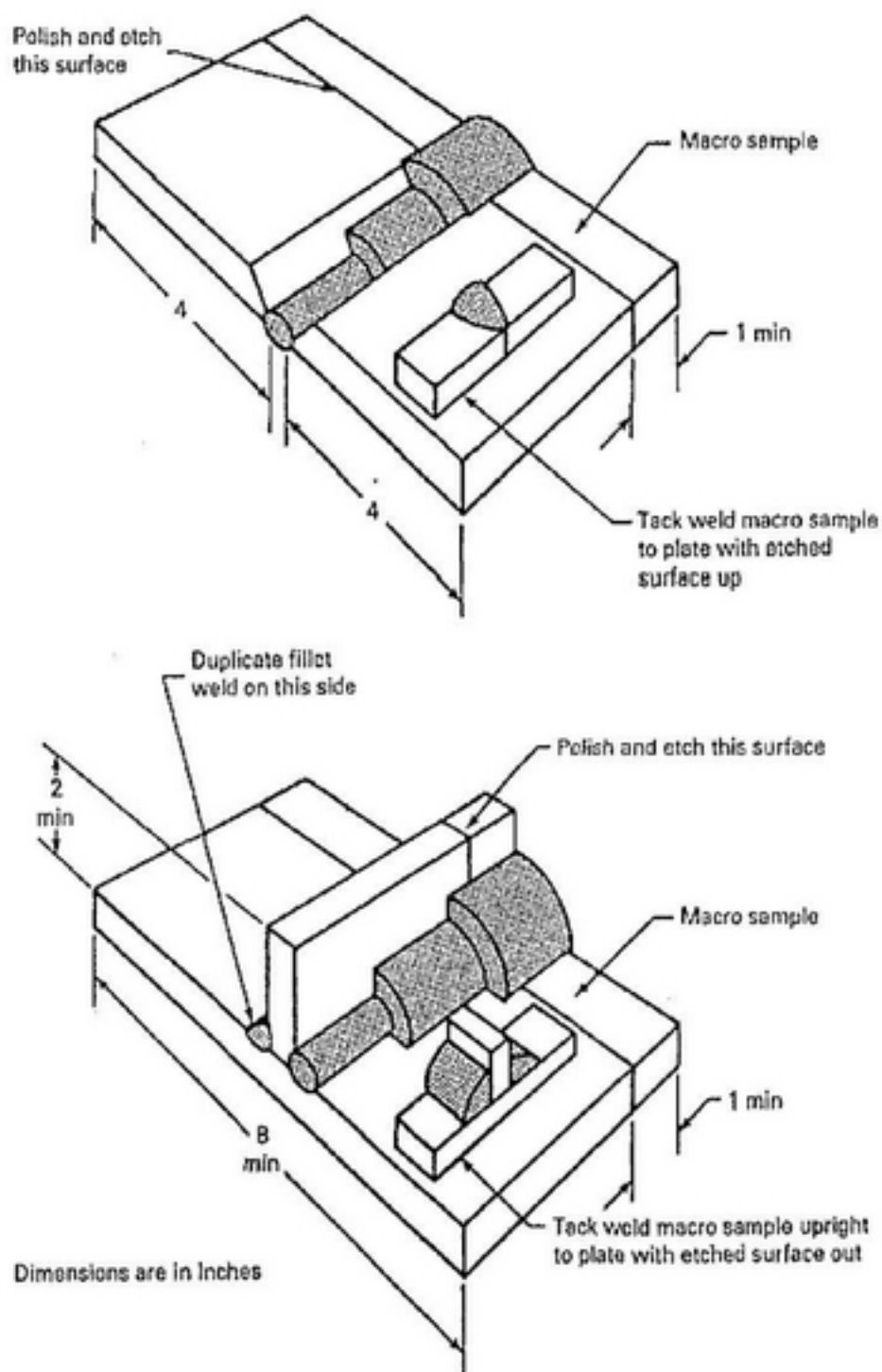
<sup>۳</sup>- Double Welding Joint

<sup>۴</sup>- Chipping

<sup>۵</sup>- Work Shop Standard

وقتی دماهای پیشگرم و بین پاسی مشخص می شود، باید دما، در زمان های مشخص به وسیله یک وسیله کنترل دمایی مناسب کنترل شود (مثلاً مداد شمعی یا پیرومتر). مقدار حرارت ورودی و ترتیب های مختلف هر پاس جوش را می توان جهت حصول خواص مکانیکی مورد نظر، محدوده تغییر شکل و یا هر دو تغییر داد.

برای اطمینان از کیفیت جوش در حین پیشرفت کار، هر پاس جوش باید به صورت چشمی توسط جوشکار کنترل شود تا بی نظمی های سطحی، مشخص و تمیزکاری سطحی کافی برای جلوگیری از ناخالصی های سرباره ای یا تخلخل انجام گیرد [۱].



شکل ۶ نمونه هایی از استانداردهای کیفیت کاری برای جوش های شیاری (بالا) و جوش های گوشه (پایین) [۱].

## ۵-۱- بازرسی بعد از جوشکاری

مواردی که بعد از جوشکاری توسط بازرسی چشمی باید بررسی شوند عبارتند از:

- ۱- ظاهر نهایی جوش
- ۲- ابعاد نهایی جوش
- ۳- مقدار جوش
- ۴- دقت ابعادی
- ۵- مقدار پیچیدگی<sup>۱</sup>
- ۶- عملیات حرارتی بعد از جوش

در بیشتر کدها و مشخصات، نوع و اندازه ناپیوستگی های مورد انتظار جوش ارائه شده است. بسیاری از ناپیوستگی های زیر، روی سطح جوش توسط بازرسی چشمی قابل تشخیص هستند:

- ۱- ترک ها
- ۲- Undercut
- ۳- همپوشانی
- ۴- ناخالصی های سرباره ای و تخلخل های قابل رویت
- ۵- پروفیل جوش غیرقابل قبول
- ۶- زبری وجوه جوش

برای تشخیص دقیق چنین ناپیوستگی هایی، سطح جوش باید به دقت از اکسید و سرباره تمیز شود. عملیات تمیزکاری باید به نحوی انجام شود که ناپیوستگی ها از دید پنهان نشوند. به عنوان مثال اگر یک چکش تراشه برداری برای حذف سرباره به کار می رود، اثر چکش می تواند ترک های ریز را از دید پنهان کند. Shot Blasting می تواند سطح فلز جوش نسبتاً نرم را پین کرده و عیوب موجود را پنهان کند.

دقت ابعادی قطعه جوش با روش های اندازه گیری معمولی تعیین می شود. هماهنگی اندازه جوش و تحدب و تقعر را می توان با استفاده از گیج مناسب مشخص کرد. اندازه جوش گوشه در اتصالاتی که اجزای آن زوایای قائمه یا نزدیک به قائمه دارند، به صورت طول پایه ها تعریف می شود. با به کارگیری گیج های مختلف می توان تعیین کرد که آیا طول پایه در محدوده مجاز هست یا خیر و اینکه آیا تحدب بیش از حد یا تقعر بیش از حد وجود دارد یا خیر. در مواردی که اجزا دارای

<sup>۱</sup>- Distortion



زوایای منفرد یا حاده هستند ممکن است از گنج‌های مخصوص جهت اندازه‌گیری استفاده شود. برای جوش‌های شیاری، ارتفاع گرده باید مطابق با شرایط مجاز باشد. در مواقعی که در نظام نامه یا دستورالعمل مشخص نشده باشد، بازرس می‌تواند با تکیه بر تجربه خود تصمیم بگیرد. ظاهر سطحی مورد نظر می‌تواند حالت‌های متنوعی داشته باشد. به طور عمومی، سطح جوش باید به صورتی باشد که در کد یا دستورالعمل ذکر شده است. می‌توان برای مقایسه ظاهر جوش از استانداردها یا جوش‌های نمونه که توسط سازنده تعیین شده و توسط خریدار نیز تأیید شده‌اند استفاده کرد. در برخی موارد که جوش بخشی از سطح نهایی است و در محصول به چشم می‌خورد، ظاهر خوب مطلوب است، بنابراین یک جوش صاف با اندازه یکنواخت مورد نیاز است. در یک نظام نامه ممکن است مقادیر جزئی Undersize, Undercut و تخلخل مجاز باشد. اما ترک، ذوب ناقص و چاله‌های انتهایی جوش پر نشده<sup>۱</sup> معمولاً مجاز نیست. Undercut، همپوشانی و پروفیل جوش نامناسب<sup>۲</sup>، تحت بارگذاری محل ایجاد تمرکز تنش بوده و در این مناطق تحت بارگذاری سیکلی امکان ایجاد ترک وجود دارد.

برخی فولادها همچون ASTM A514 و A517 مستعد ترک خوردگی با تأخیر<sup>۳</sup> هستند. کد مورد نظر این فولادها ممکن است قبل از بازرسی جوش در فولادهای حساس به ترک، تأخیر را توصیه کند.

وقتی عملیات حرارتی بعد از جوش توصیه شود، عملیات باید توسط بازرس بررسی و ثبت شود. موارد مهم جهت ثبت در عملیات حرارتی به شرح زیرند:

- ۱- سطحی که باید حرارت داده شود
- ۲- نرخ سرد و گرم کردن
- ۳- زمان و دمای نگهداری
- ۴- اندازه‌گیری دما و محل آن
- ۵- کالیبراسیون تجهیزات

در صورت کنترل کیفی جوش تنها بوسیله بازرسی چشمی، باید دقت زیادی وجود داشته باشد. ظاهر سطحی قابل قبول، دلیلی بر سالم بودن قطعه و معیار قابل اطمینانی برای سالم بودن

<sup>۱</sup>- Unfilled Crater

<sup>۲</sup>- Improper Weld Profile

<sup>۳</sup>- Delayed Cracking



جوش در زیر سطح نمی باشد. با این وجود، روش های مناسب بازرسی چشمی قبل و حین تولید می تواند ضریب اطمینان را نسبت به فرآیندهایی که فقط بازرسی نهایی می شوند افزایش دهد. [۱]



## مراجع:

1. "Inspection", AWS Handbook, 7<sup>th</sup> edition, vol. 5, chap. 9

۲. «بازرسی جوش»، جزوه آموزشی، مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران.