## طبقه بندی عیوب جوشکاری

## WELD DEFECTS CLASSIFICATION

### مقدمه

نقص یا ناپیوستگی زمانی عیب نامیده می شود که بعضی از خصوصیات از جمله : نوع، اندازه، پراکندگی یا موضع را بیش از حد مجاز استانداردها داشته و غیر قابل قبول باشد.

در آئین نامه جوشکاری سازه های فلزی (AWS D1.1) ناپیوستگی نوع ذوبی به آخال سرباره، ذوب ناقص و نفوذ ناقص اتلاق می شود. در بسیاری از آئین نامه ها و مقررات، نوع ذوبی را کمتر از ترک مورد توجه قرار می دهند ولی در برخی از استانداردها نه تنها ترک بلکه ذوب ناقص یا نفوذ ناقص را

نیز ممنوع می دانند.

قبل از آنکه عیوب جوشکاری گروه بندی شوند، توجه به چند تعریف در این زمینه ضروری می باشد.

### ناتمامی (Imperfection)

از نظر متالورژی، نا تمامی به یک نوع بی نظمی سه بعدی در شبکه اتمها اتلاق می شود که نظم ساختار شبکه را نسبت به حالت تعادل به هم می زند.

### ناپیوستگی (Discontinuity)

نایوستگی به مجموعه ای از ناتمامیها (مثل مرزدانه) گفته می شود که بطور عادی و با روشهای مرسوم و متداول بررسیهای غیر مخرب، قابل کشف نیستند.

### نقص (Flaw)

نقص به ناپیوستگی قابل کشف از طریق بررسیهای غیر مخرب یا مخرب اتلاق می شود که در شرایط عمومی موجب شکست سازه نمی گردد. بنابراین می تواند بدون تعمیر در سازه باقی بماند. امروزه بعضی از روشهای آزمونهای غیر مخرب (پرتونگاری و فراصوتی) قادرند حتی بعضی از نقصهای بی ضرر را در مناطقی مانند مرز دانه ها کشف نمایند که نیازمند مهارت و تجربه کافی در تفسیر می باشد.

## عیب (Defect)

عیب به نقصی گفته می شود که تحت شرایط عمومی یا قابل پیش بینی، بخاطر وجود آن احتمال شکست سازه وجود دارد. عیب، در حقیقت نقصی است که طبق کد یا مشخصات فنی قابل قبول نمی باشد. بنابراین یک ناپیوستگی مشخص ممکن است در یک سازه نقص و در سازه دیگری عیب محسوب شود.

نقص ها و عیوب منطقه جوش ممکن است دو بعدی (مثل ترک) یا سه بعدی (مثل منفذ و حفره) باشند. از نظر کلی، نقصهای دو بعدی خطرناک تر و تشخیص و ردیابی آنها نیز دشوارتر است. گرچه بایستی به خاطر داشت که هر دو نوع نقصهای دو بعدی و سه بعدی موجب تمرکز تنش می شوند که برای بارگذاری دینامیکی حائز اهمیت است. همچنین منفذها یا تخلخلهای اضافی بیانگر جوش ضعیف می باشند که ممکن است علاوه بر منفذ، نقصهای خطرناکتر دیگری را هم به همراه داشته باشند.

**نقصها را می توان به گروه کلی زیر تقسیم کرد :**

**الف- نقصهای مربوط به فرایند جوشکاری یا مربوط به دستورالعمل جوشکاری**

<u>دو بعدی</u>

عدم ذوب : ناشی از حرارت ورودی (Heat Input) ناکافی با توجه به شکل هندسی محل اتصال

عدم نفوذ :عدم ذوب کافی در فلز پایه

<u>سه بعدی</u>

منفذ : ناشی از حفاظت ضعیف ناحیه قوس، گازهای محافظ با کیفیت ضعیف

بریدگی کناره : ناشی از عدم مهارت کافی در جوشکاری

گرده اضافی : فلز جوش خیلی زیاد

نفوذ اضافی : حرارت ورودی بالا

## ب- نقصهای مربوط به متالورژی جوش

دو بعدی

ترک : ناشی از فرایند انجماد (سرد شدن حوضچه مذاب تا رسیدن به دمای اتاق) و قابلیت نرمی در دماهای بالا یا در درجه حرارتهای پایین.

سه بعدی

منفذ : وکنشهای با گاز محافظ یا سرباره، کاهش سریع در قابلیت انحلال گاز حین سرد شدن مذاب تا رسیدن به دمای انجماد.

## گروه بندی عیوب جوشکاری

عیوب جوشکاری را می توان به طبقه ها، دسته ها و گروه های گوناگونی از جنبه های مختلف تقسیم نمود. در استاندارد بین المللی (ISO 6520) عیوب جوش ذوبی به 6 گروه زیر تقسیم شده اند

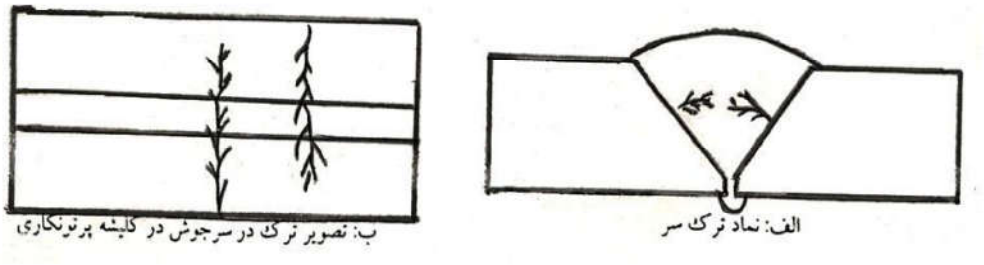
## 1 – ترک ها (Cracks)

ترک ناپیوستگی بوجد آمده بوسیله پارگی موضعی است، که می تواند ناشی ازسرد شدن یا تنش باشد. جوش و فلز پایه زمانی ترک می خورند که تنشهای موضعی بوجود آمده از مقاومت تسلیم فلز بیشتر شود. ترک خوردگی همواره با افزایش تنش در نزدیکی ناپیوستگیهای فلز جوش و فلز پایه یا نزدیک شیارهای مکانیکی که در طراحی اتصال پیش بینی شده اند، همراه است. تنشهای باقیمانده و هیدروژن از عوامل ایجاد ترکها به حساب می آیند.ترکهای ناشی از جوشکاری که ذاتا شکننده هستند در مرزهای ترک، تغییر شکل دائمی کمی نشان می دهند.

ترکها به دو دسته گرم و سرد تقسیم می شوند. ترک گرم در خلال انجماد مذاب، شکل می گیرد و ترک سرد (تاخیری) بعد از آنکه فرایند انجماد کامل شد شروع خواهد شد.

ترکهای سرد که بعضا ترکهای تاخیری نیز نامیده می شوند با هیدروژن شکننده ارتباط خاصی دارند.

ترکهای گرم در مرزدانه ها منتشر می شوند ولی ترکهای سرد هم در مرزدانه ها تشکیل می شوند و هم ممکن است از مرزدانه ها گذشته و گسترش یابند.




## محل استقرار ترکها (Crack Orientation)

ترکها بسته به راستای امتدادشان، طولی یا متقاطع (عرضی) نامیده می شوند. وقتی ترک موازی محور جوش باشد، صرفنظر از اینکه آیا در مرکز جوش در ناحیه تاثیر حرارت، ترک طولی می باشد. (Toe Crack) واقع شده است یا در پنجه ترکهای عرضی عمود بر محور جوشکاری می باشند. ابعاد این ترکها محدود است و کاملا در فلز جوش جای می گیرند و یا اینکه از فلز جوش به درون ناحیه ای از فلز پایه که تحت تاثیر حرارت قرار گرفته است و یا حتی در خود فلز پایه رسوخ می کنند.

**انواع ترکها به شرح زیر است :**

## 1- ترک ریز (Micro Cracks/Micro Fissures )

وقتی ترک ابعاد ریزی در حد میکروسکوپی داشته باشد به میکرو ترک یا میکرو فیشر موسوم است.

## 2- ترک طولی(Longitudinal Crack )

در فرایندهای جوشکاری زیر پودری که معمولا با سرعت زیادی همراه است به چشم می خورد و گاهی تخلخل که معمولا در ظاهر جوش قابل مشاهده نمی باشد در آنها روی می دهد. ترکهای طولی در جوشهای کوچک و کم حجم بین قسمتهای بزرگ و حجیم ناشی از آهنگ سریع سرد شدن و درگیری یا در مهار بودن قطعات است.

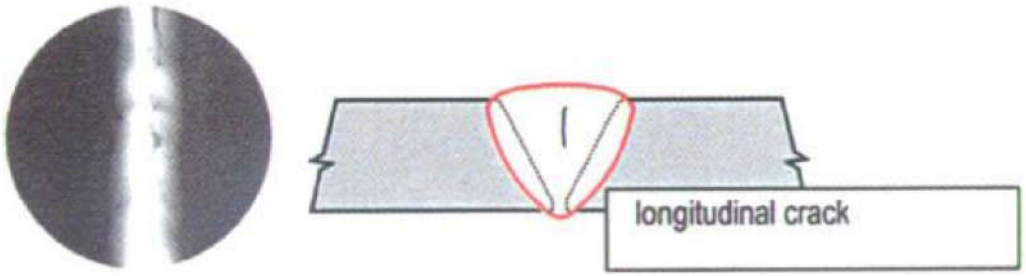
ترک طولی اساسا موازی با محور جوش است به چهار سورت واقع می شود :

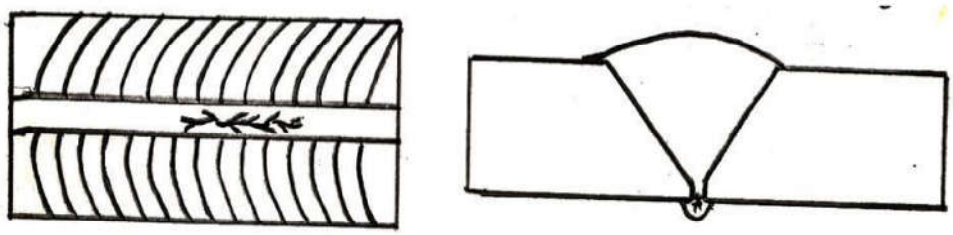
- در فلز جوش

- در مرز جوش

- در منطقه تاثیر حرارت

- در فلز پایه



## 3- ترک عرضی(Transverse Crack)

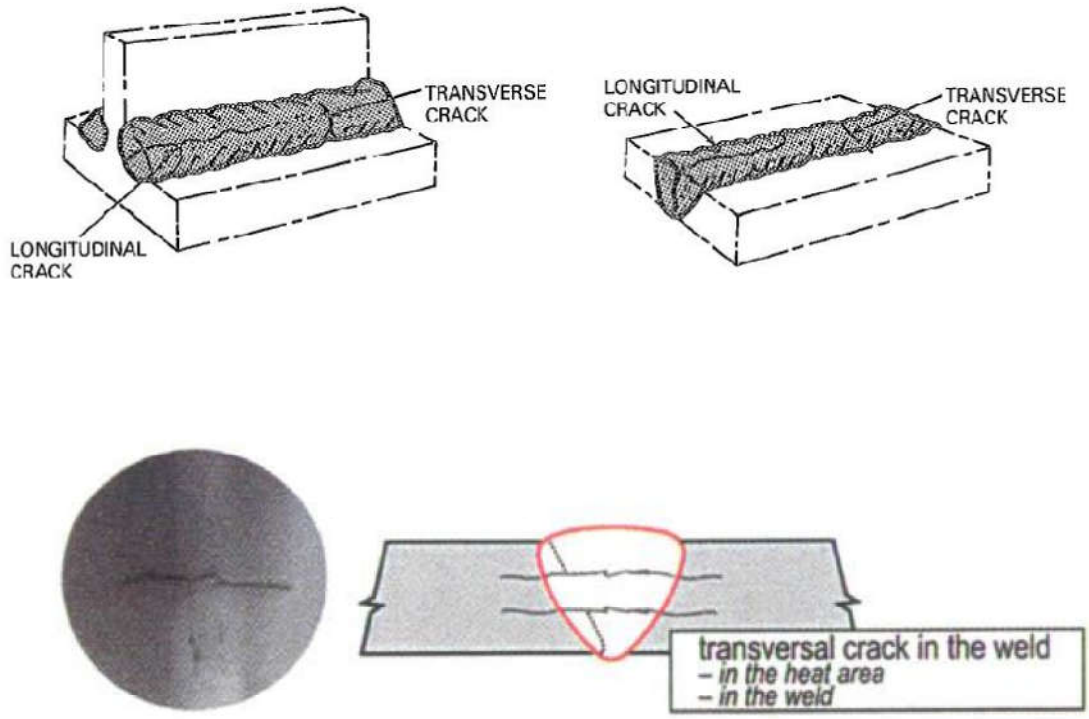
ترک عرضی اساسا عمود بر محور جوش است و بیشتر ناشی از تنشهای فشاری عمود بر جوشی که قابلیت نرمی زیادی ندارد، می باشد.

ترکهای عرضی ممکن است در مناطق زیر واقع شوند :

- در فلز جوش

- در منطقه تاثیر حرارت

- در فلز پایه




شکل 1- ترکهای طولی و عرضی در جوش نفوذی سربه سر و جوش گوشه ای

## 4- ترک های تشعشعی(Radiated Crack)

ترکهای تشعشعی ترکهای انتشار یافته از یک نقطه مشترک می باشند که در مناطق زیر ممکن است ایجاد شوند :

- در فلز جوش

- در منطقه تاثیر حرارت

- در فلز پایه

ترکهای تشعشی کوچک به ترکهای ستاره ای (Star Cracks) معروفند.

## 5 - ترک چاله جوش(Crater Crack)

ترک چاله، ترک انتهای خط جوش است و زمانی رخ میدهد که جوشکاری بدرستی و به خوبی به پایان نرسد. گاهی به این ترک نیز ترک ستاره ای اتلاق می شود.ترک چاله جوش، ترک انقباضی بوده و معمولا از قطع ناگهانی قوس ناشی می شود.

ترک چاله جوش

ترک در چاله جوش عمدتا به سه صورت زیر دیده می شود :

- طولی

- عرضی

- ستاره ای

## 6- گروه ترکهای منفصله (Group of Disconnected Cracks)

گروهی از ترکهای جدا از هم می باشند که ممکن است در نواحی زیر مشاهده شوند :

- در فلز جوش

- در منطقه تاثیر حرارت

- در فلز پایه

## 7- ترکهای انشعابی (Branching Cracks )

گروهی از ترکهای متصل به هم می باشند که منشا آنها یک ترک مشترک است و نسبت به ترکهای تشعشعی قابل تشخیص هستند. ترکهای انشعابی ممکن است در مناطق زیر واقع شوند :

- در فلز جوش

- در منطقه تاثیر حرارت

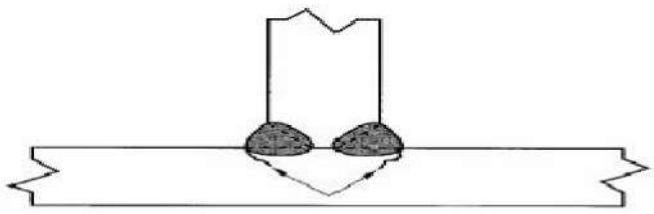
- در فلز پایه

## 8 - ترک گلویی (Throat Crack)

ترکهای طولی هم جهت با محور جوش در روی سطح آن هستند. ترک گلویی نه همیشه ولی اکثرا جزو ترکهای گرم به حساب می آید. این ترکها را صرفا در جوشهای گوشه ای(Fillet Welds) تعریف می کنیم.

## 9- ترک در پنجه (Toe Crack)

از دامنه جوش جایی که تنشهای فشاری متمرکزند، شروع به گسترش و اشاعه کرده و منشا پیدایش آن ممکن است هیدروژن باشد که در این صورت جزو ترکهای سرد خواهد بود.



**شکل -2 ترک در پنجه جوش در یک جوش گوشه ای**

## 10 - ترکهای زیر مهره ای (Under Bead Cracks)

ترکهای سردی هستند که در منطقه تاثیر حرارتی بوجود آمده و معمولا طول کمی دارند. گاهی ممکن است چند ترک زیر مهره ای به هم متصل شده و ترک متوالی تشکیل شود.

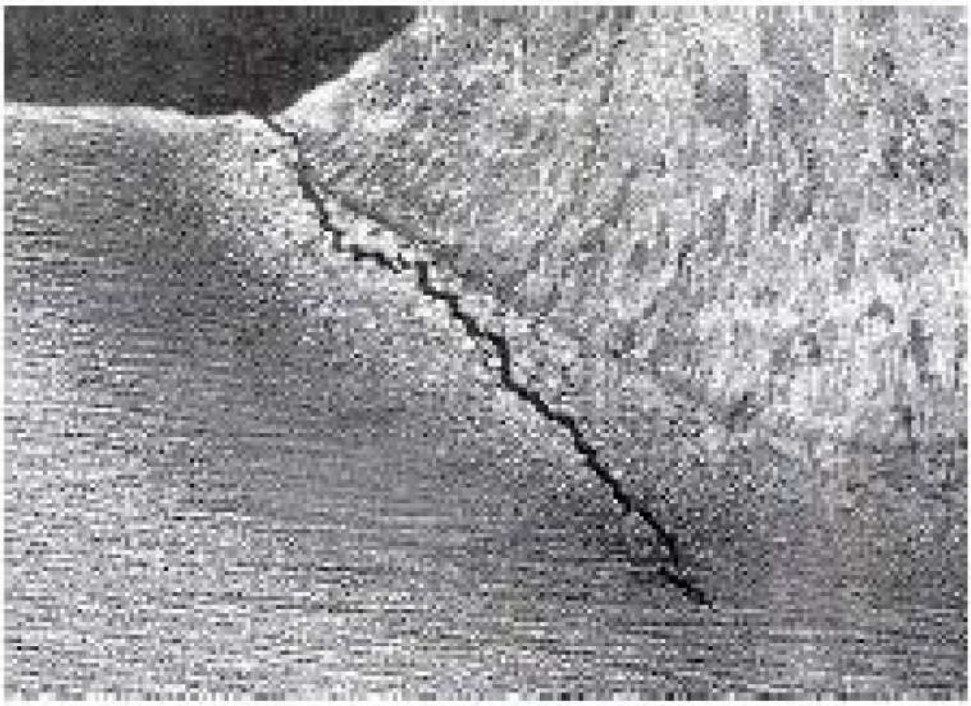
ترکهای زیر مهره ای زمانی خطر جدی محسوب می شوند که سه عامل زیر در آنها وجود داشته باشد :

- هیدروژن

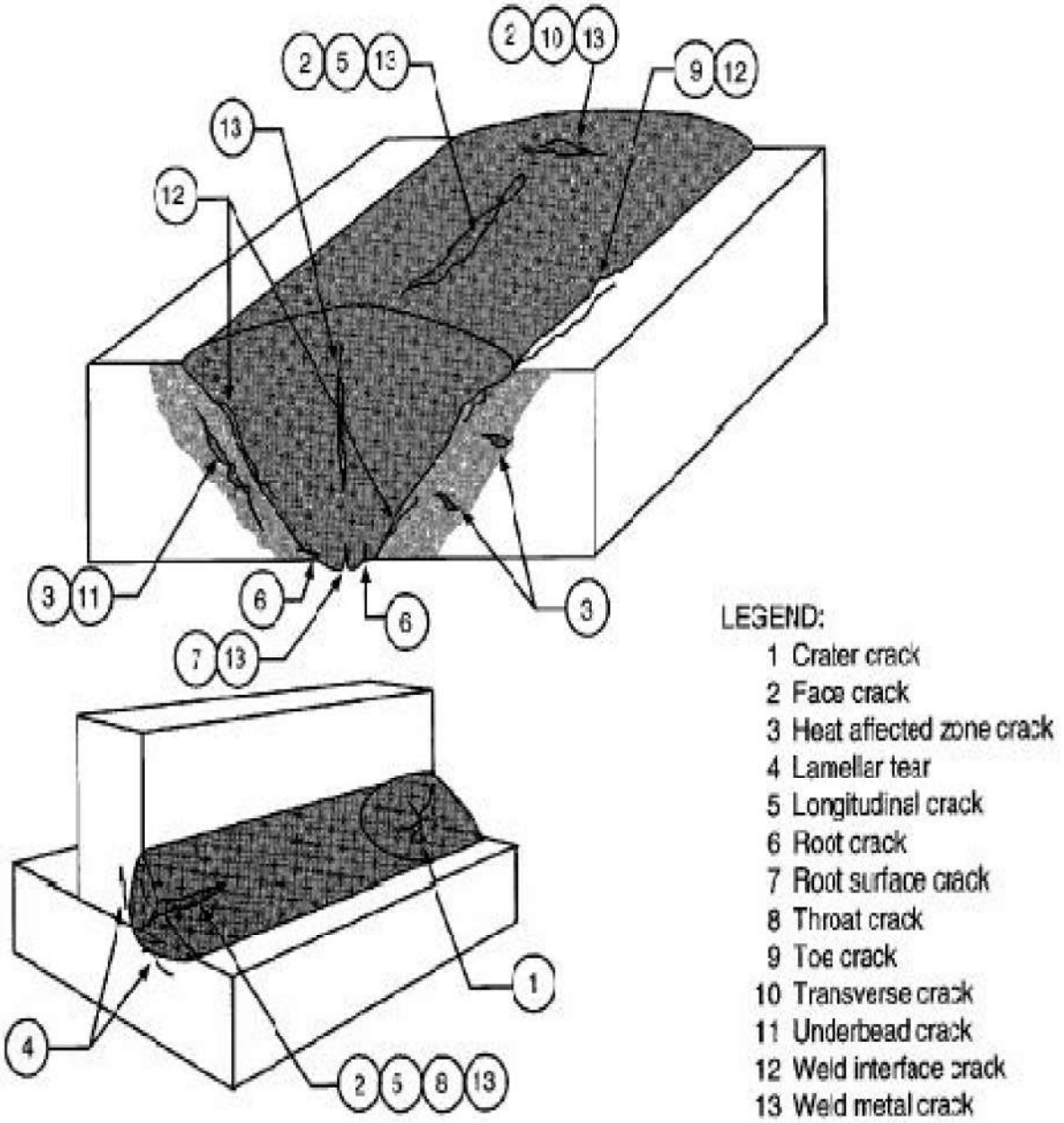
- ریز ساختاری سخت با قابلیت انعطاف بسیار کم

- تنش باقیمانده زیاد در محل مورد نظر

این ترکها هم بصورت طولی و هم عرضی یافت می شوند. آنها به فواصل معینی در زیر جوش و همچنین روی مرز دانه ها در منطقه تاثیر حرارتی جایی که تنشهای باقیمانده به حداکثر می رسد، مشاهده می شوند.



ترک زیر مهره



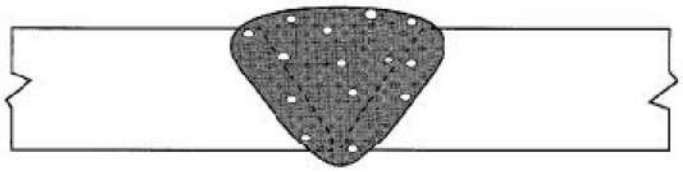

**شکل – 3 انواع ترکها از نظر شکل هندسی، موقعیت و جهت شکل گیری در قطعه جوشکاری شده**

## 2-حفره ها(Cavities)

حفره های گازی بوسیله حبس گاز در جوش تشکیل می شوند

### 1- منفذ گازی (Gas Pore)

منفذ تکی حبس شده در جوش اساسا به شکل کروی ظاهر می شود



**شکل -4 تعدادی از حفرات گازی منفرد کروی در مناطق گوناگون فلز جوش**

### 2- تخلخل (Porosity)

تخلخل در نتیجه حبس گاز هنگام سرد شدن جوش بوجود می آید. تخلخل معمولا کروی است ولی احتمال تخلخلهای طولی نیز وجود دارد.
حفره های گازی در قطعات چدنی شاید به شکل لایه به لایه نیز پیدا شوند. تخلخل هرچقد هم زیاد باشد، به اندازه ناپیوستگیهای تیز که موجب تمرکز تنش می شوند، خطرناک نخواهد بود. تخلخل زیادی نشانه آن است که عوامل جوشکاری، مواد مصرفی یا طراحی اتصال به درستی کنترل نشده است. یا فلز پایه آلوده و کثیف بوده و یا فلز پایه و فلز جوش با یکدیگر سازگاری کافی ندارند. تخلخل منحصرا ناشی از هیدروژن نیست ولی وجود تخلخل بیانگر وجود هیدروژن درجوش و ناحیه حرارت دیده است که در آلیاژهای آهنی احتمال ترک خوردن قطعه را زیاد می کند.

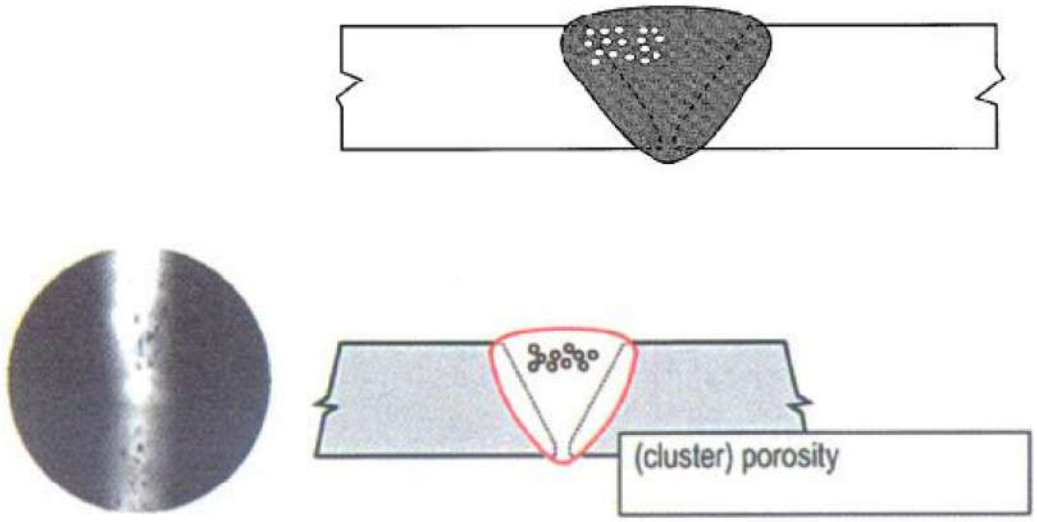
### 3- تخلخل با پخش یکنواخت (Uniformly Distributed Porosity)

تخلخل با پخش یکنواخت، تعدادی منفذ گازی پخش شده بصورت یکنواخت با الگوی پراکندگی همسان در سرتاسر فلز جوش است. اگر این گونه تخلخل در جوش بیش از حد وجود داشته باشد بیشتر به دلیل عیب روش جوشکاری یا نقص در مواد است. روش آماده سازی محل اتصال یا مواد

مصرفی می تواند در مواردی موجب بروز تخلخل شود. اگر جوشی آهسته تر از حد لازم سرد شود، حجم زیادی ازگازها حین انجماد خارج می شوند و در نتیجه حفره های کمی در جوش باقی خواهد ماند.

## 4- تخلخل خوشه ای (Cluster Porosity)

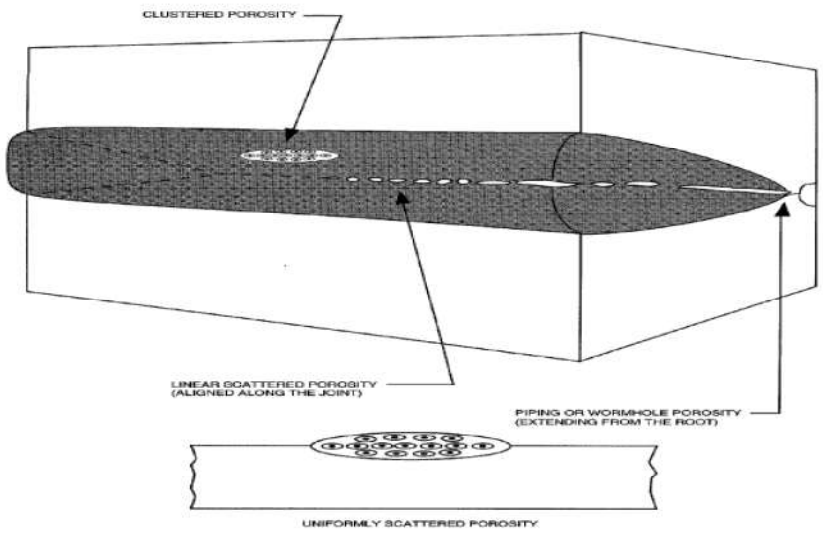
تخلخل موضعی یا خوشه ای، حفره هایی هستند که در یک محل مجتمع شده و اکثرا ناشی از برقراری و قطع نادرست قوس حین انجام عملیات جوشکاری می باشد.




**شکل -5 تخلخلهای خوشه ای متمرکز در ناحیه خاصی از فلز جوش**

## 5 - تخلخل خطی (Linear Porosity)

یکسری حفره های باریک می باشند که بیشتر در طول سطوح میانی جوش، گرده جوش یا نزدیک به ریشه جوش بوجود می آیند. تخلخل خطی، خطی از منفذهای گازی می باشد که بصورت موازی با محور جوش واقع شده اند. به هنگام جوشکاری به علت آلوده بودن محل، گازهای حاصله به وضعیتهای فوق الذکر رانده می شوند




**تخلخلهای خطی و خوشه ای در یک قطعه جوشکاری شده**

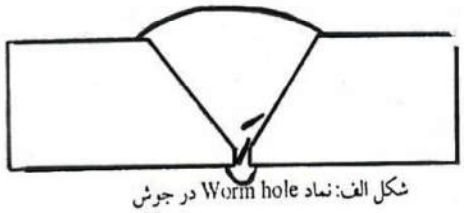
## 6- تخلخل لوله ای(Piping Porosity)

تخلخل لوله ای یا حفره طویل شده (Elongated Cavity) حفره ای گازی و طویل است این حفره غیر کروی بزرگ، بعد بزرگش تقریبا موازی با محور جوش است. تخلخل لوله ای در جوشهای گوشه ای از ریشه بطرف سطح جوش امتداد دارد. وقتی که یک یا دو حفره در سطح جوش مشاهده شود، سنگ زنی دقیق می تواند تخلخلهای زیر سطحی را نیز آشکار سازد. بخش عمده این تخلخلها کاملا تا سطح جوش امتداد پیدا نمی کنند.

## 7- سوراخ کرمی (Worm Hole)

حفره ای لوله ای شکل در فلز جوش و ناشی از آزاد شدن گازهاست. شکل و موقعیت سوراخهای کرمی بوسیله حالت انجماد و منابع گاز تعیین می شود. حفره های لوله ای به خوشه ای و جناغی دسته بندی می شوند.

شکل ب: نماد Worm hole در جوش کلیشه پرتونگاری



شکل الف: نماد Worm hole در جوش

## 8 - منافذ سطحی (Surface Porosity)

منافذ کوچک گازی هستند که به سطح فلز جوش راه پیدا کرده اند و قابل مشاهده می باشند.

## 9- حفره انقباضی (Shrinkage Cavity)

حفره ای ناشی از انقباض حین فرایند انجماد فلز جوش تا رسیدن به دمای اتاق است.

## 10 - انقباض بین شاخه ای (Interdendritic Shrinkage)

حفره انقباضی طویل شده می باشد که بین ساختار دندریتی که احتمالا گاز حبس شده است تشکیل گردیده است. چنین عیبی عمود بر رویه جوش پیدا می شود.

## 11- انقباض ریز(Micro Shrinkage)

انقباض ریز، حفره انقباضی است که فقط زیر میکروسکوپ دیده می شود. انقباض ریز بین شاخه ای حفره انقباضی ریز بین شاخه ای است که فقط زیرمیکروسکوپ دیده می شود.

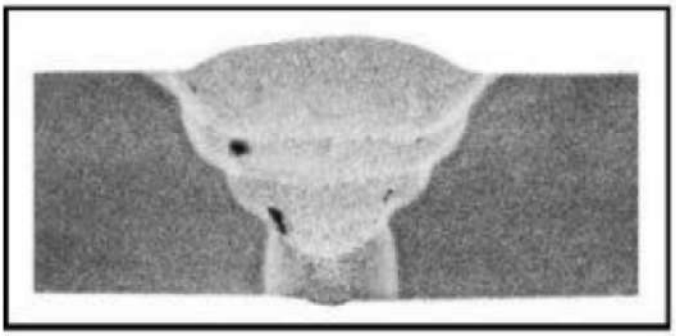
## 12- حفره لوله ای چاله جوش (Crater Pipe)

حفره لوله ای چاله جوش، تورفتگی انتهای پاس جوش است که قبل یا حین جوشکاری پاسهای بعدی حذف نشده است.

## 3- آخال توپر(Solid Inclusion)

آخال توپر مواد خارجی جامد حبس شده در فلز جوش می باشد.

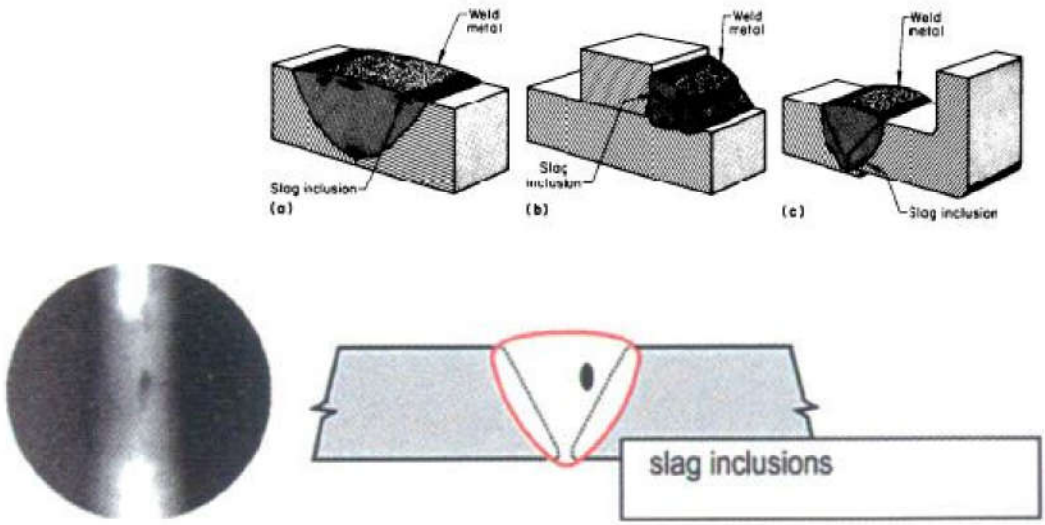
آخالها عبارتند از ناخالصیها یا مواد خارجی که حین فرایند جوشکاری داخل حوضچه مذاب می شوند. آخال موجب تضعیف جوش می گردد.



به عنوان نمونه آخال سرباره را می توان نام برد یعنی سرباره ای که بطور طبیعی برای محافظت فلز داغ روی جوش تشکیل می شود ممکن است در داخل جوش محبوس گردد. اگر الکترود به درستی نوسان داده نشود، نیروی قوس بعضی از ذرات سرباره را به داخل حوضچه مذاب می فرستد. به هنگام انجماد فلزات مذاب چنانچه این آخالها به خارج حوضچه مذاب شناور نشوند، در فلز محبوس مانده و جوش را معیوب می کنند. وجود آخال در جوشکاری سقفی احتمال بیشتری دارد زیرا در این نوع جوشکاری به منظور جلوگیری از ریزش فلز مذاب سعی می شود حوضچه مذاب خیلی سیال نباشد و سریعتر منجمد شود. با این وجود چنانچه الکترود حین انجام عملیات جوشکاری به درستی نوسان داده شود، و یا از الکترود مناسبی استفاده شود و شدت جریان جوشکاری به درستی تنظیم شود، می توان از آخال جلوگیری نمود یا مقدار آنرا تقلیل داد.

## 1- آخال سرباره (Slag Inclusion)

مواد غیر فلزی جامدی هستند که در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز پایه حبس شده اند و بیشتر در جوشهایی که با فرایندهای قوسی دستی یا زیرپودری جوشکاری شده اند، یافت می شود. در کل آخالهای سرباره بر اثر عیوب تکنیک جوشکاری، عدم طراحی مناسب اتصال و یا عدم تمیزکاری سطح جوش بین دو پاس پدید می آید. معمولا سرباره مذاب به سمت سطح جوش حرکت می کند.
شیارهای تیز در سطوح میانی جوش یا بین پاسها سبب حبس سرباره در زیر فلز مذاب جوش می شوند. آخال سرباره بسته به وضعیت تشکیلش ممکن است به صورتهای گوناگونی از نظر پراکندگی و محل تشکیل در نزدیکی اتصال باشد.




**شکل -7 انواع محلهای تشکیل آخالهای سرباره در منطقه جوشکاری**

## 2- آخال پودر (Flux Inclusion)

پودر حبس شده در فلز جوش است. آخال پودر بسته به وضعیت می تواند بصورتهای زیر باشد :

- خطی

- منفرد

- انواع دیگر

## 3- آخال اکسیدی (Oxide Inclusion)

آخال اکسیدی، اکسید فلزی حبس شده در فلز جوش حین انجماد است

## 4- چروک خوردگی (Puckering)

چروک خوردگی در بعضی حالات، خصوصا در آلیاژهای آلومینیوم مشاهده می شود که عمدتا در این مورد، محافظت غیر رضایت بخش از آلودگی جوی و تلاطم در حوضچه مذاب و تشکیل قشر اکسیدی، می تواند باعث پیدایش چروک خوردگی شود

.

## 5 - آخال فلزی(Metallic Inclusion)

آخال فلزی، ذره ای از فلز خارجی حبس شده در فلز جوش است. ذره ممکن است از جنس های زیر باشد :

- تنگستن

- مس

- فلزهای دیگر

## 6- آخال تنگستن(Tungsten Inclusion)

ذرات تنگستنی محبوس شده در فلز جوش جوشکاری قوسی تنگستنی با الکترود تنگستنی برای برقراری قوس بین الکترود و جوش می باشد و مشخصه بارز فرایند جوشکاری با قوس تنگستنی(GTAW) به حساب می آید. در این فرایند از الکترود تنگستنی برای برقراری قوس بین الکترود و جوش یا فلز پایه استفاده می شود. اگر الکترود تنگستنی در مذاب فرو رود یا اینکه جریان قوس آنقدر بالا رود که تنگستن ذوب شده و قطره قطره در حوضچه جوش فرود آید، آخالهای تنگستنی حاصل خواهد شد. آخالهای تنگستنی روی فیلمهای پرتونگاری بصورت علائم و نقاط خیلی روشن دیده می شوند زیرا چگالی تنگستن بیشتر از فولاد یا آلومینیوم است. در نتیجه اشعه را بیشتر جذب خواهد کرد. تقریبا مابقی ناپیوستگیها و عیوب در آزمون پرتونگاری به شکل نقاط تیره و تاریک مشاهده می شوند.

## 4- نفوذ ناقص (Lack of Penetration) و ذوب ناقص (Lack of Fusion)

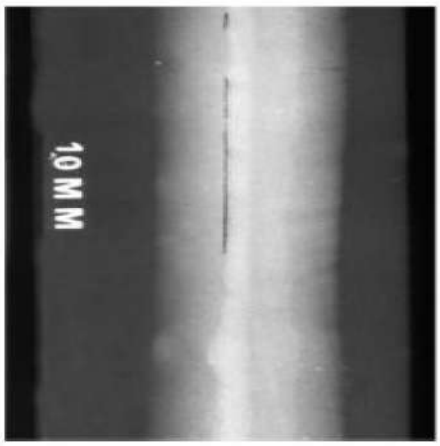
ذوب ناقص یا نفوذ ناقص در ریشه جوش یکی از عیبهای مهم به شمار می آید. این عیب حاکی از آن است که فلز ذوب شده با فلز پایه در ناحیه ریشه، جوش نخورده است. وجود این عیب مقاومت جوش را شدیدا کاهش داده و اتصال را غیر قابل اعتماد می سازد و به علاوه خود، تنشهایی را تولید می کند که بیش از پیش مقاومت جوش را در مقابل نیروهای خارجی می کاهد. ذوب نشدن و نفوذ نکردن ریشه، نشانه آن است که شدت جریان جوشکاری کافی نبوده یا حرکت الکترود حین جوشکاری سریع بوده است یعنی در هر حال فلز حرارت کافی ندیده تا در محل مورد نظر ذوب شود.

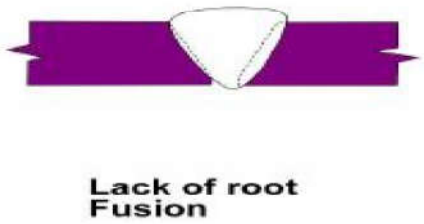
اگر زاویه پخ لبه ها کوچک باشد گرم کردن فلز پایه در ناحیه ریشه جوش مشکل بوده و ممکن است باعث بروز این عیب شود. همچنین پاک نبودن لبه کار و نفوذ ناخالصیها در جوش ممکن است سبب جلوگیری از ذوب شدن و نفوذ کردن در ریشه شود. این عیب را با نگاه کردن به پشت جوش در صورت دسترسی می توان دید. اگر این عیب از اندازه مجاز بیشتر باشد بایستی محل معیوب تعمیر گردد.

## 1- ذوب ناقص(Lack of Fusion)

ذوب ناقص، عدم یکپارچگی بین فلز جوش و فلز پایه یا فلز جوش با فلز جوش است. این عیب به یکی از صورتهای زیر ظاهر می شود :

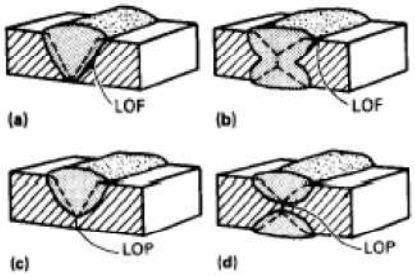
- ذوب ناقص دیواره جانبی
- ذوب ناقص بین پاسی
- ذوب ناقص در ریشه

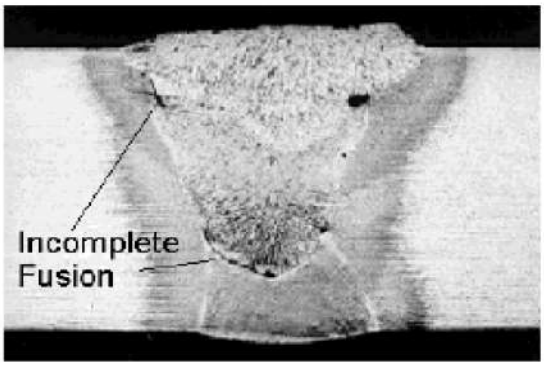



ذوب ناقص نتیجه تکنیک نادرست جوشکاری، آماده سازی غلط فلز پایه یا طرح اتصال نامناسب است. علت ذوب ناقص (عدم ادغام کامل) عبارتست از کمی حرارت جوشکاری یا فقدان راهیابی به

همه سطوح ادغام یا هر دوچسبندگی شدید اکسیدها حتی اگر مسیر مناسبی جهت دستیابی به سطوح فراهم شود و حرارت کافی تامین شود باز هم مانع ادغام کامل خواهد شد.

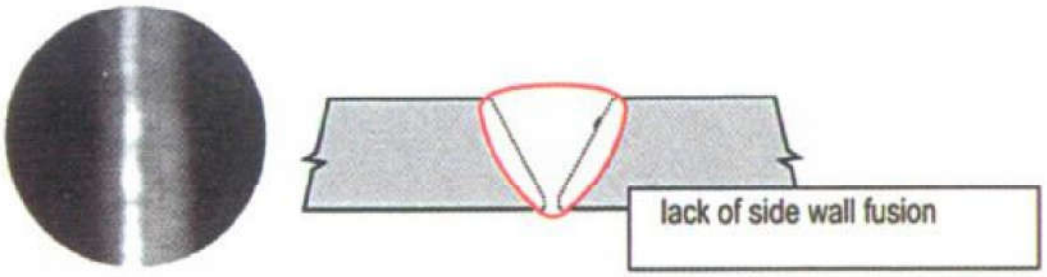



**شکل -8 عدم ذوب و عدم نفوذ کافی در قطعه جوشکاری شده**

## 2- ذوب نشدن لبه جوش(Lack of side wall fusion)

این عیب ممکن است در نتیجه جوشکاری با شدت جریان کم یا حرکت سریع الکترود در فرایندهای چند پاسه پدید آید. یعنی فلز الکترود ذوب شده روی فلز پایه که هنوز به اندازه کافی گرم نشده است می ریزد و در نتیجه لبه های فلز پایه خوب جوش نمی خورد.



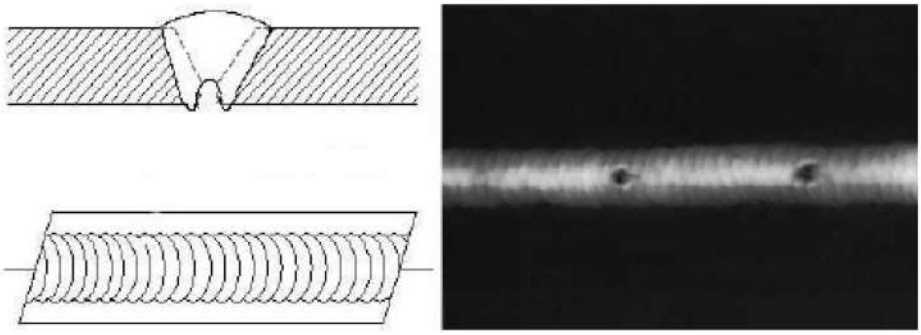

در این محلها نیروهای چسبندگی بین فلز جوش و فلز پایه ناچیز بوده و گرده ذوب شده ممکن است به آسانی از لبه قطعه جدا شود. این عیب را می توان با پرتونگاری با اشعه ایکس یا گاما آشکار نمود. در صورت بروز این عیب محل معیوب سوهان خورده، سنگ زده شده و جوش ترمیم می شود

## 3- نفوذ ناقص (Lack of Penetration)

نفوذ ناقص، عدم ذوب بین فلز پایه و فلز پایه بخاطر نرسیدن فلز جوش به داخل ریشه اتصال است. در این حالت هیچیک از دیواره های دو طرف قطعه از قبل ماشینکاری شده ذوب نخواهد شد و بدون تغییر ناشی از ذوب و حرارت باقی خواهد ماند.

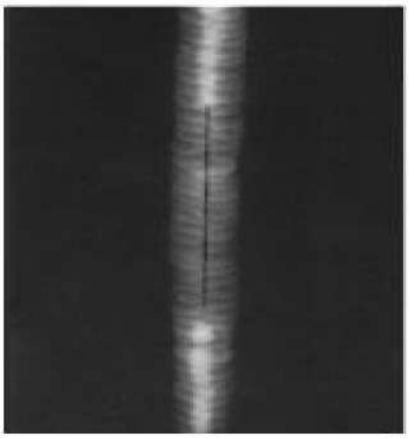
نقطه ای که عدم نفوذ و ادغام در آن روی داده است با ناپیوستگی به نام نفوذ ناقص معرفی می شود. حرارت ناکافی، طرح اتصال نامطلوب یا هدایت جانبی قوس جوشکاری به شکل نادرست، از جمله عواملی هستند که موجب بروز نفوذ ناقص می شوند. بعضی فرایندها نسبت به بعضی دیگر قادرند نفوذ بیشتری ایجاد کنند.

اتصالاتی که باید از هر دو طرف جوشکاری شوند، بعد از جوشکاری یک طرف و قبل از جوشکاری طرف دیگر، برای اطمینان از عدم نفوذ ناقص آنرا می توان شیارزنی(Back Gouging) نمود. جوشهای لوله، خصوصا در معرض چنین ناپیوستگی هستند زیرا اکثر اوقات دسترسی به داخل لوله مقدور نمی باشد. در چنین مواردی طراحان عمدتا برای کمک به جوشکاران تسمه یا پشت بند های مصرفی را پیشنهاد می کنند. جوشهایی را که باید نفوذکافی داشته باشند بوسیله بعضی بازرسیهای غیر مخرب آزمایش می کنند. این مسئله در مورد پلها، خطوط لوله، قطعات تحت فشار و کاربردهای هسته ای صدق می کند.



مقدار نفوذ لازم در هر اتصال در نقشه ها معین می شود. بدست آوردن نفوذ لازم بستگی به قابلیت دسترسی منبع حرارتی و فلز پر کننده به محل جوشکاری دارد. نفوذ ناقص ممکن است از طراحی نادرست درز جوش ناشی شود. بسیاری از طراحان برای اطمینان از عدم وجود نواحی با نفوذ ناقص در ریشه جوش، شیار زنی صد در صد پشت جوش و جوشکاری مجدد را تجویز می کنند. در ساختمان پلها، اتصال جوشی که مقدار معینی نفوذ داشته باشد، از نظر طراحی مورد قبول نیست مگر آنکه با

انجام آزمایشات غیر مخرب از سلامت جوش اطمینان حاصل شودمنظور از شکل ناقص، شکل ناقص سطح خارجی جوش یا نقص در شکل هندسی اتصال است.



## 5-شکل ناقص(Imperfect Shape)

### 1- بریدگی کناره (Undercut)

بریدگی کناره، شیاری در پنجه یا در ریشه زنجیره جوش ناشی از جوشکاری است. بریدگی کناره می تواند پیوسته یا منقطع باشد. بریدگی کناره جوش معمولا بر اثر تکنیک اشتباه جوشکاری یا به علت زیادی شدت جریان جوشکاری یا هر دو اتفاق می افتد. بریدگی کناره جوش، شیاری است درون فلز پایه که کنار پنجه یا ریشه جوش ذوب گردیده و با فلز جوش پر نشده است.

این بریدگی شیاری مکانیکی ایجاد می کند که متمرکز کننده تنشها می شود. اگر عوامل موثر در تشکیل بریدگی کناره جوش کنترل شوند و شیارعمیق و تیز بوجود نیاید، این عیب برای بارگذاری استاتیک نگران کننده نخواهد بود.

بریدگی کناره جوش

## 2- پرنشدگی (Underfill)

پر نشدگی عبارتست از فرو رفتگی سطح جوش که تا پایین تر از لبه قطعه کار امتداد داشته باشد. این عیب در اثر عدم دقت جوشکار در پر کردن کامل طرح اتصال بوجود می آید

## 3- شیار انقباضی (Shrinkage Groove)

شیار انقباضی، شیار کم عمق در ریشه جوش ناشی از انقباض در فلز جوش در طول هر طرف جوش نفوذی است

## 4- فلز جوش اضافی (Excess weld metal)

فلز جوش اضافی مربوط به رویه جوش لب به لب است. گرده جوش تنها یک ضریب اطمینان برای افزایش استحکام مکانیکی جوش است و اندازه بیش از حد آن می تواند اثرات منفی نیز به همراه داشته باشد.

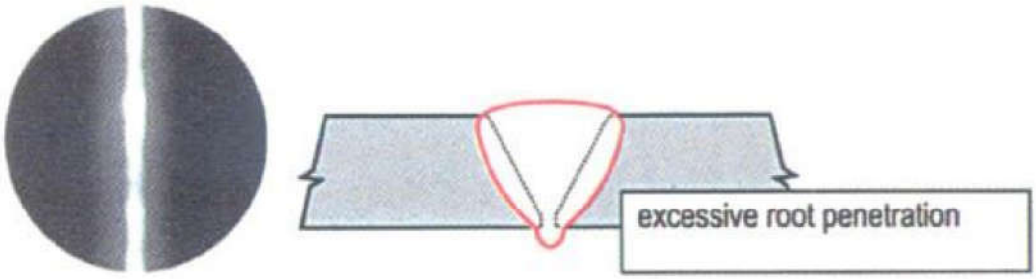
## 5- تحدب اضافی(Excessive Convexity)

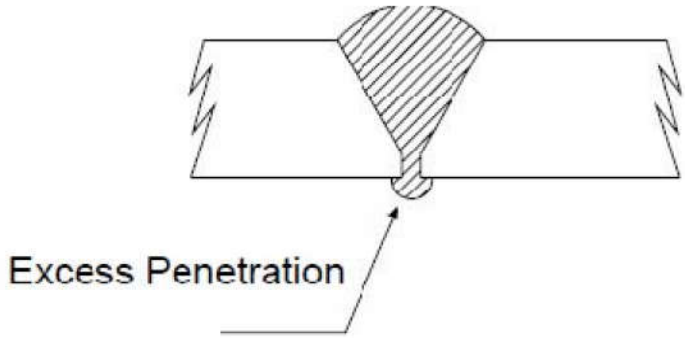
تحدب اضافی، فلز جوش اضافی در رویه جوش گوشه ای است. حداکثر فاصله عمودی بین کمان گرده جوش گوشه ای تا خطی که شیبهای دو طرف را به هم وصل می کند (وتر مثلث جوش) ، تحدب نامیده می شود. این عیب صرفا مختص جوشهای گوشه ای است و در سایر انواع طرح اتصال مطرح نمی باشد.

## 6- نفوذ اضافی (Excessive Penetration)

نفوذ اضافی، فلز جوش اضافی بیرون زده از ریشه جوش یک طرفه یا بیرون زده از فلز جوش قبلی اتصال یک یا چند پاسه است.

بیرون زدگی موضعی(Local Protrusion) نفوذ اضافی موضعی است.



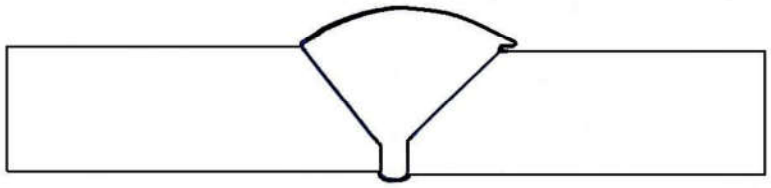

## 7- نیمرخ نادرست جوش(Incorrect Weld Profile)

نیمرخ نادرست جوش، خیلی کوچک بودن زاویه بین سطح فلز پایه و سطح مماس به مهره جوش در پنجه جوش است.

هر چه زاویه بین این دو سطح کمتر باشد، منطقه تیز با شیب تندتری ایجاد شده و بنابراین مستعد به تمرکز تنشهای نامطلوب بوده و استحکام مکانیکی را دچار کاهش شدیدی خواهد کرد.

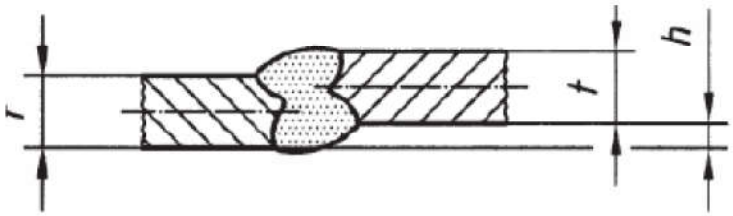
## 8 – رویهم افتادگی (Overlap)

رویهم افتادگی، فلز جوش اضافی در پنجه جوش است که روی سطح فلز پایه را پوشانیده بدون آنکه آمیختگی با آن داشته باشد. یا به عبارت بهتر به حالتی گفته می شود که لبه کناری جوش بیش از حد متعارف بر روی سطح قطعه کار و لبه اتصال پیشروی نماید و بر اثر عواملی همچون عدم کنترل عوامل جوشکاری و پارامترهای الکتریکی از قبیل شدت جریان و ولتاژ جوشکاری، انتخاب نادرست مواد مصرفی جوش یا آماده سازی نامناسب سطح فلز پایه روی می دهد.اگر اکسیدها محکم به فلز پایه چسبیده باشند بطوریکه از ادغام و امتزاج جلوگیری نمایند این حالت قابل پیش بینی است. سر رفتن جوش، انفصالی سطحی است که شیار مکانیکی تشکیل می دهد و تقریبا همیشه از نظر بازرسین غیر قابل قبول است



## 9- عدم همترازی خطی(Linear Misalignment)

عدم همترازی خطی، عدم همترازی بین دو قطعه جوش داده شده به هم است. بطوریکه با وجود موازی بودن پلانهای سطحشان، دو قطعه همتراز نیستند




## 10 – عدم همترازی زاویه ای(Angular Misalignment)

عدم همترازی زاویه ای، در حالتی رخ می دهد که پلان سطوح دو قطعه که به هم جوش می شوند با یکدیگر موازی نباشد. یعنی از ابتدا نسبت به هم تحت زاویه خاصی قرار گرفته اند.

## 11- گود افتادگی(Sagging)

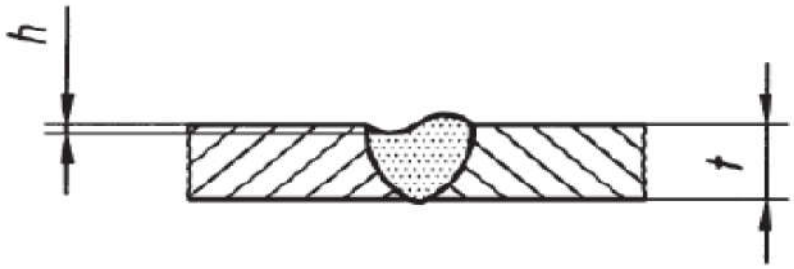
گود افتادگی، فروریختگی فلز جوش بخاطر ثقل است. بسته به وضعیت می تواند به یکی از صورتهای زیر ایجاد شود :

- در حالت افقی – عمودی

- در حالت تخت یا سقفی

- در جوشهای گوشه ای

- در لبه های قطعه کار




## 12- سوختگی سر تاسری(Burn through)

این عیب در حقیقت فروپاشی حوضچه جوش است که سوراخی در جوش یا در کنار جوش ایجاد کرده باشد.

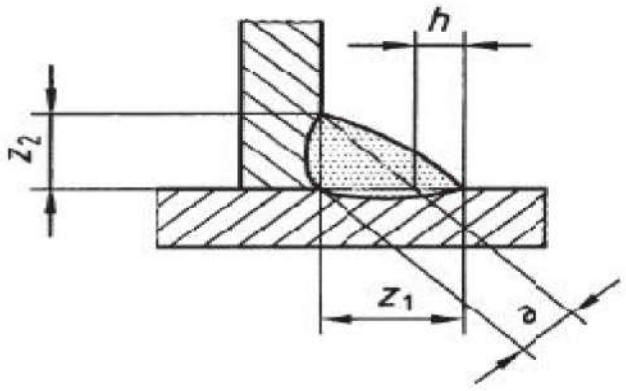
تشخیص منطقه این عیب از اطراف چندان دشوار نیست چراکه عمدتا به شکل دایره ای تیره (سوخته) و با سطحی پایینتر از مناطق اطراف خود ظاهر می شود.

## 13- شیار کاملا پر نشده (Incompletely Filled Groove)

این عیب، کانالی طولی پیوسته یا منقطع در سطح جوش بخاطر رسوب ناکافی فلز جوش ایجاد می کند. بنابراین طول بزرگتر محدوده ای که این عیب به خود اختصاص می دهد معمولا موازی با جهت جریان جوشکاری خواهد بود.

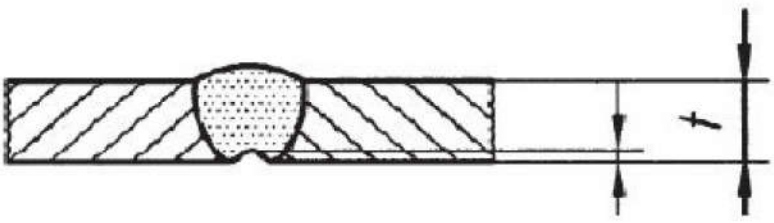
## 14- نامتقارنی اضافی جوش گوشه ای(Excessive Asymmetry of fillet weld)

در صورتی رخ می دهد که بر اثر عدم مهارت کافی جوشکار و یا وزش مغناطیسی قوس حین جوشکاری، امکان برقراری تقارن دو ساق جوش در دو طرف دیواره در جوشهای گوشه ای فراهم نباشد.




## 15- تقعر در ریشه (Root Concavity)

شیار کم عمقی است که در ریشه جوشهای نفوذی با اتصال لب به لب به دلیل انقباض جوش ایجاد می شود.



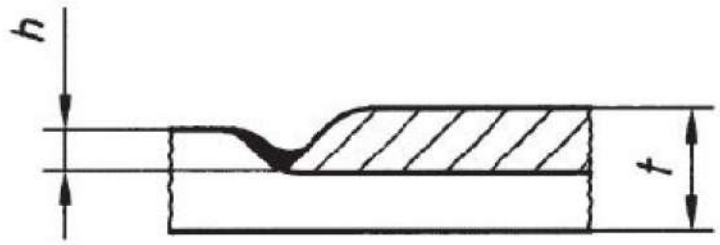

معمولا اگر در طرح اتصال درز جوش از اندازه مجاز بیشتر باشد و فضای اضافی در این ناحیه ایجاد کند، انقباض فلز مذاب جوش می تواند منجر به بروز این عیب شود.

## 16- تخلخل ریشه(Root Porosity)

اسفنجی شدن ریشه جوش بخاطر حبابهای گازی در فلز جوش در لحظه انجماد منجر به تشکیل حفره ها و تخلخل در ریشه خواهد شد.

## 17- شروع مجدد ضعیف(Poor Restart)

بی نظمی سطحی موضعی در شروع مجدد جوشکاری و برقراری قوس مجدد است که عمدتا به مهارت جوشکار یا اپراتور جوشکاری وابسته است




# 6- عیوب متفرقه(Miscellaneous Imperfections)

عیوب متفرقه به تمامی عیوبی گفته می شود که در گروههای قبلی نمی توانستند گنجانده شوند.

## 1- جرقه هرز یا لکه قوس(Arc Strike / Stray Arc)

آسیب دیدگی موضعی سطح فلز پایه در مجاورت جوش ناشی از قوس زنی یا روشن کردن قوس خارج از شیار جوش است.

اگرچه در نظر اول این عیب چندان مهم و خطرساز به نظر نمی رسد ولی بر اثر تغییر خواص متالورژیکی بصورت موضعی می تواند با جمع شدن با اثرات عیوب دیگر مشکلاتی را در منطقه جوش ایجاد نماید.

## 2- جرقه(Spatter)

گلوله ای از فلز جوش یا فلز پر کننده است که حین جوشکاری پرتاب شده و به سطح فلز پایه یا فلز جوش منجمد شده چسبیده است.

این عیب در فیلمهای پرتونگاری معمولا به صورت نقاط روشنتر از زمینه فیلم و نواحی اطراف خود دیده می شود که به دلیل بالا بودن چگالی آن منطقه می باشد.

## 3- جرقه تنگستن(Tungsten spatter)

ذرات تنگستن انتقال داده شده از سر الکترود به سطح فلز پایه یا فلز جوش منجمد شده است.

## 4- سطح پاره شده(Torn Surface)

آسیب دیدگی سطح بخاطر برطرف کردن یا شکستن اتصال جوش موقت است.

به عنوان مثال در مواردی که طراح جوش استفاده از تسمه های پشت بند برای اتصالات جوشی را تجویز می کند پس از اتمام عملیات جوشکاری چنانچه این قطعات موقت به درستی و با دقت کافی برداشته نشوند می تواند منجر به پارگی موضعی در منطقه جوش شود.

## 5 – علامت سنگ زنی(Grinding Mark)

آسیب دیدگی موضعی و مکانیکی بر اثر عملیات سنگ زنی بعد از جوش می باشد.

## 6- علامت چکش سرباره پاک کنی(Chipping Mark)

## 7- سنگ زنی اضافی(Under Flushing)

سنگ زنی اضافی، کاهش ضخامت فلز بخاطر بکارگیری بیش از حد از دستگاه سنگ زنی است تا حدی که سطح فلز را از سطح گرده جوش پایینتر می آورد.