

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



Petro Poulad Pars.Co

**دستور عمل بازرسی بر**

**جوش تست های مخرب و غیر مخرب**



## فهرست محتویات

صفحه	عنوان
۳	۱- هدف.....
۳	۲- دامنه کاربرد.....
۳	۳- مسئولیت ها.....
۴	۴- تعاریف.....
۴	۵- مراجع.....
۴	۶- روش کار.....
۵	۶-۱- آزمون های مخرب.....
۵	۶-۲- آزمون های غیر مخرب.....
۶	۶-۲-۱- بازرسی چشمی.....
۸	۶-۲-۲- آزمون مایعات نافذ.....
۹	۶-۲-۳- آزمون ذرات مغناطیسی.....
۱۱	۶-۲-۴- آزمون پرتونگاری.....
۱۳	۶-۲-۵- آزمون فراصوتی.....
۱۵	۷- پیوست ها.....



## (۱) هدف

هدف از این دستور العمل کاری حصول اطمینان از این موضوع است که عملیات جوشکاری مطابق با مشخصات فنی پروژه و استاندارد های معتبر انجام، بازرسی و تایید می گردد.

## (۲) دامنه کاربرد

- این دستور العمل در بازرسی و نظارت بر کیفیت تمام خطوط جوش در تجهیزات صنعتی و سازه های فولادی مرتبط با پروژه های این شرکت کاربرد دارد. تمامی بازرسان شاغل در پروژه های این شرکت موظف به رعایت مفاد آن می باشند.

توضیح: مندرجات این دستور العمل نحوه به کار گیری استاندارد ها را مشخص می نماید لذا بازرس در هیچ حالتی از مراجعه به اسناد فنی پروژه و استاندارد های مرجع بی نیاز نخواهد بود.

- در صورت وجود مغایرت بین مندرجات این دستور العمل و هریک از استاندارد های مرجع، عمل به استاندارد ها اولویت دارد.

## (۳) مسئولیت ها

۱-۳) مدیران پروژه

مسئولیت بررسی، کنترل و تایید نحوه ارائه خدمات بازرسی توسط بازرسان محترم را بر عهده دارند.

۲-۳) بازرسان

مسئولیت انجام بازرسی ها، نظارت بر عملیات جوشکاری و تایید انطباق عملیات جوشکاری با نیازمندی های پروژه و الزامات این دستور العمل را بر عهده دارند.



#### ۴) تعاریف

- ۴-۱) بازرسی : مشاهده و دقت نظردر هر نوع عملیات انجام شده بر روی مواد یا تجهیزات به منظور تعیین انطباق یا عدم انطباق آن با شرایط داده شده.
- ۴-۲) روش اجرایی آزمون (Procedure): ترتیبی از توالی عملیات است که بیان می کند چگونه مراحل مختلف یک تکنیک بازرسی انجام می شوند.
- ۴-۳) تکنیک بازرسی: روش خاصی که برای اجرای یک آزمون معین به کار گرفته می شود.
- جهت آشنایی با سایر تعاریف به ویژه تعاریف مرتبط با آزمون های غیر مخرب رجوع به استاندارد ASTM E 1316 یا سایر استانداردهای مرتبط توصیه می گردد.

#### ۵) مراجع

- ۵-۱) روش اجرایی کنترل ارائه خدمات بازرسی با کد شناسایی PR-7.5-01
- ۵-۲) ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec. V, Sec. VIII, Sex. IX
- ۵-۳) ISO (۴-۵) AWS D1.1. Structural Welding Code – Steel 5817 Quality levels for imperfections

#### ۶) روش کار

- عملیات بازرسی و نظارت بر جوش شامل موارد ذیل است:
- الف - تایید صلاحیت جوشکار
- ب - تایید روش جوش
- ج - تایید کیفیت مواد مصرفی (الکتروود، سیم جوش، فلاکس و ...)
- د - به کارگیری صحیح موارد فوق که به تایید کیفیت خطوط جوش بر اساس استاندارد معین منجر می گردد.
- به منظور رسیدن به اطمینان در هر یک از مراحل بالا باید طبق تعریف صورت گرفته در طرح کنترل کیفی تایید شده، آزمون هایی را بر روی نمونه های جوشکاری شده یا خطوط جوش اصلی قطعه انجام داد. این آزمون ها به دو دسته مخرب و غیر مخرب تقسیم می شوند. بدیهی است آزمون های مخرب مخصوص نمونه های

جوشکاری شده در شرایط خاص مانند نمونه ازمون تاییدیه روش جوش می باشند. به هنگام انجام این آزمون ها رعایت نکاتی ضروری است. این موارد در بندهای آتی این دستور العمل توضیح داده شده اند.

#### ۶-۱) آزمون های مخرب

در این آزمون ها ، نمونه پس از آزمایش قابلیت استفاده مجدد ندارد . مثال هایی از آزمون های مخرب شامل موارد زیر است :

- آزمون کشش ساده
- آزمون خمش
- آزمون ضربه
- و ....

در خصوص این آزمون ها بازرس موظف به رعایت موارد زیر است :

- شناسایی استاندارد مرجع مربوط به روش انجام آزمون
  - بررسی صحت انتخاب نمونه یا توجه به استاندارد فوق الذکر (ابعاد ، جنس و...)
  - بررسی و تایید انطباق شرایط جوشکاری نمونه با دستور العمل جوشکاری اولیه (WPS)
  - ثبت شرایط واقعی مورد استفاده در حین جوشکاری
  - کد گذاری نمونه به نحوی که قابل شناسایی و ردیابی باشد.
  - مقایسه نتایج آزمون های صورت گرفته در آزمایشگاه معتبر با نیازمندی های استاندارد مرجع
- در حال حاضر از نظر این شرکت تنها آزمایشگاه های مرکز متالورژی رازی و جهاد تحقیقات ( مواد کاران سابق ) صلاحیت انجام این آزمون ها را دارا می باشند . مراجعه به سایر آزمایشگاه ها تنها در صورت احراز صلاحیت و با مجوز مدیر پروژه / معاونت اجرایی امکان پذیر می باشد.

#### ۶-۲) آزمون های غیر مخرب :

از میان روش های متعدد غیر مخرب ، آزمون های زیر در تجهیزات مورد بازرسی توسط این شرکت کاربرد دارند :

- بازرسی چشمی VT – Visual Test
- بازرسی به روش مایعات نافذ PT- Liquid Penetrant Test
- بازرسی به روش ذرات مغناطیس MT- Magnetic Particle Test
- بازرسی به روش امواج فرا صوتی UT – Ultrasonic Test

## ▪ بازرسی به روش پرتونگاری RT – Radiographic Test

از آنجا که معمولاً در آزمون های غیر مخرب مجری ، فردی غیر از بازرس این شرکت می باشد، لذا در این حالت اقدمات زیر ضروری است.

(۱) بررسی صلاحیت مجری آزمون شامل:

داشتن گواهینامه معتبر سطح ۲ طبق استاندارد ASNT-TC-1A یا EN 473 ، دقت در اجرا ، صداقت و استقلال در اعلام نتایج

(۲) کنترل ابزار و دستگاه های مورد استفاده شامل :

سالم بودن، داشتن دقت کافی طبق گواهی کالیبراسیون، انطباق با نیازمندی ها علاوه بر این ۲ مورد ، تشخیص ۳ مورد اساسی زیر قبل از شروع هر یک از آزمون های غیر مخرب نیز ضرورتی اجتناب ناپذیر است :

(۱) محل و مقدار انجام آزمون (Test Subject & Extension)

(۲) الزامات استاندارد مرجع برای روش انجام آزمون

(Test Method Requirements)

(۳) الزامات استاندارد مرجع برای معیار پذیرش عیوب

(Acceptance Criteria)

دو مورد ۲ و ۳ می توانند در یک استاندارد واحد یا در دو استاندارد مجزا بیان شوند. در ادامه با استناد به استاندارد "ASME Sec. V" در بخش های ۱-۲-۶ الی ۵-۲-۶ نکاتی در خصوص هریک از آزمون های غیر مخرب به طور تخصصی ارائه خواهد شد.

۱-۲-۶ بازرسی چشمی

بازرسی چشمی متداول ترین نوع بازرسی غیر مخرب است که تقریباً در مورد تمام خطوط جوش اعمال می گردد. در این روش سعی بر این است که با استفاده از تکنیک هایی هم چون نگاه مستقیم ( چشم غیر مسلح ) ، کاربرد برخی ابزار های ساده مانند ذره بین ، گج ، شابلون و یا استفاده از برخی ابزار های ویژه مانند "بروسکوپ یا دوربین مدار بسته" بتوان وضعیت ظاهری و ابعاد خطوط جوش را بررسی نمود.

نکات عملی :



براساس این دستور العمل رعایت موارد زیر الزامی است:

- زاویه دید حداقل باید ۳۰ درجه باشد در غیر این صورت باید از وسایل کمکی مانند آینه دندان پزشکی استفاده نمود.
- بازرسی باید در نور کافی انجام شود در غیر این صورت باید از نور موضعی مانند چراغ قوه بازرسی با نور سفید رنگ استفاده نمود.
- شرایط سطحی قطعه کار و میزان تمیزی آن باید از قبل تعریف شده و کنترل گردد. در غیر این صورت خطوط جوش باید توسط برس سیمی به خوبی تمیز کاری شوند. قبل از بازرسی های غیر مخرب استفاده از سنگ زنی به جز در نقاط محدود مجاز نمی باشد مگر آن که انجام عملیات Flushing در اسناد فنی مورد تاکید قرار گرفته باشد. در این صورت باید قبل از عملیات سنگ زنی طرفین خط جوش توسط Metal Marker علامت گذاری شده سپس عملیات سنگ زنی به گونه ای انجام شود که سطح به دست آمده هموار وبدون پستی و بلندی های محسوس باشد. در این حالت کلیه بازرسی های غیر مخرب از جمله بازرسی چشمی روی منطقه سنگ زنی شده و درفاصله بین علامت های رسم شده توسط Metal Marker انجام می پذیرد.
- عیوب ظاهری جوش شامل عیوب کیفی و عیوب ابعادی می باشند که هر دو گروه باید مد نظر بازرس محترم قرار گیرند. عیوب کیفی توسط سایر آزمون های غیر مخرب نیز قابل تشخیص می باشند در مقابل عیوب ابعادی معمولاً فقط توسط بازرسی چشمی و اندازه گیری های خاص قابل شناسایی می باشند. از گروه اول می توان عیوبی مانند عدم نفوذ در ریشه ، Under Cut و تخلخل و سرباره جامانده در سطح جوش را نام برد. در مقابل گروه دوم شامل عیوبی مانند اندازه نامناسب گرده ، نفوذ کمتر از حد مجاز و تغیر غیر مجاز می باشد.
- در صورت نیاز به وسایل کمکی مانند بروسکوپ ، تهیه این ابزار ها باید در قرار داد لحاظ شده سپس موضوع توسط مدیر پروژه پیگیری و ابزار مذکور در اختیار بازرس قرار داده شود.

#### معیار پذیرش

در استاندارد های اروپایی به ویژه ISO 5817 و Din 8563 جداول دقیق و تفصیلی وجود دارد که عیوب جوش را همراه با شکل و حد پذیرش آنها تعریف و طبقه بندی می نماید. جهت آشنایی بازرس جدول

مربوط به استاندارد ISO 5817 در پیوست شماره یک این دستور العمل آورده شده است. هم چنین استاندارد ISO 6520-1 به عنوان مرجعی جهت شناخت عیوب جوش پیشنهاد می شود. معیار پذیرش عیوب جوش در طرح کنترل کیفی مشخص می گردد. با این حال در صورت وجود ابهام در معیار پذیرش عیوب، رجوع به رده "B" یا "C" از پیوست شماره یک این دستور العمل با هماهنگی مدیر پروژه امکان پذیر می باشد.

#### ۶-۲-۲) آزمون مایعات نافذ

این آزمون معمولاً بر مبنای استاندارد ASME Sec. V Article 6 یا EN 571-1 انجام می شود. با توجه به شرایط ساخت تجهیزات و به دلیل ملاحظات خاص، انجام این آزمون در بازرسی های این شرکت با محدودیت هایی مواجه است که در زیر مورد اشاره قرار می گیرند.

### نکات عملی

۱. بر اساس این دستور العمل انجام این آزمون تنها با استفاده از تکنیک اسپری مرئی و حلال شیمیایی (cleaner) مجاز می باشد.
۲. سایر روش های مورد اشاره در استاندارد ها تنها در صورتی که در مدارک فنی به آنها تصریح شده باشد قابل استفاده هستند. در این صورت بازرسی قبل از انجام آزمون باید روش اجرای آن را بررسی و اطلاعات لازم را از استاندارد ها استخراج نماید.
۳. استفاده از اسپری های ساخت چند سازنده مختلف در یک آزمون، مجاز نمی باشد.
۴. بهترین شرایط برای انجام این آزمون همان شرایط پس از جوش (As welded) است. به عبارت دیگر سطح قطعه بدون عملیات اضافی تمیز کاری شده پس از خشک شدن تست می شود. سنگ زنی های محدود برای برطرف کردن برخی عیوب چشمی و استفاده از برس سیمی و یا اسید شویی برای تمیز کاری سطوح بسیار کثیف یا زنگ زده بلا مانع می باشد.
۵. انجام این آزمون بر روی قطعات سند پلاست شده، قطعات رنگ شده قبلی و قطعات با سطوح ناهموار (خشن) نیازمند اتخاذ تدابیر خاص می باشد. هم چنین انجام دوباره این آزمون بر روی یک قطعه معین نیز محدودیت دارد. در این موارد باید روش اجرایی خاصی تهیه و به تایید برسد.
۶. پس از تمیز کاری باید زمان کافی برای تبخیر حلال در نظر گرفته شود. خشک کردن سطح فقط با دمش هوا یا تحت شرایط طبیعی (تبخیر عادی) مجاز می باشد.



۷. دمای سطح مورد بازرسی قبل از شروع نباید از ۱۰ درجه سلسیوس بالای صفر سردتر باشد. هم چنین طبق این دستور العمل قطعات با دمای سطحی بالای ۵۰ درجه سلسیوس نیز نباید به این روش مورد بازرسی قرار گیرند.
۸. در صورت وزش باد شدید، انجام این آزمون در فضای باز مجاز نمی باشد.
۹. هریک از اسپری ها باید در تاریخ اعتبار خود استفاده و به مقدار مناسب اعمال گردد.
۱۰. باید لایه ضخیمی از مایع نافذ در سر تاسر خط جوش و ۲/۵ سانتی متر طرفین آن اعمال گردد. این لایه هیچ گاه نباید در طول مدت انتظار (حداقل ۵ دقیقه) خشک شود. در صورت لزوم مایع نافذ در چند نوبت اسپری گردد.
۱۱. برای تمیز کردن مقدار اضافه مایع نافذ باید از دستمال آغشته به حلال شیمیایی مخصوص (Cleaner) یا آب استفاده نمود. آغشته کردن سطح مورد آزمایش به حلال یا آب غیر قابل قبول می باشد.
۱۲. بلا فاصله پس از تمیز کاری مایع نافذ "Developer" باید به مقدار مناسب اعمال شود. مقدار مناسب "Developer" یک لایه یک دست و نه چندان ضخیم بر سطح کار تشکیل خواهد داد.
۱۳. تفسیر نتایج باید در فاصله ۷ الی ۶۰ دقیقه پس از اعمال "Developer" صورت گیرد مگر آن که شرایط قطعه زمان بیشتری را طلب نماید (مثلا قطعات فورج شده).
۱۴. نفوذ مایع از محل عیب علایمی را بر روی سطح Developer بر جای خواهد گذاشت. اندازه این علایم معیار ارزیابی عیوب خواهد بود. بدین منظور می توان به Appendix 8 از استاندارد ASME Sec. VIII مراجعه نمود.

#### ۶-۲-۳) آزمون ذرات مغناطیسی

آزمون ذرات مغناطیسی معمولاً بر ب مبنای استاندارد ASTM E 709 یا ASME Sec. V Article 7 انجام می شود. طبق این دستور العمل انجام این آزمون تنها با استفاده از تکنیک یوک دستی، جریان متناوب (برق شهر) و به روش مرئی امکان پذیر می باشد. ذرات مغناطیس شونده نیز ترجیحاً به صورت اسپری آماده مصرف می شوند هرچند استفاده از ذرات خشک نیز مانعی ندارد. با لحاظ تمام شرایط فوق الذکر این آزمون به مانند روش مایعات نافذ فقط قادر به تشخیص عیوب سطحی باز خواهد بود (تشخیص عیوب نزدیک به سطح به روش ذرات مغناطیسی مستلزم استفاده از جریان مستقیم می

باشد که در این حالت احتمال عدم موفقیت در یافتن عیوب سطحی به مقدار چشم گیری افزایش خواهد یافت. به کار گیری سایر تکنیک ها (فلورسنت ، پراد ، کوپل و ...) تنها در صورتی که در اسناد فنی به طور مستقیم مورد اشاره واقع شده باشند مجاز خواهد بود . در این حالت بازرس موظف است پس از بررسی و مطالعه استاندارد و قبل از تایید نتایج ، برآورده شدن نیازمندی های انجام آزمون تحت شرایط معین شده را تایید نماید .

آزمون ذرات مغناطیسی بر روی تمام فولاد های مغناطیس شونده مانند فولاد های ساختمانی ، ابزار ، کوننج - تمپر و زنگ نزن فریتی ( بگیر ) قابل انجام است . فولاد های زنگ نزن آستنیتی ( نگیر ) به دلیل مغناطیسی نشدن با این روش غیر قابل بررسی هستند .

#### کالیبراسیون "یوک"

قدرت "یوک" باید حداقل به طور سالانه کالیبره شود . "یوک" باید با استفاده از جریان متناوب و در شرایطی که دهانه آن کاملاً باز است ، وزنه  $4/5$  کیلوگرمی را از روی میز کار جدا کند . در صورت لزوم این موضوع می تواند هر بار قبل از شروع آزمون توسط بازرس کنترل گردد .

#### دمای قطعه کار

در روش تر دمای سطحی قطعه کار و دمای محلول محتوی ذرات مغناطیس شونده نباید بیشتر از  $57$  درجه سلسیوس باشد. روش خشک بر روی قطعات با دمای سطحی تا حدود  $300$  درجه سلسیوس نیز قابل اجرا می باشد .

#### شرایط سطحی

- مطلوب ترین شرایط سطحی ، همان شرایط بعد از جوشکاری (As Welded) است ، هر چند انجام این آزمون بر روی سطوح سند بلاست شده ، سنگ زنی شده ، ماشینکاری شده و ... نیز ممکن می باشد .
- تمام سطح جوش به انضمام حداقل  $2/5$  سانتی متر در طرفین آن باید به خوبی تمیز کاری شده و عاری از هر نوع چربی ، پوسته اکسیدی ، پاشش جوش و ... باشد .
- تمیز کاری با استفاده از روش های شیمیائی یا مکانیکی قابل انجام است .
- قطعات رنگ شده یا آبکاری شده فقط با تکنیک های خاصی طبق استاندارد "ASME Sec. V Article 7 Appendix I" قابل بررسی به روش ذرات مغناطیسی هستند .

## نکات عملی

انجام آزمون فقط به روش مستمر و در دو جهت تقریباً عمود بر هم قابل قبول است. به عبارت دیگر باید در شرایطی که میدان مغناطیسی به قطعه اعمال شده است ذرات مغناطیسی پاشیده شوند سپس در همین شرایط اضافه آن ها بر طرف گردد. قطع شدن میدان مغناطیسی در حین مشاهده و تفسیر علائم بلا مانع می باشد.

## معیار پذیرش

اندازه آن دسته از علائم مشاهده شده در حین این آزمون که ناشی از تجمع ذرات مغناطیسی حول محل ناپوستگی ها هستند باید با معیار پذیرش معین شده در طرح کنترل کیفی مقایسه شوند. این علائم معمولاً از خود ناپوستگی بزرگتر می باشند. ————— عنوان نمونه در " ASME Sec. VIII appendix 6 " معیار پذیرش عیوب توضیح داده شده است.

## ۶-۲-۴) آزمون پرتو نگاری (رادیو گرافی)

انجام آزمون پرتو نگاری به منظور تشخیص اکثر عیوب جوش مورد استفاده واقع می گردد. اشعه مورد استفاده در حین این تست می تواند از نوع پرتو های "X" یا "γ" باشد مگر آن که در مشخصات فنی طرح به صراحت محدودیتی لحاظ شده باشد. نوع فیلم مصرفی از نظر میزان حساسیت یا مارک تجاری خاص باید با آن چه که در مشخصات فنی طرح پیشنهاد شده است یکی باشد در غیر این صورت عمل به استاندارد مرجع (مثلاً ASME SEC. V article II یا EN 1435) کفایت می کند. چشمه مورد استفاده باید از قدرت پرتو زایی کافی برخوردار باشد. تشخیص این موضوع بر عهده مجری تست بوده و در مقابل بازرس موظف به کنترل کیفیت فیلم به دست آمده می باشد. در این خصوص توضیحات تکمیلی متعاقباً ارائه خواهد شد.

## پیش نیاز های آزمون

### ▪ کد گذاری

کد گذاری باید توسط حروف سری و به گونه ای انجام شود که با دیدن هر فیلم بتوان محل واقعی خط جوش را شناسایی نمود. به همین دلیل قبل از شروع آزمون باید کد گذاری فیلم ها به تایید بازرس برسد. هر کدی که روی فیلم اعمال گردد به طور همزمان باید در محل، روی قطعه اصلی نیز حک گردد.

## تعیین مختصات

نقطه ای از خط جوش باید به عنوان نقطه صفر انتخاب و توسط حروف سربی همین نقطه و فواصل مناسب از آن روی فیلم معین گردد. مختصات گذاری باید همزمان روی قطعه و فیلم صورت گیرد.

### ▪ شاخص کیفیت (IQI)

فقط استفاده از شاخص کیفیت سیمی مجاز می باشد. نوع شاخص باید متناسب با ضخامت و جنس قطعه و طبق استاندارد روش تست انتخاب گردد. محل قرار گرفتن شاخص کیفیت باید در کنار فیلم و به گونه ای که در فیلم فقط سیم ها خط جوش را قطع نمایند و نازک ترین سیم آن مجاور لبه فیلم باشد. هم چنین قرار گرفتن شاخص کیفیت در سمت چشمه یا در سمت فیلم نیز باید معین گردد.

### ▪ چسباندن فیلم

فیلم ها باید به گونه ای روی خط جوش قرار داده شوند که تمام خط جوش به اضافه حداقل ۲/۵ سانتی متر از فلز پایه در طرفین جوش را پوشش دهند. هم چنین در پرتو نگاری کامل (۱۰۰٪) فیلم ها باید در جهت طول خط جوش نیز هم پوشانی کافی داشته باشند. عوامل محیطی مانند وزش باد نباید در طول آزمون موقعیت فیلم را تغییر دهند. در هر حالت قبل از شروع تابش اشعه باید موقعیت و نحوه چسباندن فیلم ها به تایید بازرس برسد.

### ▪ موارد ایمنی

رعایت اصول ایمنی مقدم بر انجام آزمون است. بازرس موظف است قبل از شروع تابش از عدم تردد افراد، وسایل نقلیه و... تا شعاع مناسب اطمینان حاصل نماید و خود نیز در موقعیت مناسبی قرار گیرد.

## ظهور و ثبوت فیلم

ظهور و ثبوت فیلم از وظایف مجری تست می باشد و بازرس مسئولیتی در این خصوص ندارد.



### تفسیر فیلم

قبل از تفسیر فیلم، بازرس ابتدا باید از کیفیت مطلوب فیلم به لحاظ دانسیته، وضوح و حساسیت اطمینان حاصل نماید و در صورت لزوم به محاسبه یا اندازه گیری این کمیت ها بپردازد. چنان چه هر یک از این ۳ کمیت نیازمندی های استاندارد را تامین ننماید در این صورت فیلم مربوطه مردود اعلام شده، پرتونگاری مجدد صورت خواهد گرفت. یاد آوری می شود دانسیته باید بر روی خط جوش و اطراف آن اندازه گیری گردد و مقدار آن طبق "ASME Sec. V article 2" باید در حدود ۲ الی ۴ باشد. تفسیر فیلم باید در فضای بسته و با استفاده از "Viewer" مناسب صورت گیرد.

### معیار پذیرش

علایم مشاهده شده بر روی فیلم باید به خوبی توسط بازرس ارزیابی شده و هیچ گاه به تفسیر ارائه شده توسط مجری آزمون اکتفا نگردد. از آن جا که حد پذیرش عیوب در استانداردهای مختلف متفاوت می باشد لذا باید در هر مورد به استاندارد مربوطه رجوع و مقایسه صورت گیرد. به عنوان مثال در استاندارد "ASME Sec. VIII" حد پذیرش عیوب در "UW 51 & 52" و "Appendix 4" آورده شده است.

### ۶-۲-۵) آزمون فرا صوتی

بازرسی خطوط جوش به روش فرا صوتی معمولاً بر اساس استاندارد "ASME Sec. VIII Article 5" و با تکنیک پالس-اکو و استفاده از پراب های زاویه ای یا بعضاً نرمال امکان پذیر می باشد.

### کالیبراسیون دستگاه

قبل از شروع آزمون عملیات کالیبراسیون دستگاه باید در حضور بازرس انجام شود. این عملیات با استفاده از بلوک های استاندارد یا هر بلوکی که مشخصات آن توسط طراح تایید شده باشد، انجام شده و در نهایت باید خطی بودن (linearity) محور های افقی و عمودی به اثبات برسد. نحوه کالیبراسیون در "ASME sec. V article 5 – Appendix I, II" توضیح داده شده است. پس از این مرحله بازرس موظف است بر اساس فرمول DAC (Distance – amplitude – Correction) طبقه بندی کند که در



"ASME Sec. V article 5 –T 542" ذکر شده است نظارت کامل داشته باشد و صحت رسم این منحنی را تایید نماید. این منحنی معیار تفسیر "پیک" های مشاهده شده در طول آزمون خواهد بود و هر نوع خطا در رسم آن صحت آزمون را خدشه دار خواهد کرد.

#### شرایط سطحی

منطقه ای که قرار است به روش فرا صوتی مورد بررسی قرار گیرد باید تمیز، عاری از زنگ، غبار و پوسته های اکسیدی باشد. در صورت لزوم تمیز کاری توسط برس سیمی یا حلال های شیمیایی باید قبل از آزمون انجام پذیرد. انجام آزمون فرا صوتی بر روی سطوح رنگ شده، متالایز شده و سطوح با هر نوع پوشش فلزی یا غیر فلزی نیازمند بررسی های خاص می باشد. در این موارد باید روش آزمون به طور مکتوب تدوین و مورد بررسی قرار گیرد. هم چنین فولاد های زنگ زن آستنی و آلیاژهای با نیکل بالا به دلیل آکوستیک بودن باید با تکنیک های خاصی که صحت آنها به اثبات رسیده باشد مورد بررسی قرار گیرند.

#### نکات کاربردی

- دامنه حرکت پراب باید محاسبه و در عمل رعایت گردد.
- جاروب کردن سطح باید در دو طرف خط جوش و در صورت لزوم در دو طرف قطعه انجام شود.
- سطوح جاروب شونده باید تماماً آغشته به مایع واسطه باشند.
- حرکت پراب باید به گونه ای باشد که تمام خط جوش جاروب شود و هیچ نقطه تست نشده ای در طول خط جوش بر جای نماند.

#### معیار پذیرش

در این روش ارزیابی عیوب به کمک تحلیل پیک های مشاهده شده در صفحه نمایش گر دستگاه میسر می باشد. به عنوان نمونه معیار پذیرش عیوب در آزمون فرا صوتی در استاندارد "SME Sec VIII- appendix 12" آورده شده است.



## پیوست شماره یک - طبقه بندی عیوب جوش و معیار پذیرش آنها

### EN ISO 5817 بر گرفته از

#### 5 Assessment of imperfections

Limits for imperfections are given in Table 1. These limits apply to the finished weld and may also be applied to an intermediate stage of fabrication.

If, for the detection of imperfections, a method other than macro examination is used, only those imperfections shall be considered which can be detected using a magnification equal to or less than tenfold.

Excluded herefrom are cold laps (see Table 1, 1.5) and microcracks (see Table 1, 2.2).

Systematic imperfections are only permitted in quality level D, provided other requirements of Table 1 are fulfilled.

A welded joint shall normally be assessed separately for each individual type of imperfection.

Different types of imperfection, occurring at any cross-section of the joint, which weaken the cross section may need special consideration (see multiple imperfections).

The limits for multiple imperfections (see Table 1) are only applicable for cases where the requirements for a single imperfection are not exceeded.

Any two adjacent imperfections separated by a distance smaller than the major dimension of the smaller imperfection shall be considered as a single imperfection.

#### 4 Symbols

The following symbols are used in Table 1.

- $a$  nominal throat thickness of the fillet weld (see also ISO 2553)
- $b$  width of weld reinforcement
- $d$  diameter of pore
- $h$  height or width of imperfection
- $l$  length of imperfection in longitudinal direction of the weld
- $l_p$  length of projected or cross-section area
- $s$  nominal butt weld thickness (see also ISO 2553)
- $t$  wall or plate thickness (nominal size)
- $w_p$  width of the weld or width or height in case of fracture area
- $z$  leg length of a fillet weld (see also ISO 2553)
- $\alpha$  angle of weld toe
- $\beta$  angle of angular misalignment

Table 1 (continued)

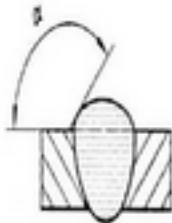
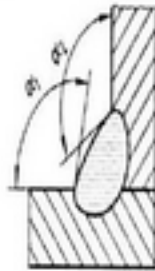
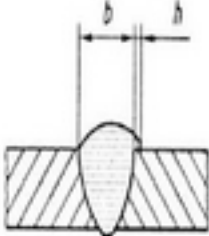
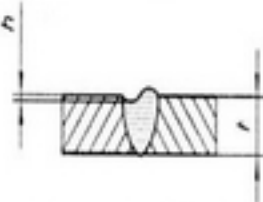
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.12	505	Incorrect weld toe	— butt welds 	≥ 0,5	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$
			— fillet welds  $a_1 \geq a$ $a_2 \geq a$	≥ 0,5	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$
1.13	506	Overlap		≥ 0,5	$h \leq 0,2 b$	Not permitted	Not permitted
1.14	509 511	Sagging Incompletely filled groove	Smooth transition is required 	0,5 to 3	Short imperfections: $h \leq 0,25 t$	Short imperfections: $h \leq 0,1 t$	Not permitted
				> 3	Short imperfections: $h \leq 0,25 t$ but max. 2 mm	Short imperfections: $h \leq 0,1 t$ but max. 1 mm	Short imperfections: $h \leq 0,05 t$ but max. 0,5 mm
1.15	510	Burn through	—	≥ 0,5	Not permitted	Not permitted	Not permitted

Table 1 — Limits for imperfections

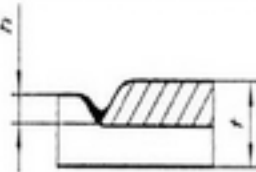
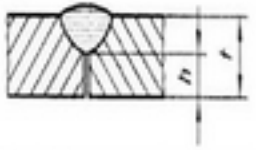
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1 Surface imperfections							
1.1	100	Crack	—	≥ 0,5	Not permitted	Not permitted	Not permitted
1.2	104	Crater crack	—	≥ 0,5	Not permitted	Not permitted	Not permitted
1.3	2017	Surface pore	Maximum dimension of a single pore for — butt welds — fillet welds	0,5 to 3	$d \leq 0,3 t$ $d \leq 0,3 a$	Not permitted	Not permitted
			Maximum dimension of a single pore for — butt welds — fillet welds	> 3	$d \leq 0,3 t$ , but max. 3 mm $d \leq 0,3 a$ , but max. 3 mm	$d \leq 0,2 t$ , but max. 2 mm $d \leq 0,2 a$ , but max. 2 mm	Not permitted
1.4	2025	End crater pipe		0,5 to 3	$h \leq 0,2 t$	Not permitted	Not permitted
				> 3	$h \leq 0,2 t$ , but max. 2 mm	$h \leq 0,1 t$ , but max. 1 mm	Not permitted
1.5	401	Lack of fusion (incomplete fusion)	—	≥ 0,5	Not permitted	Not permitted	Not permitted
		Micro lack of fusion	Only detectable by micro examination		Permitted	Permitted	Not permitted
1.6	4021	Incomplete root penetration	Only for single side butt welds 	≥ 0,5	Short imperfections: $h \leq 0,2 t$ , but max. 2 mm	Not permitted	Not permitted

Table 1 (continued)

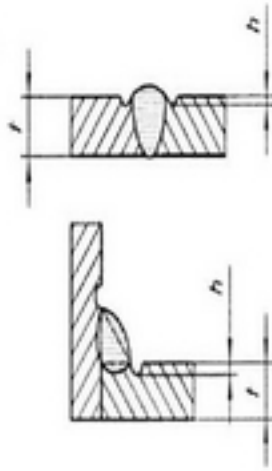
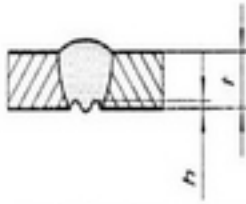
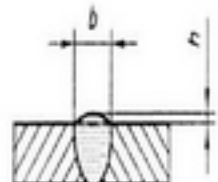
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks  <i>r</i>	<i>t</i> mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.7	5011 5012	Continuous undercut Intermittent undercut	Smooth transition is required. This is not regarded as a systematic imperfection.  	0,5 to 3	Short imperfections: $h \leq 0,2 t$	Short imperfections: $h \leq 0,1 t$	Not permitted
				> 3	$h \leq 0,2 t$ , but max. 1 mm	$h \leq 0,1 t$ , but max. 0,5 mm	$h \leq 0,05 t$ , but max. 0,5 mm
1.8	5013	Shrinkage groove	Smooth transition is required.  	0,5 to 3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$	Short imperfections: $h \leq 0,1 t$	Not permitted
				> 3	Short imperfections: $h \leq 0,2 t$ , but max. 2 mm	Short imperfections: $h \leq 0,1 t$ , but max. 1 mm	Short imperfections: $h \leq 0,05 t$ , but max. 0,5 mm
1.9	502	Excess weld metal (butt weld)	Smooth transition is required.  	$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$ , but max. 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$ , but max. 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$ , but max. 5 mm



Table 1 (continued)

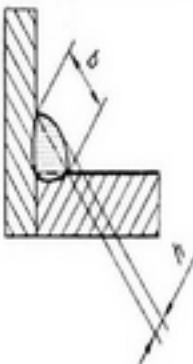
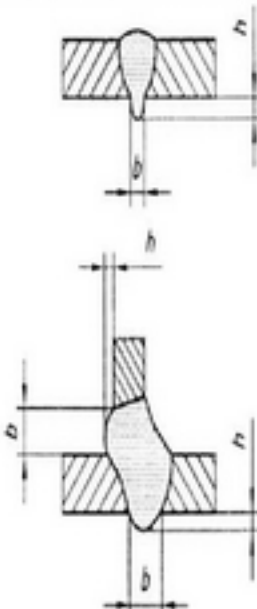
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.10	503	Excessive convexity (fillet weld)		$\geq 0,5$	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$ , but max. 5 mm	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$ , but max. 4 mm	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$ , but max. 3 mm
1.11	504	Excess penetration		0,5 to 3	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,3 b$	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$
				$> 3$	$k \leq 1 \text{ mm} + 1,0 b$ , but max. 5 mm	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$ , but max. 4 mm	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,2 b$ , but max. 3 mm

Table 1 (continued)

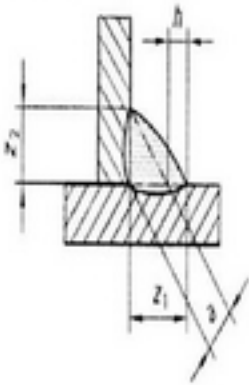
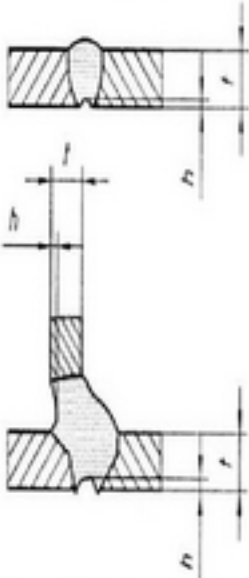
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.16	512	Excessive asymmetry of fillet weld (excessive unequal leg length)	In cases where a symmetric fillet weld has not been prescribed. 	$\geq 0,5$	$a \leq 2 \text{ mm} + 0,2 a$	$a \leq 2 \text{ mm} + 0,15 a$	$a \leq 1,5 \text{ mm} + 0,15 a$
1.17	515	Root concavity	Smooth transition is required. 	0,5 to 3	$a \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$	Short imperfections: $a \leq 0,1 t$	Not permitted
				$> 3$	Short imperfections: $a \leq 0,2 t$ , but max. 2 mm	Short imperfections: $a \leq 0,1 t$ , but max. 1 mm	Short imperfections: $a \leq 0,05 t$ , but max. 0,5 mm
1.18	516	Root porosity	Spongy formation at the root of a weld due to bubbling of the weld metal at the moment of solidification (e. g. lack of gas backing)	$\geq 0,5$	Locally permitted	Not permitted	Not permitted

Table 1 (continued)

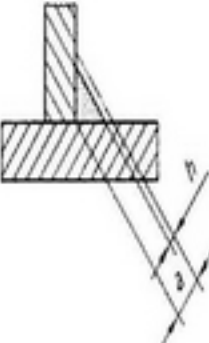
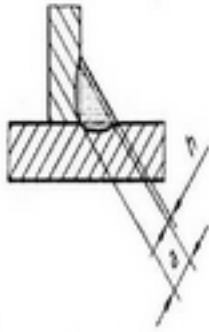
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks <i>r</i>	<i>r</i> mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
1.19	517	Poor restart	—	$\geq 0,5$	Permitted. The limit depends on the type of imperfection occurred due to restart.	Not permitted	Not permitted
1.20	5213	Insufficient throat thickness	Not applicable to processes with proof of greater depth of penetration 	0,5 to 3	Short imperfections: $b \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 a$	Short imperfections: $b \leq 0,2 \text{ mm}$	Not permitted
				$> 3$	Short imperfections: $b \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ , but max. 2 mm	Short imperfections: $b \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ , but max. 1 mm	Not permitted
1.21	5214	Excessive throat thickness	The actual throat thickness of the fillet weld is too large. 	$\geq 0,5$	Unlimited.	$b \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$ , but max. 4 mm	$b \leq 1 \text{ mm} + 0,15 a$ , but max. 3 mm
1.22	601	Stray arc	—	$\geq 0,5$	Permitted, if the properties of the parent metal are not affected.	Not permitted	Not permitted
1.23	602	Splatter	—	$\geq 0,5$	Acceptance depends on application, e.g. material, corrosion protection		

Table 1 (continued)

No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
2 Internal imperfections							
2.1	100	Cracks	All types of crack except microcracks and crater cracks	≥ 0,5	Not permitted	Not permitted	Not permitted
2.2	1001	Microcracks	A crack usually only visible under the microscope (50 ×)	≥ 0,5	Permitted	Acceptance depends on type of parent metal with particular reference to crack sensitivity	
2.3	2011 2012	Gas pore Uniformly distributed porosity	The following conditions and limits for imperfections shall be fulfilled. See also Annex A for information.				
			a1) Maximum dimension of the area of the imperfections (inclusive of systematic imperfection) related to the projected area	≥ 0,5	for single layer: ≤ 2,5 % for multi-layer: ≤ 5 %	for single layer: ≤ 1,5 % for multi-layer: ≤ 3 %	for single layer: ≤ 1 % for multi-layer: ≤ 2 %
			NOTE The porosity in the project area depends on the numbers of layers (volume of the weld).				
			a2) Maximum dimension of the cross section area of the imperfections (inclusive of systematic imperfection) related to the fracture area (only applicable to production, welder or procedure tests)	≥ 0,5	≤ 2,5 %	≤ 1,5 %	≤ 1 %
			b) Maximum dimension for a single pore for — butt welds — fillet welds	≥ 0,5	d ≤ 0,4 s, but max. 5 mm d ≤ 0,4 a, but max. 5 mm	d ≤ 0,3 s, but max. 4 mm d ≤ 0,3 a, but max. 4 mm	d ≤ 0,2 s, but max. 3 mm d ≤ 0,2 a, but max. 3 mm

Table 1 (continued)

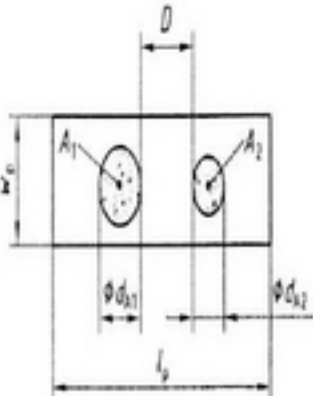
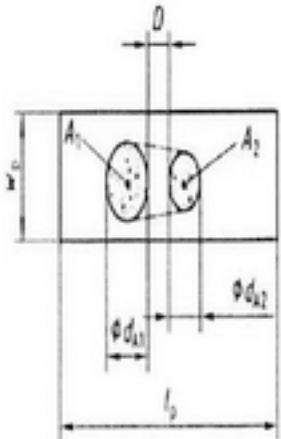
No.	ISO 8520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	$t$ mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
2.4	2013	Clustered (localized) porosity	<p>case 1 (<math>D &gt; d_{A2}</math>)</p>  <p>case 2 (<math>D &lt; d_{A2}</math>)</p>  <p>The sum of the different pore areas (<math>A_1 + A_2 + \dots</math>) related to the evaluation area <math>l_p \times h_e</math> (case 1). Reference length for <math>l_p</math> is 100 mm.</p> <p>If <math>D</math> is less than <math>d_{A1}</math> or <math>d_{A2}</math>, whichever is smaller, an envelope surrounding the porosity areas <math>A_1 + A_2</math> shall be considered as one area of imperfection (case 2).</p>				



Table 1 (continued)

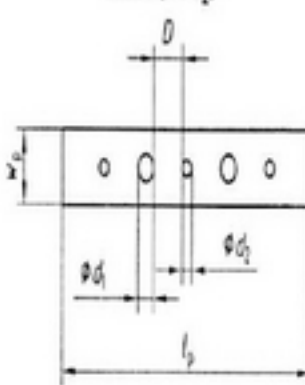
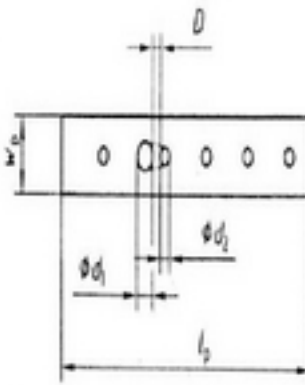
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
2.4	2013	Clustered (localized) porosity	The following dimension conditions and limits for imperfections shall be fulfilled. See also Annex A for information.				
			a) Maximum dimension of the summation of the projected area of the imperfection (inclusive of systematic imperfection)	$\geq 0,5$	$\leq 16\%$	$\leq 8\%$	$\leq 4\%$
			b) Maximum dimension for a single pore for — butt welds — fillet welds	$\geq 0,5$	$d \leq 0,4 s$ , but max. 4 mm $d \leq 0,4 a$ , but max. 4 mm	$d \leq 0,3 s$ , but max. 3 mm $d \leq 0,3 a$ , but max. 3 mm	$d \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm $d \leq 0,2 a$ , but max. 2 mm
2.5	2014	Linear porosity	<p>case 1 (<math>D &gt; d_2</math>)</p>  <p>case 2 (<math>D &lt; d_2</math>)</p> 				

Table 1 (continued)

No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks <i>r</i>	<i>t</i> mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
2.5	2014	Linear porosity	<p>The sum of the different pore areas <math>\left( \frac{d_1^2 \times \pi}{4} + \frac{d_2^2 \times \pi}{4} + \dots \right)</math> related to the evaluation area <math>L_p \times w_p</math> (case 1).</p> <p>If <i>D</i> is smaller than the smaller diameter of one of the neighbouring pores, the full connected area of the two pores shall be applied to the sum of imperfections (case 2).</p> <p>The following conditions and limits for imperfections shall be fulfilled. See also Annex A for information.</p>				
			<p>a1) Maximum dimension of the area of the imperfections (inclusive of systematic imperfection) related to the projected area</p> <p>NOTE The porosity in the project area depends on the numbers of layers (volume of the weld).</p>	> 0,5	<p>for single layer: ≤ 8 %</p> <p>for multi-layer: ≤ 16 %</p>	<p>for single layer: ≤ 4 %</p> <p>for multi-layer: ≤ 8 %</p>	<p>for single layer: ≤ 2 %</p> <p>for multi-layer: ≤ 4 %</p>
			<p>a2) Maximum dimension of the cross section area of the imperfections (inclusive of systematic imperfection) related to the fracture area (only applicable to production, welder or procedure tests)</p>	> 0,5	≤ 8 %	≤ 4 %	≤ 2 %
			<p>b) Maximum dimension for a single pore for</p> <p>— butt welds</p> <p>— fillet welds</p>	> 0,5	<p><math>d \leq 0,4 s</math>, but max. 4 mm</p> <p><math>d \leq 0,4 a</math>, but max. 4 mm</p>	<p><math>d \leq 0,3 s</math>, but max. 3 mm</p> <p><math>d \leq 0,3 a</math>, but max. 3 mm</p>	<p><math>d \leq 0,2 s</math>, but max. 2 mm</p> <p><math>d \leq 0,2 a</math>, but max. 2 mm</p>

Table 1 (continued)

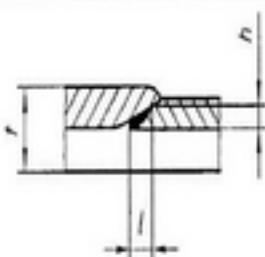
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
2.6	2015 2016	Elongated cavity Wormholes	— butt welds	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$ , but max. 4 mm $l \leq s$ , but max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$ , but max. 3 mm $l \leq s$ , but max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm $l \leq s$ , but max. 25 mm
			— fillet welds	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$ , but max. 4 mm $l \leq a$ , but max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$ , but max. 3 mm $l \leq a$ , but max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$ , but max. 2 mm $l \leq a$ , but max. 25 mm
2.7	202	Shrinkage cavity	—	$\geq 0,5$	Short imperfections permitted, but not breaking of the surfaces — butt welds: $h \leq 0,4 s$ , but max. 4 mm — fillet welds: $h \leq 0,4 a$ , but max. 4 mm	Not permitted	Not permitted
2.8	2024	Crater pipe	 The larger value of $h$ or $l$ will be measured	0,5 to 3 $> 3$	$h/l \leq 0,2 t$ $h/l \leq 0,2 t$ , but max. 2 mm	Not permitted	Not permitted
2.9	300 301 302 303	Solid inclusions Slag inclusions Flux inclusions Oxide inclusions	— butt welds	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$ , but max. 4 mm $l \leq s$ , but max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$ , but max. 3 mm $l \leq s$ , but max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm $l \leq s$ , but max. 25 mm
			— fillet welds	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$ , but max. 4 mm $l \leq a$ , but max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$ , but max. 3 mm $l \leq a$ , but max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$ , but max. 2 mm $l \leq a$ , but max. 25 mm

Table 1 (continued)

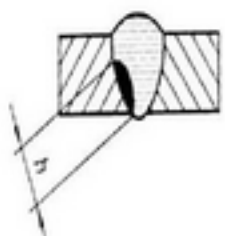
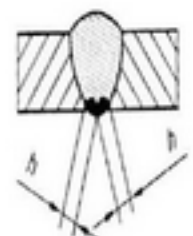
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
2.10	304	Metallic inclusions other than copper	— butt welds	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$ , but max. 4 mm	$h \leq 0,3 s$ , but max. 3 mm	$h \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm
			— fillet welds	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$ , but max. 4 mm	$h \leq 0,3 a$ , but max. 3 mm	$h \leq 0,2 a$ , but max. 2 mm
2.11	3042	Copper inclusions	—	$\geq 0,5$	Not permitted	Not permitted	Not permitted
2.12	401	Lack of fusion (incomplete fusion)		$\geq 0,5$	Short imperfections permitted, but not breaking of the surfaces  — butt welds: $h \leq 0,4 s$ , but max. 4 mm  — fillet welds: $h \leq 0,4 a$ , but max. 4 mm	Not permitted	Not permitted
	4011	Lack of side wall fusion					
	4012	Lack of inter-run fusion					
	4013	Lack of root fusion					

Table 1 (continued)

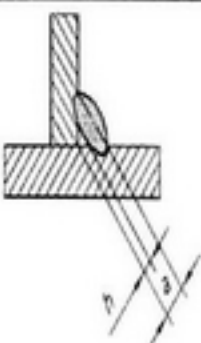
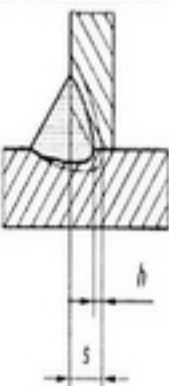
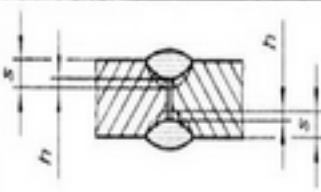
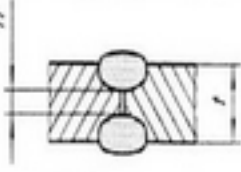
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
2.13	402	Lack of penetration	 <p>T-joint (fillet weld)</p>	> 0,5	Short imperfection: $a \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm	Not permitted	Not permitted
			 <p>T-joint (partial penetration)</p>				
			 <p>Butt joint (partial penetration)</p>	$\geq 0,5$	Short imperfections: — butt joint: $a \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm — T-joint: $a \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm	Short imperfections: — butt joint: $a \leq 0,1 s$ , but max. 1,5 mm — fillet joint: $a \leq 0,1 s$ , but max. 1,5 mm	Not permitted
			 <p>Butt joint (full penetration)</p>	$\geq 0,5$	Short imperfection: $a \leq 0,2 s$ , but max. 2 mm	Not permitted	Not permitted



Table 1 (continued)

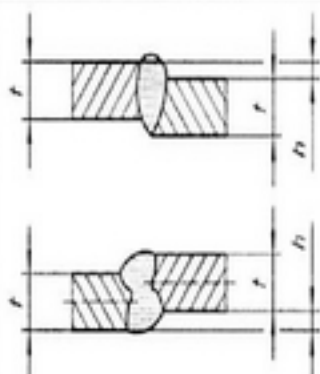
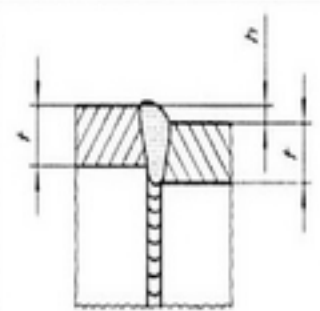
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
3 Imperfections in joint geometry							
3.1	507	Linear misalignment	The limits relate to deviations from the correct position. Unless otherwise specified, the correct position is that when the centrelines coincide (see also Clause 1). t refers to the smaller thickness. Linear misalignment within the given limits are not regarded as systematic imperfection (applicable to Figures A and B).	0,5 to 3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,25 t$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,15 t$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$
			 Figure A: Plates and longitudinal welds	> 3	$h \leq 0,25 t$ , but max. 5 mm	$h \leq 0,15 t$ , but max. 4 mm	$h \leq 0,1 t$ , but max. 3 mm
			 Figure B: Circumferential welds	$\geq 0,5$	$h \leq 0,5 t$ , but max. 4 mm	$h \leq 0,5 t$ , but max. 3 mm	$h \leq 0,5 t$ , but max. 2 mm

Table 1 (continued)

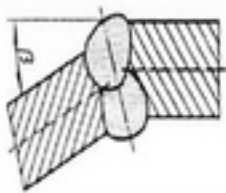
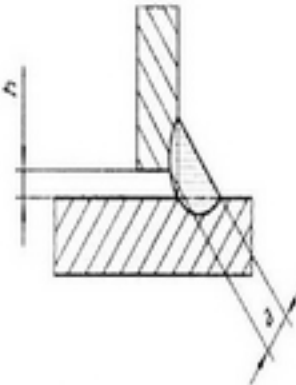
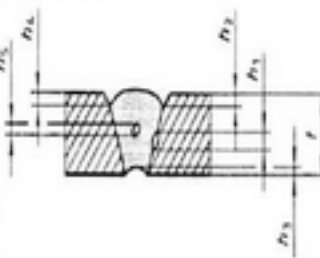
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
3.2	508	Angular misalignment		$\geq 0,5$	$\beta \leq 4^\circ$	$\beta \leq 2^\circ$	$\beta \leq 1^\circ$
3.3	617	Incorrect root gap for fillet welds	The limitation of Clause 5 as regards systematic imperfection does not apply. 	0,5 to 3	$k \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$	$k \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$	$k \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 a$
				> 3	$k \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$ , but max. 4 mm	$k \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$ , but max. 3 mm	$k \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$ , but max. 2 mm
<b>4 Multiple imperfections</b>							
4.1	None	Multiple imperfections in any cross section <sup>a</sup>  Cross section (macrograph) in the most unfavourable joint range	 $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = \Sigma h$	0,5 to 3	Not permitted	Not permitted	Not permitted
				> 3	Maximum total height of imperfections $\Sigma k \leq 0,4 t$ or $\leq 0,25 a$	Maximum total height of imperfections $\Sigma k \leq 0,3 t$ or $\leq 0,2 a$	Maximum total height of imperfections $\Sigma k \leq 0,2 t$ or $\leq 0,15 a$

Table 1 (continued)

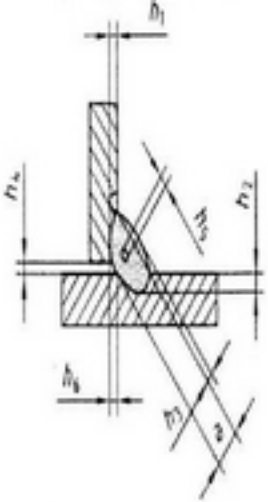
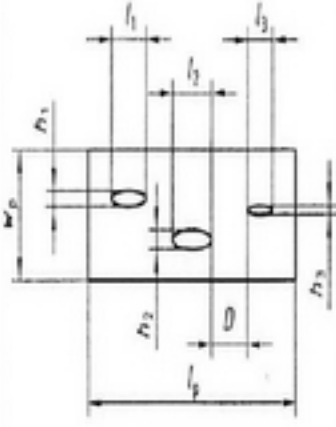
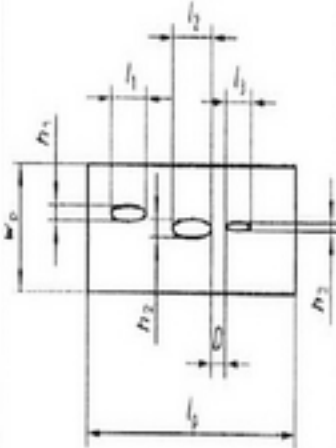
No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	r mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
4.1			 $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = \Sigma h$				
4.2	None	Projected or cross-section area in longitudinal direction	<p>case 1 (<math>D &gt; l_2</math>)</p>  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + h_3 \times l_3 = \Sigma h \times l$				

Table 1 (continued)

No.	ISO 5520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	B
42			<p>case 2 (<math>D &lt; l_3</math>)</p>  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + \left( \frac{h_2 + h_3}{2} \right) \times D + h_3 \times l_3 = \Sigma h \times l$ <p>The sum of the areas <math>\Sigma h \times l</math> shall be calculated as a percentage to the evaluation area <math>l_p \times w_p</math> (case 1).</p> <p>If <math>D</math> is smaller than the shorter length of one of the neighbouring imperfections, the full connection of the two imperfections shall be applied to the sum of imperfections (case 2).</p> <p>NOTE See also Annex A for information.</p>	$\geq 0,5$	$\Sigma h \times l \leq 16 \%$	$\Sigma h \times l \leq 8 \%$	$\Sigma h \times l \leq 4 \%$
<sup>a</sup> See Annex B.							