بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت مسکن و شهرسازی

سازمان نظام مهندسی استان کرمان

دوره آموزشی

روشهای اجرا و کنترل اتصالات در سازه های فولادی

ترتیب عملیات اجرایی جهت اجرای سازه های فلزی

۱- عملیات خاکی و اجرای سازه نگهبان
۲- اجرای زهکشی موقت و دائم
۳- اجرای بتن مگر
۴-آرماتوربندی و تنظیم آرماتورها
۵-صفحه گذاری و تراز کردن صفحات

۵-۱- بااستفاده از صفحه اصلی سازه ای در روش سنتی
۵-۲ – بااستفاده از شابلن درروش

۶-بتن ریزی و عمل آوری بتن
۷-ترازکردن صفحات و گروت ریزی درروش سنتی
۸-مونتاژ ستون ها وتیرها
۹-اجرای ستون ها تیرها(کامل کردن جوشکاری)
۱۰-نصب ستون ها
۱۰ -۱ – نصب ستون ها و تکمیل کردن اتصالات ستون ها به صفحات زیرستون درروش سنتی
۱۰-۲ – نصب ستون ها پس از برداشتن شابلن و گروت ریزی زیر صفحات درروش صنعتی
۱۱-نصب تیرها
۱۲-تکمیل کردن اتصالات تیرها
۱۳-نصب بادبندها
۱۴-تکمیل کردن اتصالات بادبندها
۱۵-اجرای سقف ها

انواع روشهای پایدار سازی گود

- جداره های مهاربندی شده توسط المان های افقی و مایل
- جداره های مهاربندی شده توسط المان های کششی
- جداره های مهاربندی شده توسط سپر کوبی
- جداره های مهاربندی شده توسط سپر کوبی
- جداره های مهاربندی شده توسط شمع های درجا
- جداره های مهار بندی شده توسط دیوار دیافراگمی
- جداره های مهاربندی شده توسط نیلینگ
- جداره های مهاربندی شده توسط انکراژ
- جداره های مهاربندی شده توسط دوخت به پشت – پین گذاری
- جداره های مهاربندی شده توسط میکروپایل
- جداره های مهاربندی شده توسط خرپا
- شیبدار کردن

مهار بندی جداره ها توسط المان های افقی و مایل

مهاربندی توسط المان های کششی

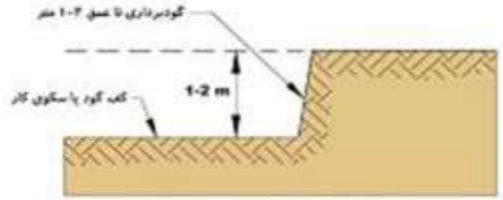
مهاربندی توسط سپر کوبی

مهار بندی توسط شمع های درجا

مهار بندی توسط دیوار دیافراگمی

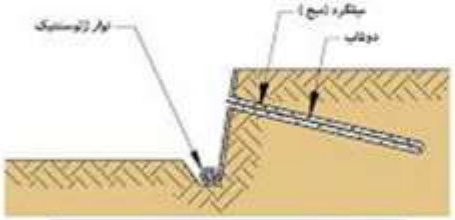
جداره های مهاربندی شده توسط نیلینگ

مراحل اجرای سیستم نیلینگ (nailing)

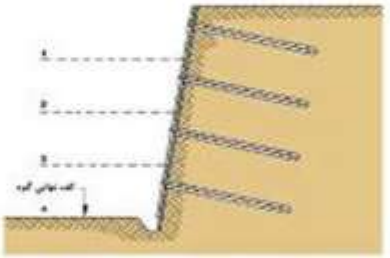


مرحله ۱ - گود برداری کم عمق

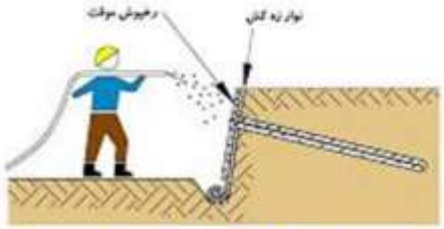
مرحله ۲ - حفر گمانه برای میخ



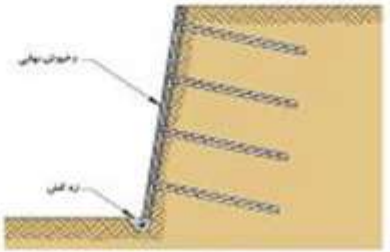
مرحله ۳ - نصب و تزریق میخ همراه با نصب زه کشی



مرحله ۵ - اجرای نرارها یا پله‌های بعدی

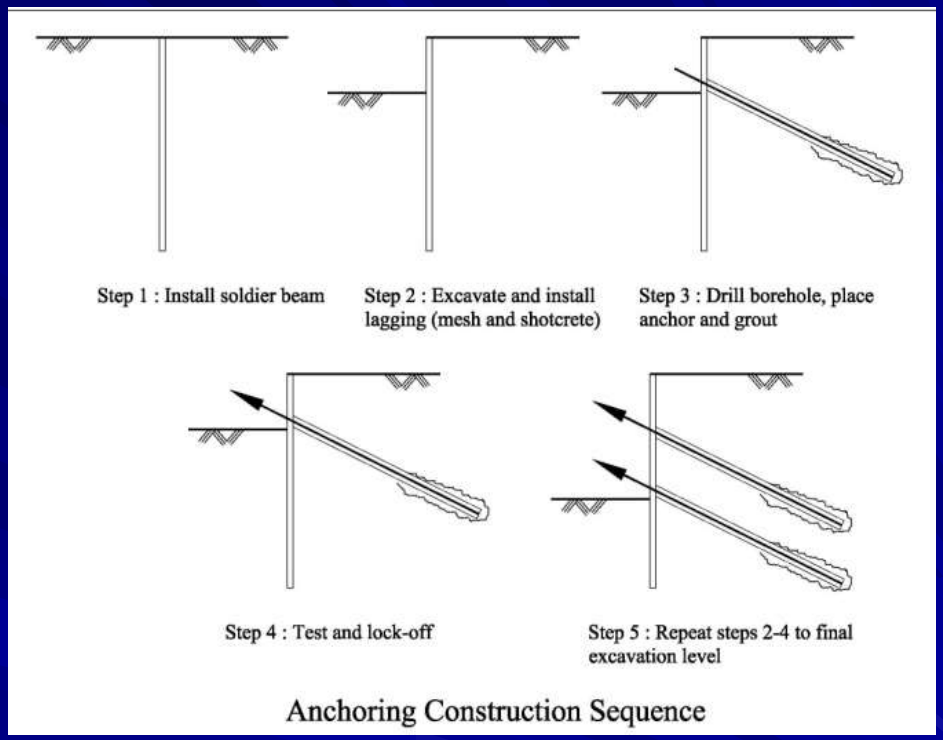


مرحله ۴ - اجرای رخپوش موقت
(شامل شاتکریت، مش، صفحه زیرسری، مهره و واشر)



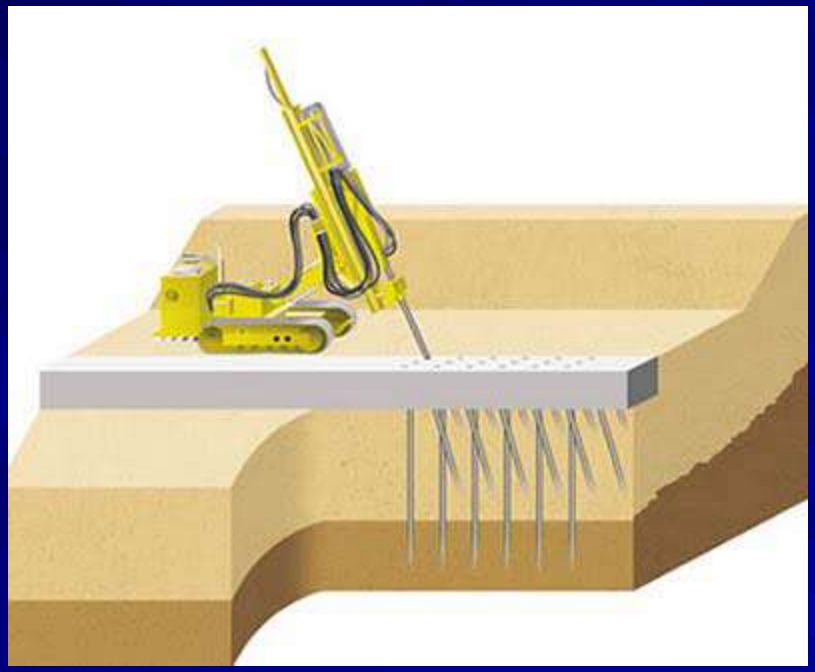
مرحله ۶ - اجرای رخپوش نهایی
(در گود برداری های دائمی) همراه با اجرای زه کش پنجه

جداره های مهاربندی شده توسط انکراژ



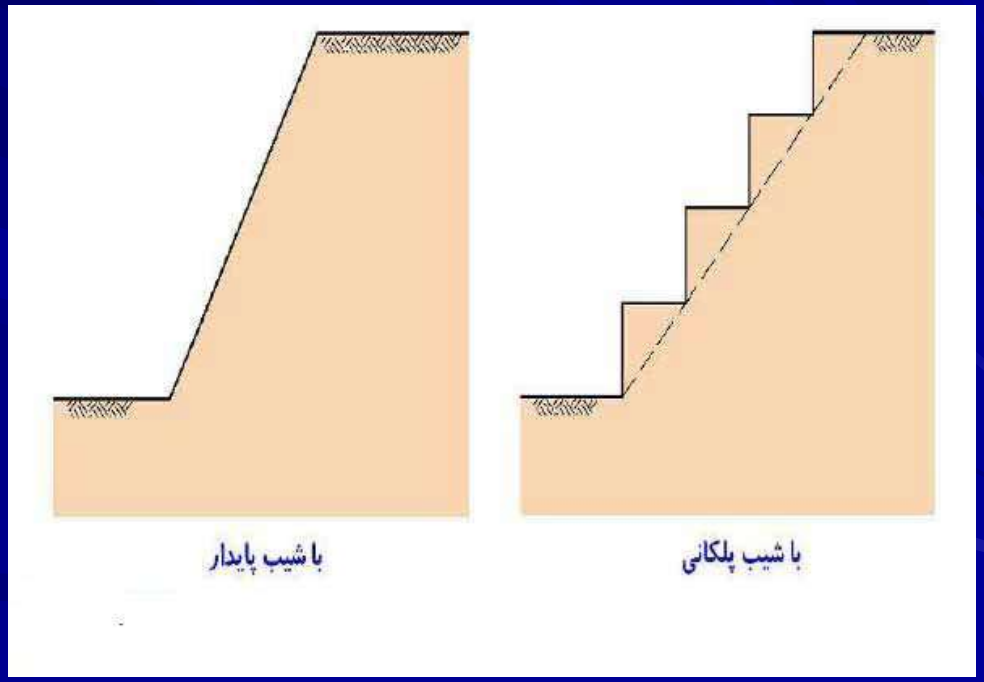
جداره های مهاربندی شده توسط دوخت به پشت – پین گذاری

جداره های مهاربندی شده توسط میکروپایل



جداره های مهاربندی شده توسط خرپا

شیبدار کردن



زهکشی در زیر فونداسیون

گود برداری

برخورد با لایه تراز آب زیر زمینی و کندن چاه موقت جهت جلوگیری از گل شدن سایر نقاط وپمپاژ مستمر به فضای خارج کارگاه

ادامه عملیات گودبرداری تارسیدن به تراز زیر فونداسیون و هدایت آب به چاه های کنده شده موقت و خشک کردن کف فونداسیون در معرض هوا و آفتاب

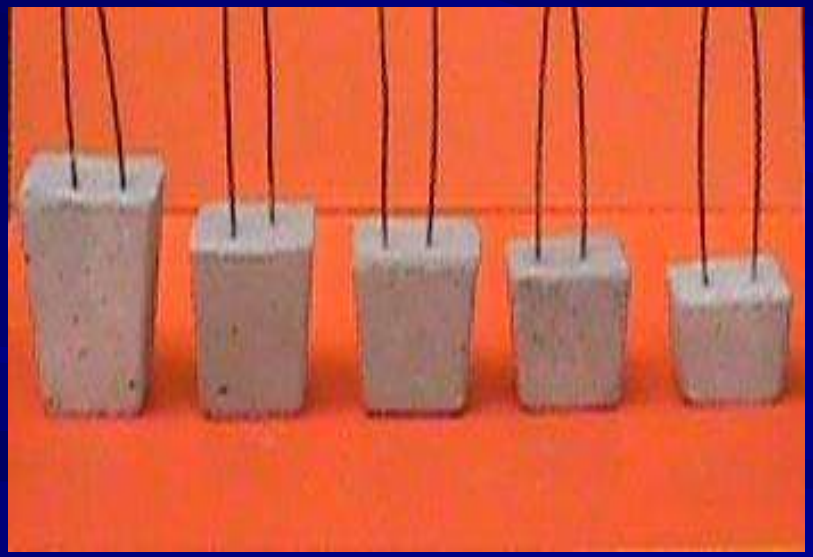
انتخاب محل دو یا سه چاه عمیق بصورت میله و کندن ان‌ها در گوشه های فونداسیون و خارج از آن بنام پیت و کارگذاری چند شاخه لوله فشار قوی اسپیرال جهت جلوگیری از ریزش بدنه چاه ومسدود شدن آن و کارگذاری کف کش جهت پمپاژ دایم آب از آن و انجام خط کشی جهت هدایت آب‌های زیر زمینی به کمک کانال‌های محیطی اصلی و فرعی و شیب مناسب در حین کانال کنی به کمک بیل مکانیکی برای هدایت آب از این کانال‌ها به کمک یکسری لوله هایی، از قبل سوراخکاری شده در بدنه لوله طوری که پیش بینی شمع در زیر فونداسیون جهت جلوگیری از نشست نامتقارن و عدم تداخل لوله ها و شمع ها می گردد.

اجرای ژئوتکستایل در کانال های کنده شده جهت کار گذاری لوله ها و دور پیچ کردن توسط آن برای جلوگیری از نفوذ گل و لای و مسدود شدن لوله و ریختن شن نفلی روی لوله جهت عمل فیلترینگ رطوبت احتمال زیر فونداسیون

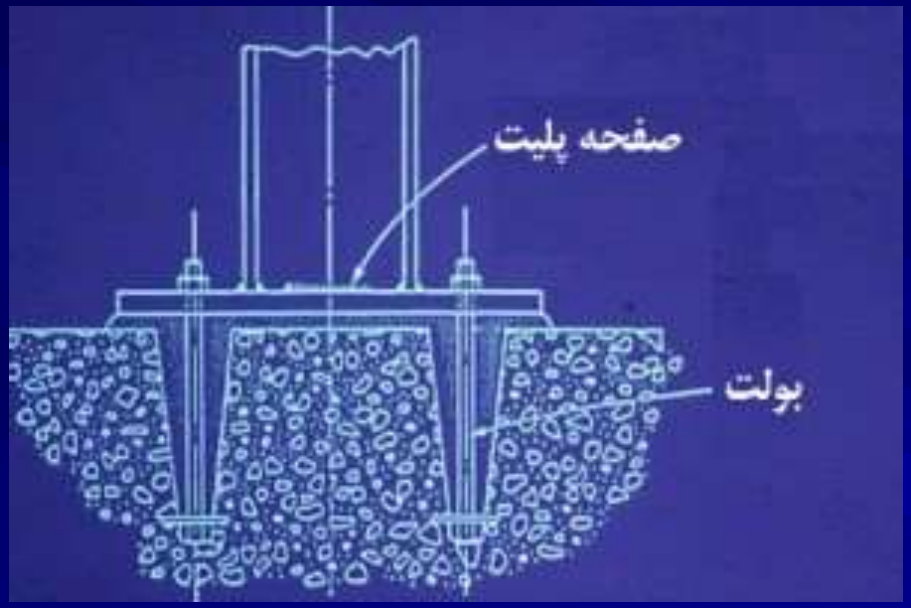
موارد استفاده بتن مگر

۱ . جلوگیری از نفوذ سیمان به خاک
۲ . جلوگیری از جذب آب بتن توسط خاک
۳ . آماده سازی بستر خاک برای پی ریزی
۴ . صاف ، تراز و همگن کردن فونداسیون
۵ . اگر خاک برداری بیش از حد لازم انجام شود برای تراز کردن کف پی و پر کردن فضای خالی از بتن مگر استفاده می شود

spacer



کف ستون ⟵ اتصال ستون به شالوده



اجرای کف ستون ها
- روش سنتی
- روش صنعتی

روش سنتی

در این روش که در ساختمان سازی متعارف در ایران معمول است، ورق صفحه ستون به صورت جدا از ستون همراه با میله ی مهاری قبل از بتن ریزی برروی شالوده مستقر میگردد. و پس از بتن ریزی، مهره های میله ی مهاری باز شده و سطح شالوده تمیز و مرطوب میگردد. سپس ملات پرسیمان با ضخامت لازم روی شالوده پخش شده و ورق صفحه ستون روی آن قرارگرفته و به کمک تراز و دوربین، در وضعیت نهایی خود قرار گرفته و مهرههای میله های مهاری سفت میشود. بعد از گرفتن ملات، صفحه ستون آماده ی نصب ستون برروی آن میباشد.

روش صنعتی

میله های مهاری را در محلهای تعیین شده قرار میدهند و موقعیت آنها را به وسیله شابلون تثبیت میکنند و سپس بتتریزی شالوده انجام میشود. در این روش صفحه ستون در کارخانه به صورت گونیا به پای ستون جوش و یکپارچه میشود. برای نصب، ابتدا شابلونها را پس از سفت شدن بتن، باز کرده و روی شالوده پدگذاری(Pading)میشود. پدها ورقهای ۱۰۰×۱۰۰×۴ میلیمتر میباشند که یک شاخک نبشی به سطح تحتانی آن جوش شده است. پدها بطور کامل به کمک ملات در موقعیت موردنظر مستقر و تراز میشوند. بعد از گرفتن ملات زیر پد، ستون به همراه صفحه ستون روی آنها مستقر شده و ستون کامالابه صورت شاقولی درمیآید و مهرهٔ میله های مهاری سفت میشود. در مرحله آخرگروت ریزی انجام میشود.

ساخت ستون با صفحه ستون در کارخانه

نصب ستون و قالب بندی جهت گروت ریزی

پای ستون پس از گرو تریزی

انواع گروت

۱ -گروت منبسط شونده بر پایه سیمان

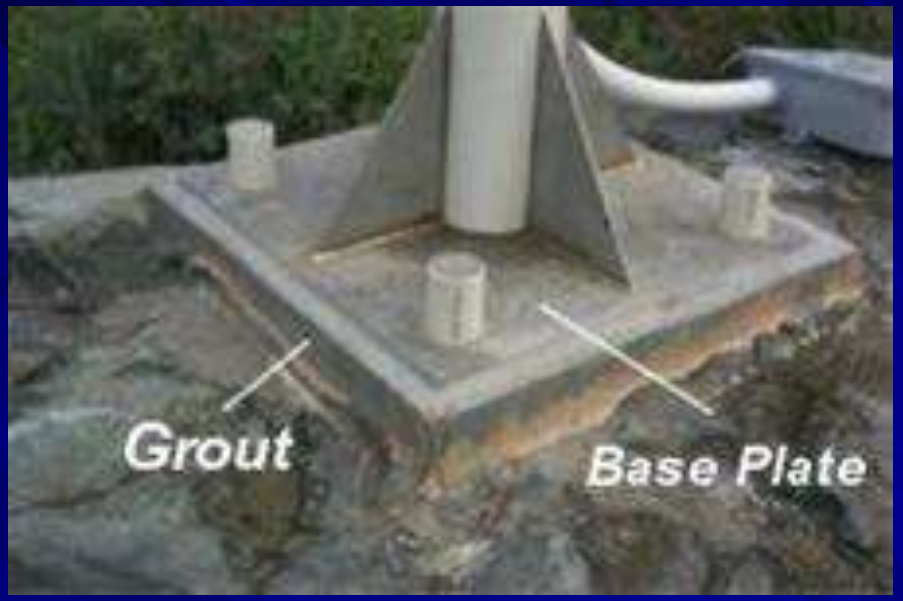
- در زیر صفحه ستون ها و بیس پلیت
- کاشت بولت

۲ -گروت پلیمری

- جاه های بتنی
- کف سازی های صنعتی
- باند فرودگاه ها
- محل های پارک ماشین
- جایگذاری زیر پل ها و غیره

گروت اپوکسی

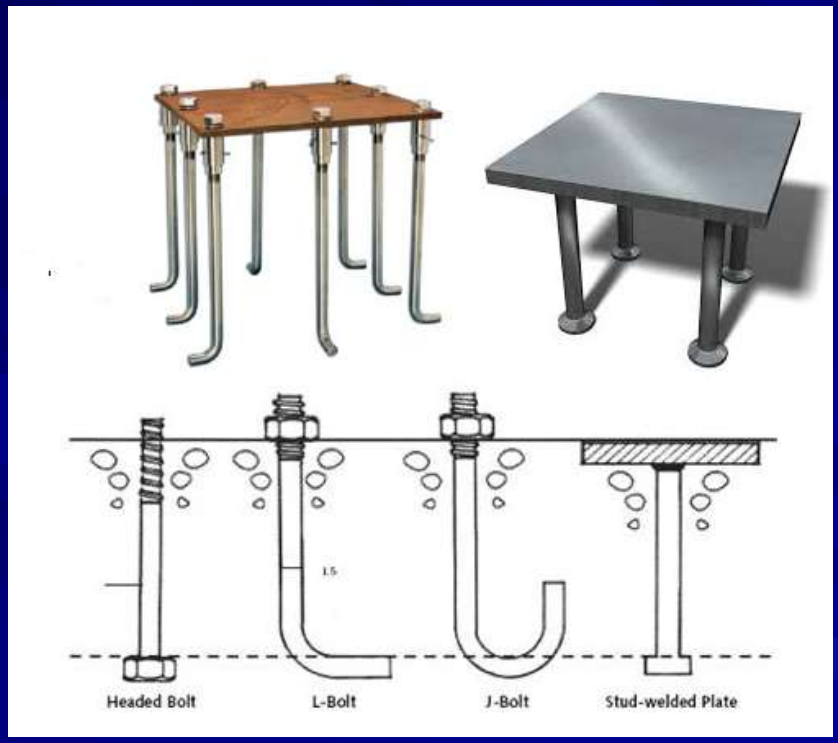
- کارخانه ماشین آلات موتوری
- ژنراتور ها
- پمپها
- ریل جرثقیل ها
- سیستم های انبارهای بلند


Grout
Base Plate

دپارتمان آموزش کلینیک بتن ایران-مقالات علمی
TEL & FAX: 44 54 95 11 , 44 89 23 02 web: WWW.MTOCHEM.COM
کلینیک بتن ایران

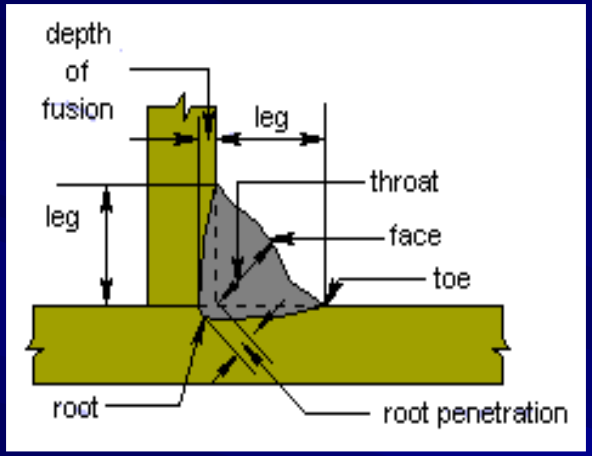
Bolt Connections - Column[www.civil.ir].avi

بولت

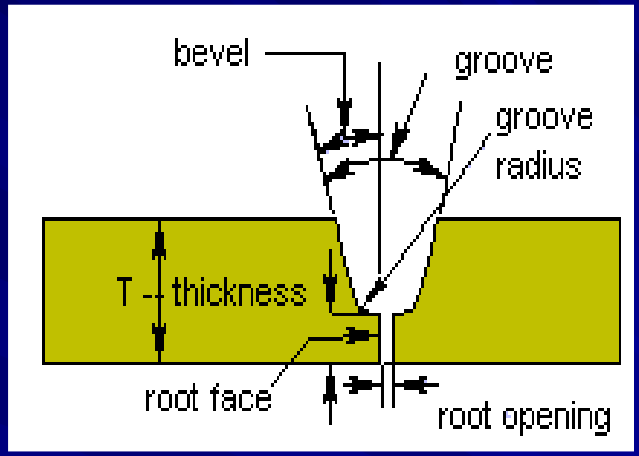


انواع جوش

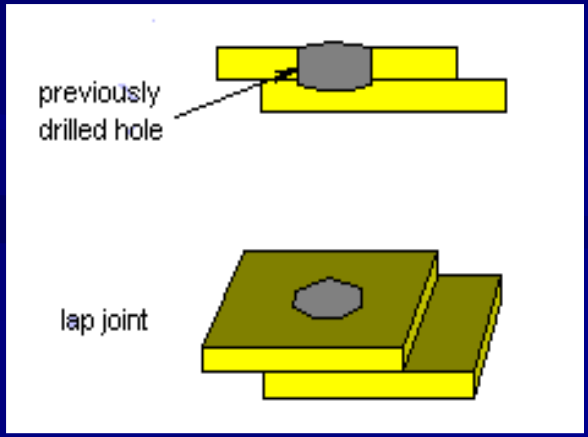
Fillet Weld



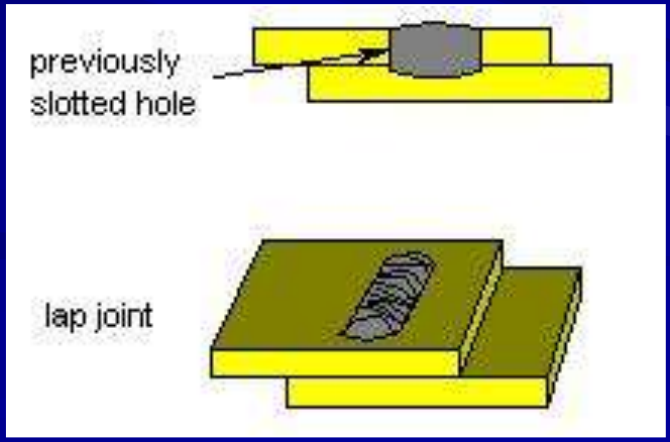
Bevel groove Weld



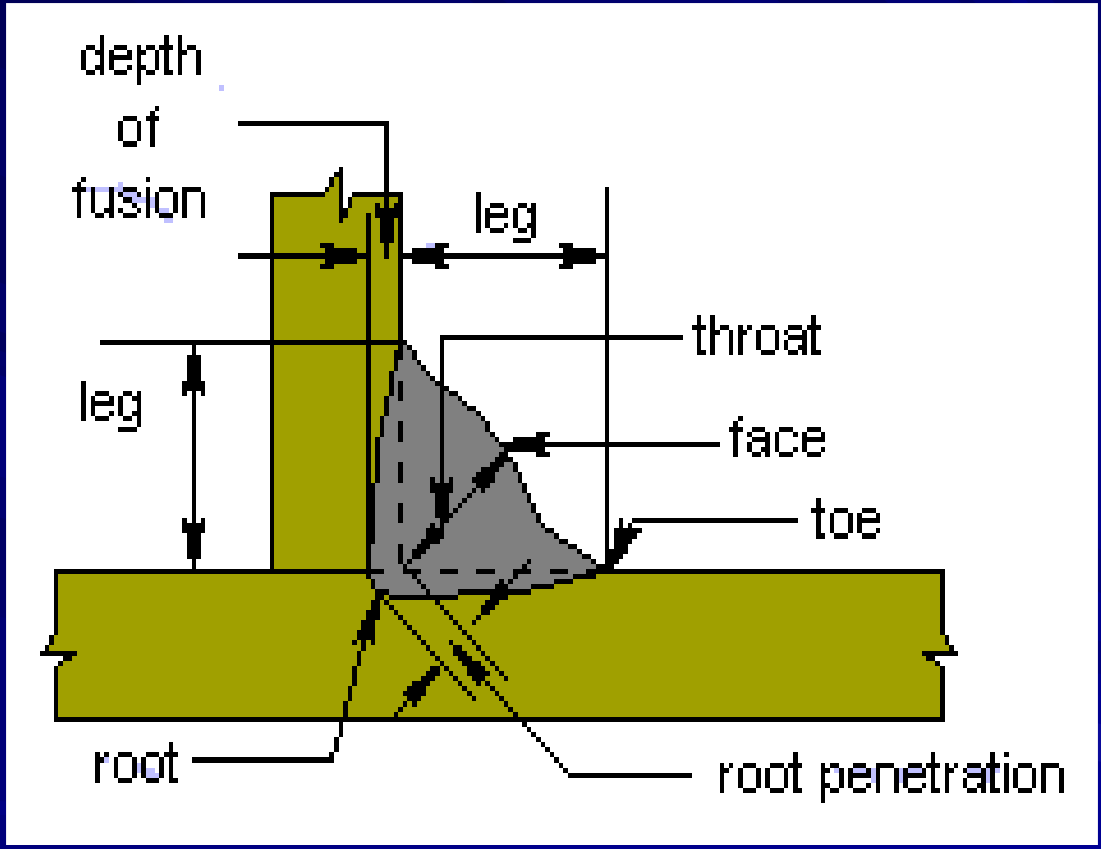
Plug Weld



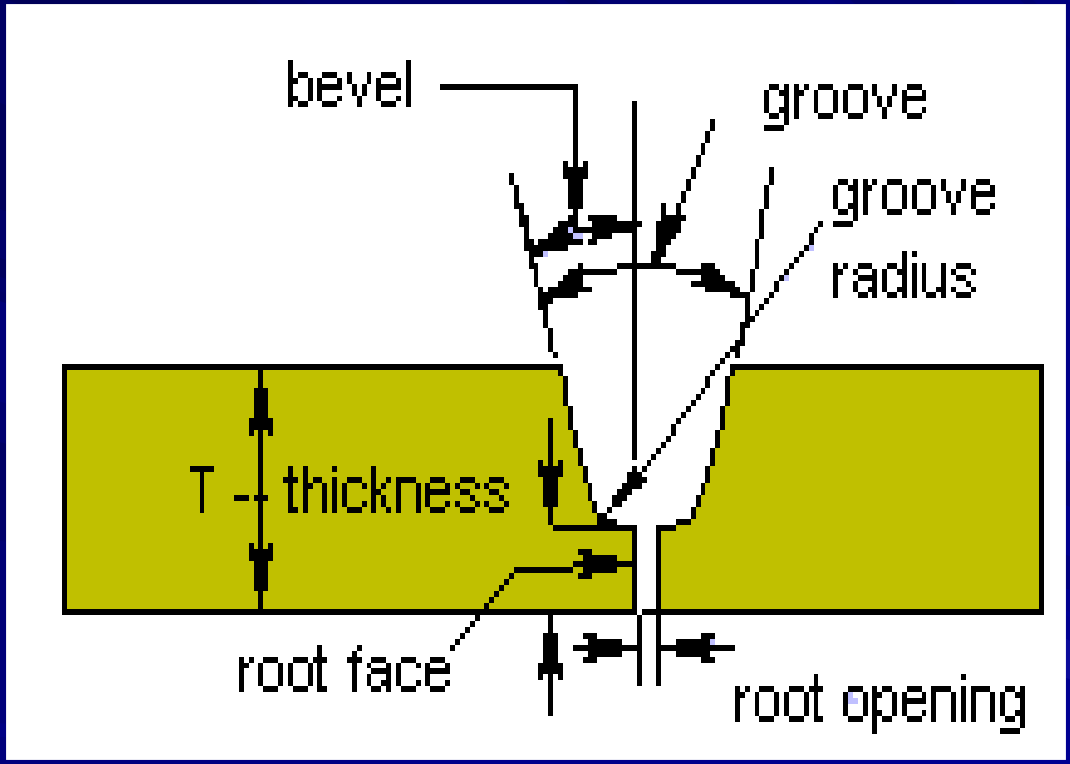
Slot Weld



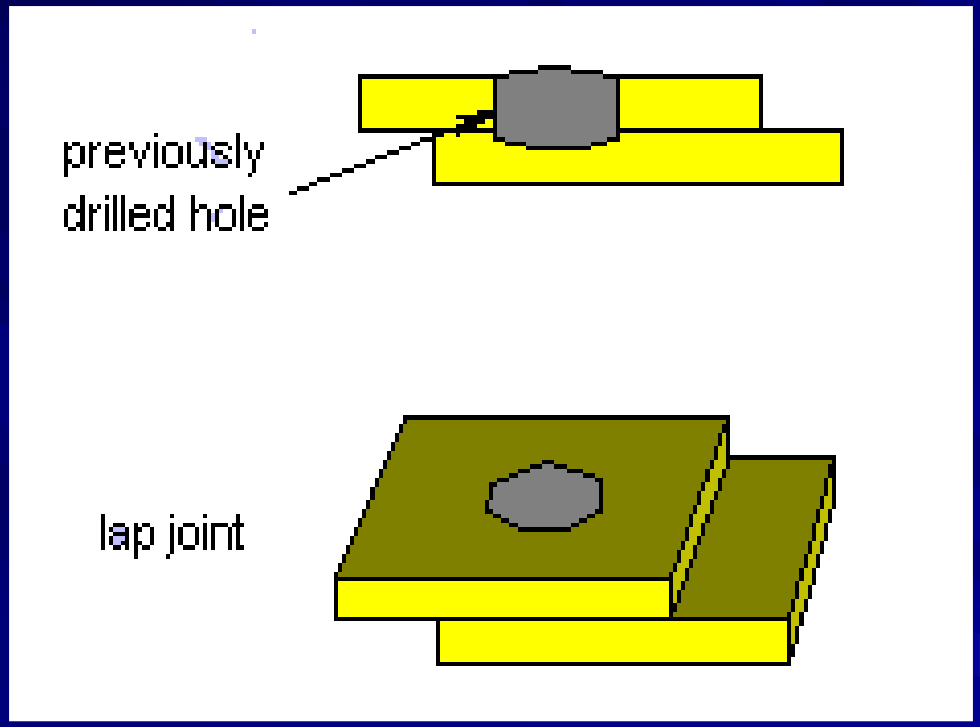
Fillet Weld


depth
of
fusion
leg
throat
leg
face
toe
root
root penetration

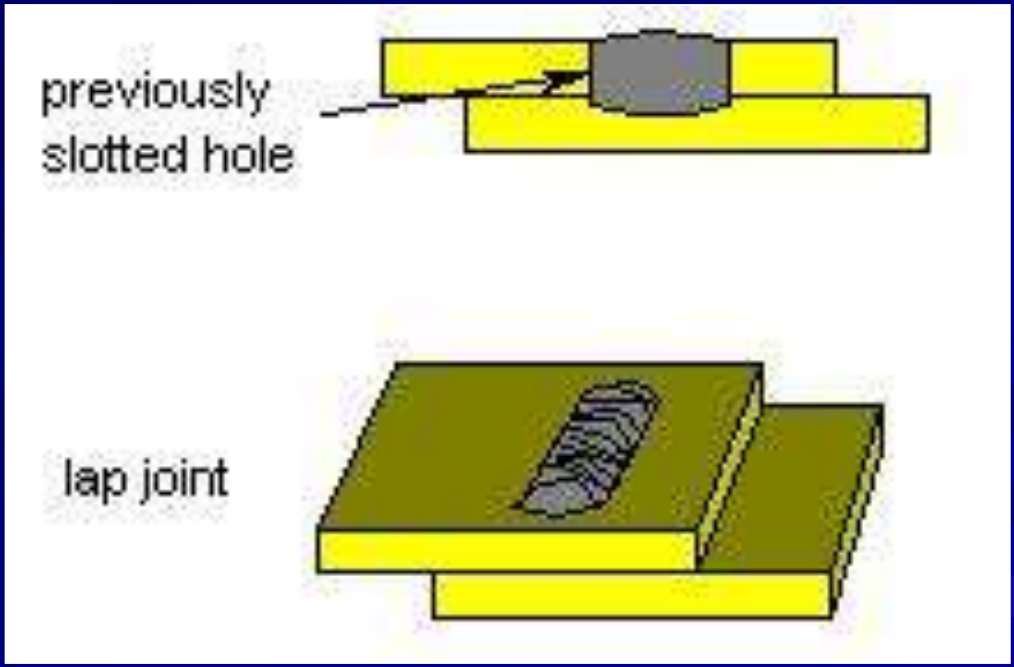
Bevel groove Weld



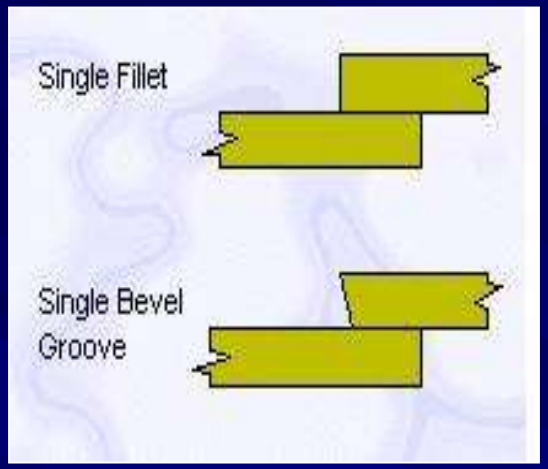
Plug Weld

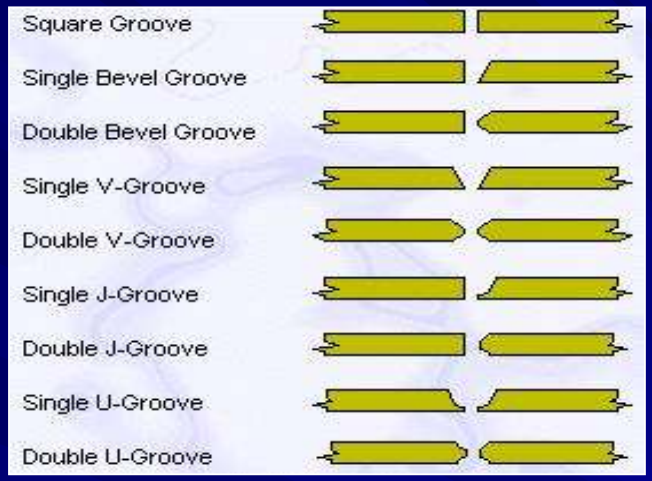


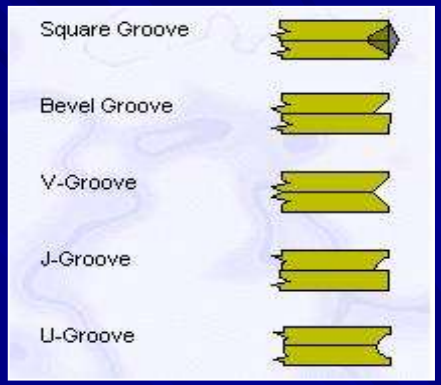
Slot Weld

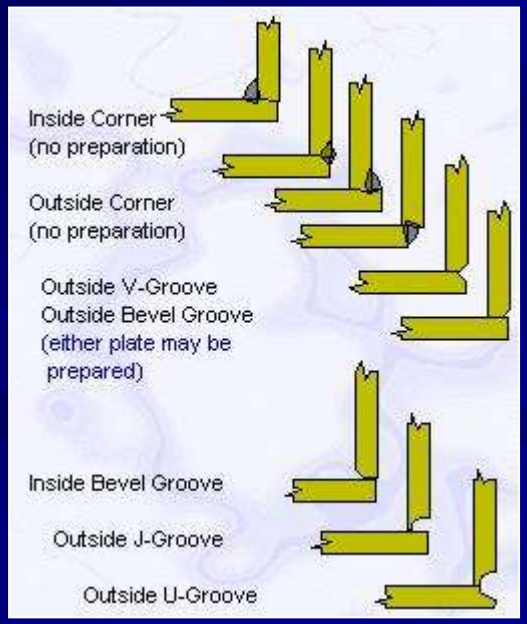


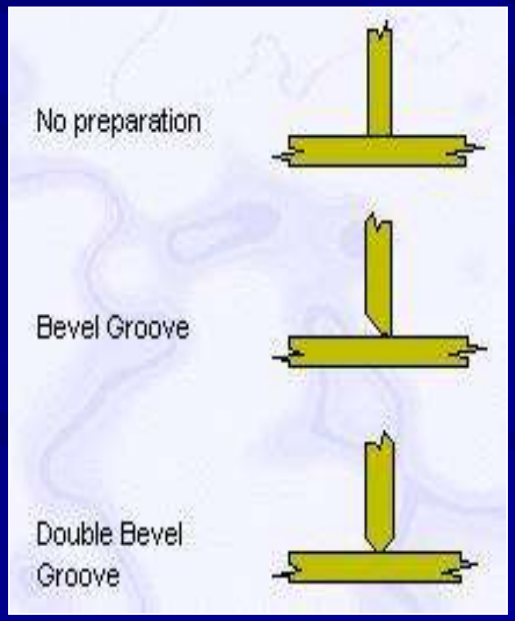
انواع مختلف لبه سازی

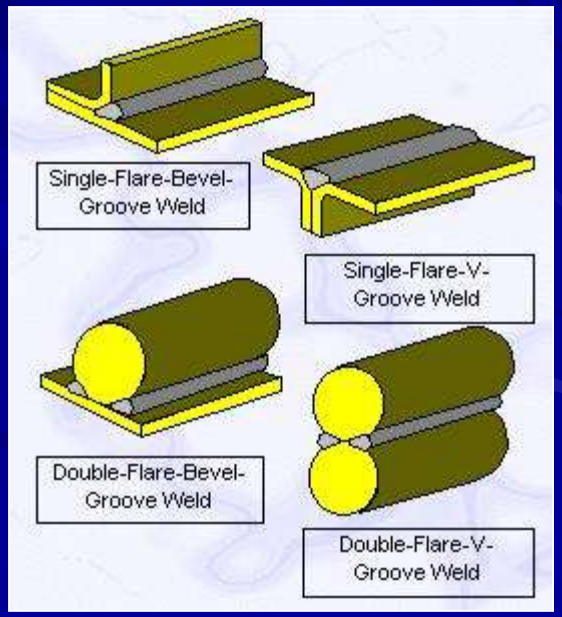


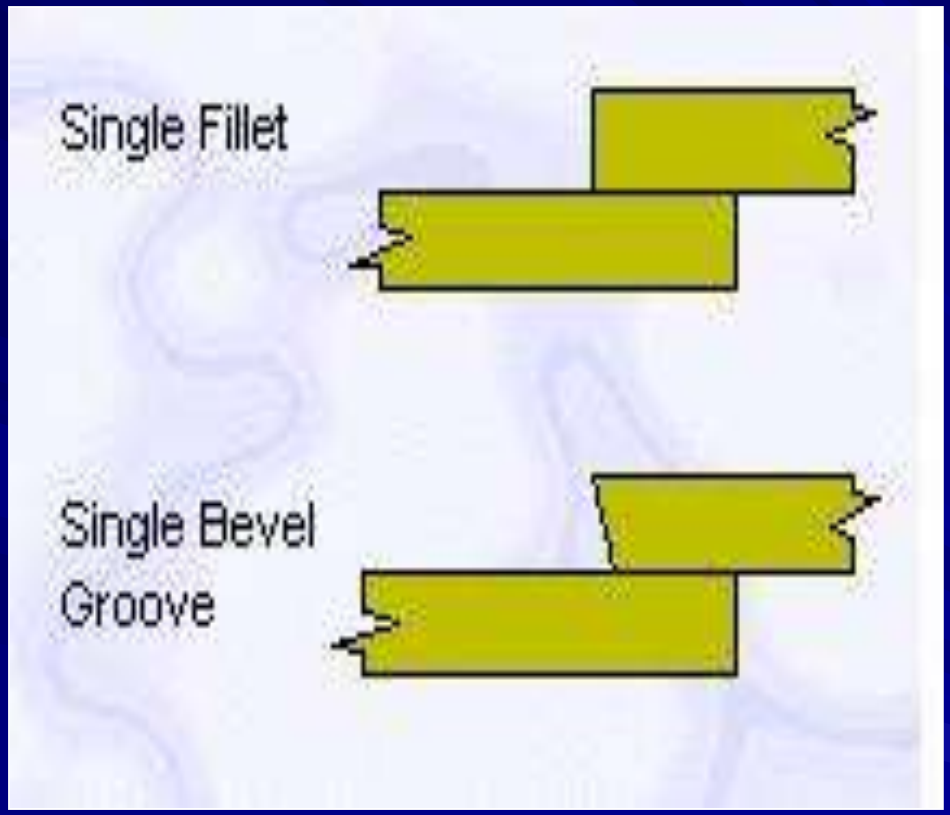


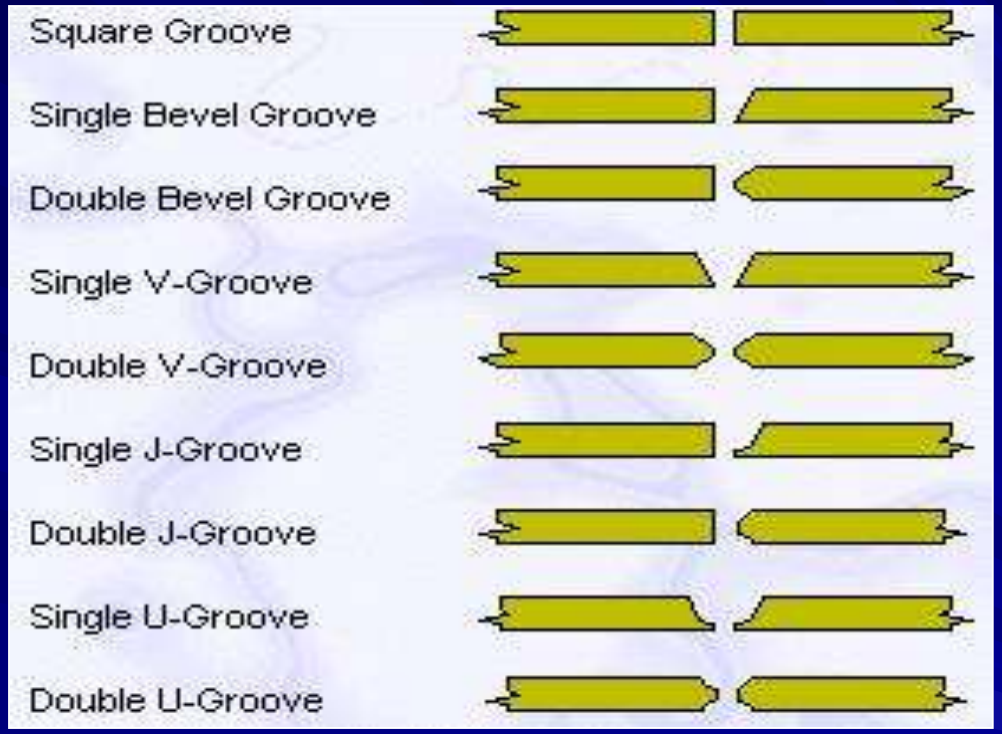









Single Fillet
Single Bevel
Groove


Square Groove
Single Bevel Groove
Double Bevel Groove
Single V-Groove
Double V-Groove
Single J-Groove
Double J-Groove
Single U-Groove
Double U-Groove

Square Groove

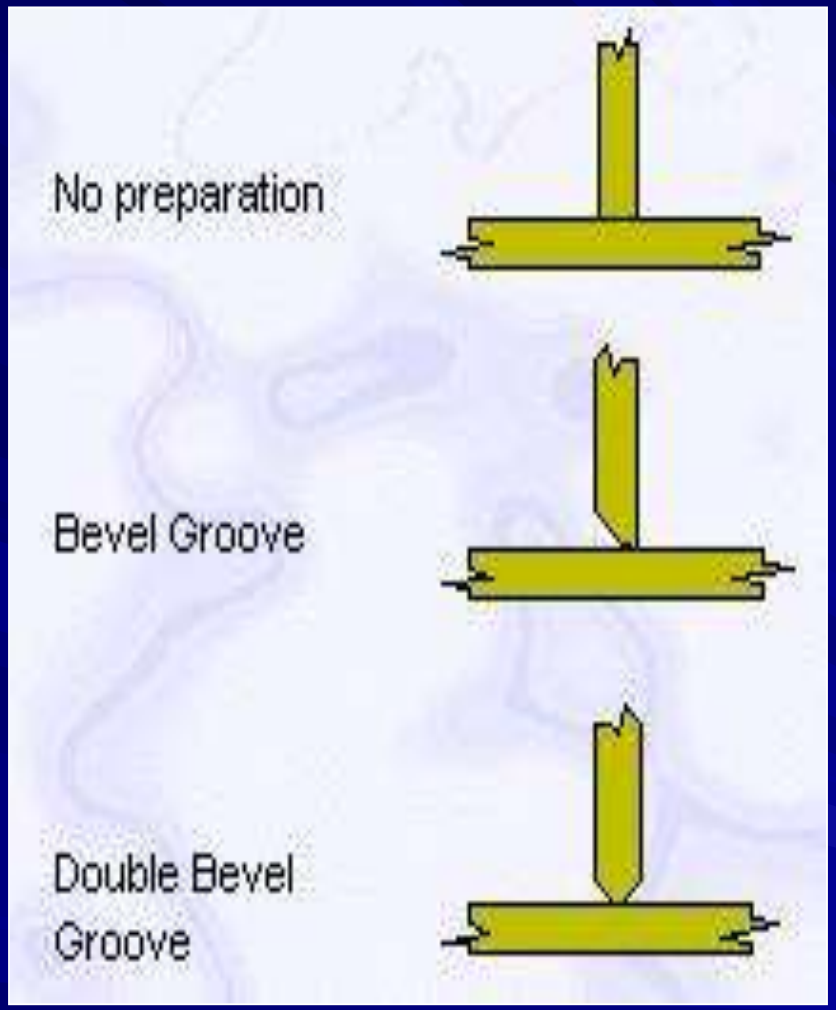
Bevel Groove

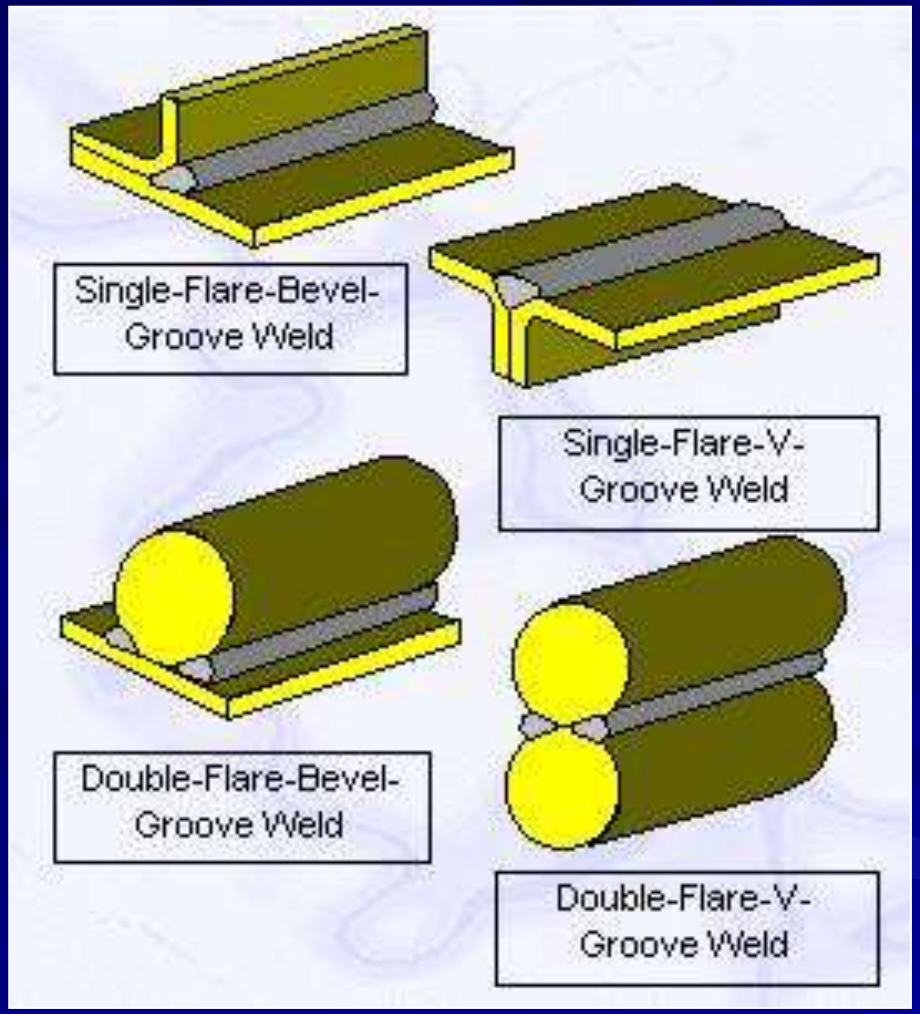
V-Groove

J-Groove

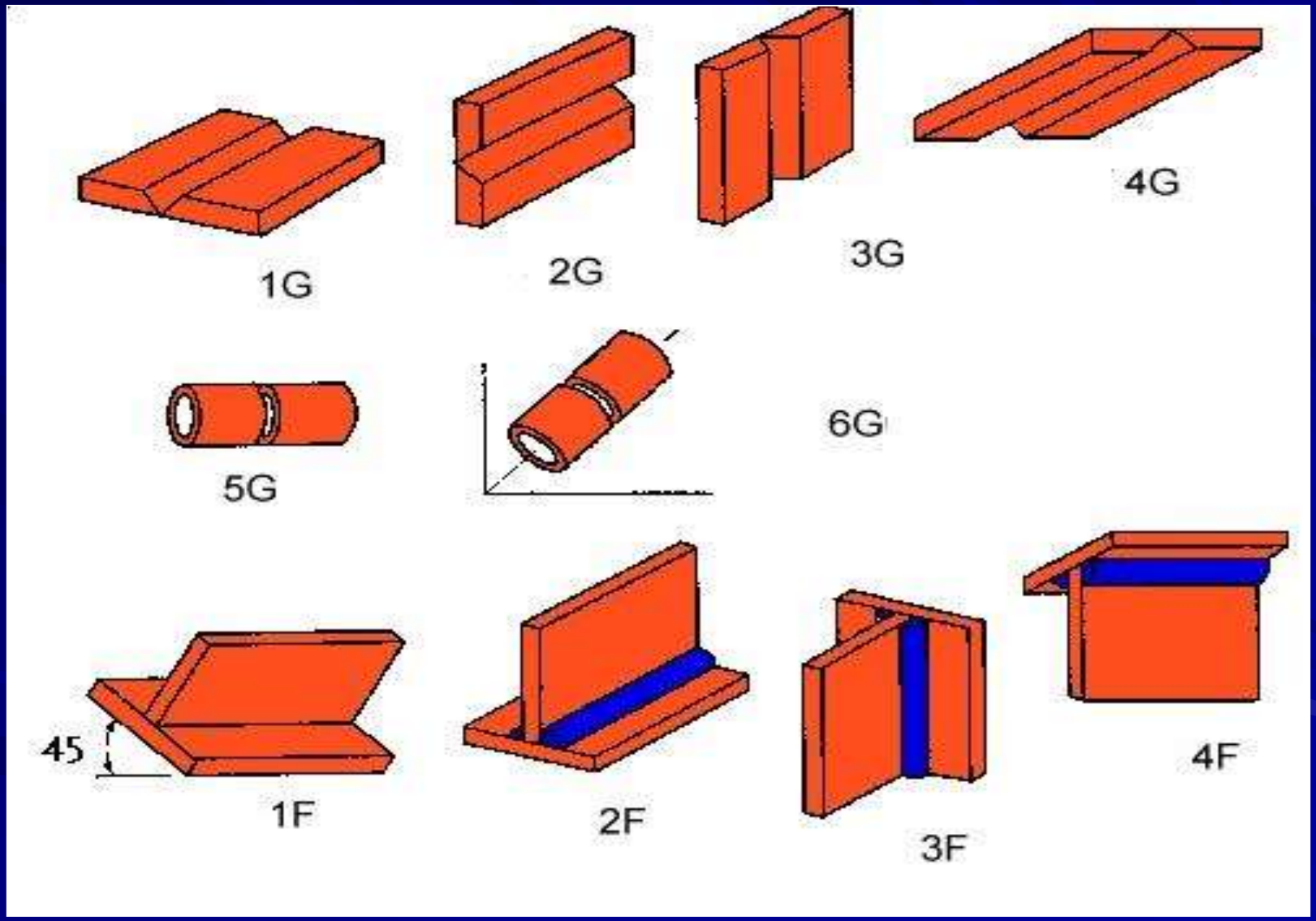
U-Groove

Inside Corner
(no preparation)
Outside Corner
(no preparation)
Outside V-Groove
Outside Bevel Groove
(either plate may be
prepared)
Inside Bevel Groove
Outside J-Groove
Outside U-Groove


No preparation
Bevel Groove
Double Bevel Groove


Single-Flare-Bevel-Groove Weld
Single-Flare-V-Groove Weld
Double-Flare-Bevel-Groove Weld
Double-Flare-V-Groove Weld

وضعیت‌های جوشکاری



الكترود

الکترود

تعریف الکترود: الکترود مفتولی فلزی است که دورتادور آن با مواد شیمیایی پوشش داده شده‌است و ضمن هدایت جریان از انبر به فلز مبناپرکننده درز جوش وتامین کننده مواد آلیاژی میباشد. بعبارت دیگر الکترود فلزی و یا زغالی است که بین آن میله و قطعه ی مورد جوشکاری قوس الکتریکی برقرار میگردد. الکترود ممکن است به عنوان فلز پر کننده یا واسطه ی عمل یونیزه یعنی ذوب شونده، وارد جوش گردد و یا اینکه فقط عاملی جهت ایجاد حرارت باشد و به صورت کمکی عمل نماید.

الکترود را میتوان به چهارصورت دسته بندی کرد:

۱-ازنظرقطر

۲-ازنظرطول

۳-از نظرمغزی فلزی

٤-ازنظرپوشش

انتخاب صحیح الکترود (از نظر قطر)

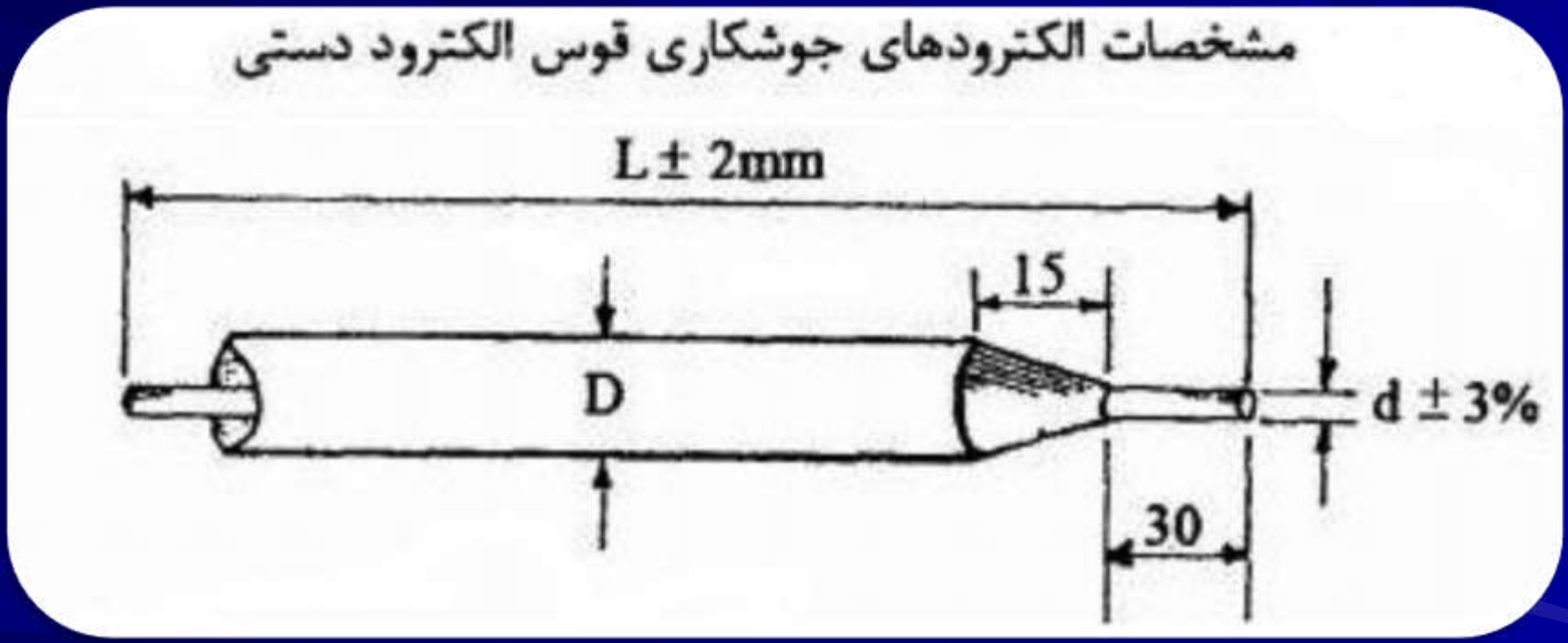
بایستی توجه داشت که همیشه قطر الکترود از ضخامت فلز جوشکاری کمتر باشد هر چند که در بعضی از کارخانجات تولیدی عده ای از جوشکاران الکترود با ضخامت بیشتر از ضخامت فلز را به کار می برند. این عمل بدین جهت است که سرعت کار زیادتر باشد ولی انجام آن احتیاج به مهارت فوق العاده جوشکار دارد. قطر استاندارد الکترود از ۱.۶ تا ۸ میلی متر می باشد. اما پرکاربردترین آنهاعبارتند از ۲- ۳.۲ - ٤ - ٥ میلیمتر.

همچنین انتخاب صحیح قطر الکترود بستگی زیاد به نوع قطب (+ یا -) و حالت درز جوش دارد مثلاً اگر یک درز V شکل با زاویه کمتر از ٤٠ درجه باشد بایستی حداکثر از الکترود با قطر پنج شانزدهم اینچ برای ردیف اول گرده جوش استفاده کرد تا کاملاً بتوان عمق درز را جوش داد. چنانچه از الکترود با قطر زیادتر استفاده شود مقداری تفاله در جوش باقی خواهد ماند که قدرت و استحکام جوش را به طور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد داد. در حین جوشکاری گاهی وقتها جرقه هائی به اطراف پخش می شود که دلایل آن چهار مورد زیر است.

۱. ایجاد حوزه مغناطیسی و عدم کنترل قوس الکتریکی
۲. ازدیاد فاصله الکترود نسبت به سطح کار
۳. آمپر بیش از حد یا آمپر بالای غیر ضروری
٤. عدم انتخاب قطب صحیح برای جوشکاری

انتخاب صحیح الکترود (از نظر طول)

طول استاندارد الکترودها از ۲۳۰ تا ۴۵۵ میلی متر تغییر می کند. الکترودهایی با قطر کوچکتر، طول کوتاهتری دارند.



قطر و طول الکترودها

قطر استاندارد مفتول الکترود (mm)	طول استاندارد (mm)
1.5	225
2	225-300
2	300
3	350
4	350
4.5	350
5.5	330-450
6	450
8	450
10	450

جنس هسته الکترود :

بطور کلی مواد مورد استفاده در ساخت هسته الکترود را به دو گروه عمده تقسیم می کنند :

الف)گروه آهنی : نظیر فولاد

ب)گروه غیر آهنی : نظیر مس ، آلومینیوم

لازم به توضیح است که در گروه آهنی هم از فولاد های ساده کم کربن بهره می گیرند و هم از فولادهای آلیاژی. مثلا برای جوشکاری فولاد های ضد زنگ از الکترودهایی استفاده می کنند که جنس هسته آن از فولاد پر آلیاژ باشد. این الکترودها در بازار به الکترودهای استیل معروفند .

جنس مفتول فلزی الکترود(مغزی الکترود)

با وجود آن که برای دستیابی به یک جوش مناسب، نزدیک بودن ترکیب شیمیایی الکترود به ترکیب شیمیایی فلز پایه از اهمیت ویژه ای برخوردار است، اما وجود پوشش های متنوع وفراوان، سبب شده تا سازندگان الکترود فقط از تعداد معدودی مغزی الکترود (با تنوع محدود) برای تولید صدها نوع الکترود اقدام نمایند. عوامل چسباننده که باعث خمیری شدن و چسبیدن پوشش روی مغزی می گردند، مثل سیلیکات سدیم و سیلیکات پتاسیم و یا چسب نشاسته.

الکترود ازنظرمغزی فلزی

در مورد فلزات غیرآهنی از الکترودها و آلیاژ های مانند مس – آلومینیوم – آب نقره برنج و برنز می توان نام برد.

مواد سازنده پوشش الکترود

الف:سلولز: ترکیب شیمیایی غیر کامل از خمیر چوب که تولید کننده گاز CO و H2 می باشد .
ب: اکسید تیتانیوم که نام دیگر آن روتایل است (Tio2) .
ج: اکسید آلومینیوم که نام دیگر آن آلومنیی است(Al2o3) .
د: اکسید آهن.
ه: کربنات آهن – کربنات کلسیم – کربنات منیزیم.
و: فلدسپات (که ترکیبی از آلومنینیم سیلسکات است)
ز: بعضی از سیلسکات ها که سرباره ساز هستند.
ح: بعضی از سیلسکات ها که نقش چسب را دارند مثل سیلیکات سدیم و سیلیکات پتاسیم.
ط: فرو آلیاژ ها مثل فرمنگنز و فرو سیلیس.
ی: پودر آهن از ۵ تا ۵۰ در صد.

تقسیم بندی الکترودها از نظر ضخامت پوشش:

سازندگان الکترود در گوشه و کنار دنیا، براساس استانداردهای مختلف و سفارش مشتریان ، الکترودهای مختلفی با ضخامت های گوناگون تولید می کنند . اگر قطر خارجی پوشش الکترود D و قطر مفتول فلزی الکترود d فرض شود ، تقسیم بندی الکترودها براساس ضخامت پوشش آن ها به قرار زیر خواهد بود:

- الکترودهای با پوشش نازك	$D/d \leq 2.1$
- الکترود با پوشش متوسط	$2.1 < D/d \leq 4.51$
- الکترودهای با پوشش ضخیم	$4.51 < D/d < 8.1$

آن چه مشخص است این است که هرچه پوشش الکترود ضخیم تر باشد، جوش از کیفیت بیشتری برخوردار خواهد بود .

الکترودها در جوش قوس الکتریکی

انواع قوس ها در جوشکاری با قوس الکتریکی:

تهیه قوس الکتریک به دو صورت با الکترودهای مصرفی و یا با الکترودهای غیر مصرفی مثلاً الکترودهای ذغالی و تنگستنی انجام می گیرد.

قوس الکتریک را می توان هم با جریان مستقیم و هم با جریان متناوب ایجاد کرد. ولی عملاً دیده می شود که جوشکاری با جریان مستقیم راحت تر و بهتر انجام می گیرد.

جنس الکترودها در جوشکاری با قوس الکتریک

چنانچه الکترود از نوع غیر مصرفی باشد الکترود از کربن – گرافیت یا تنگستن اختیار می گردد. الکترودهای کربنی یا گرافیتی مورد استعمالشان فقط در جوشکاری با جریان مستقیم می باشد در حالیکه الکترودهای غیر مصرفی از فلز تنگستن یا ولفرام را می توان برای هر دو نوع جریان بکار برد.

الکترود مصرفی و غیر مصرفی

از نظر جوشکاری دو نوع قوس الکتریکی بر حسب ذوب الکترود و یا عدم ذوب آن وجود دارد . اگر الکترود از جنس کربن یا تنگستن باشد هنگام ایجاد قوس الکتریکی الکترود ذوب نشده و قوس یا الکترود را غیر مصرفی Non consumable می نامند .اما اگر الکترود از جنس فلز با نقطه ذوب پائین تر باشد همزمان با ایجاد قوس الکتریکی انتهای الکترود ذوب شده و قطرات فلز مذاب می تواند از الکترود جدا شده و در فاصله قوس الکتریکی به طرف حوضچه جوش با سرعت زیاد منتقل شود در این حالت آنرا مصرفی consumable یا قوس الکتریکی فلزی – Metal arcمی نامند .چون در روش قوس یا الکترود مصرفی قسمتی از جوش نتیجه ذوب الکترود است، معمولا ترکیب شیمیایی الکترود باید شبیه فلز مورد جوش باشد. در الکترود مصرفی مقداری حرارت مقاومتی در اثر عبور جریان برق در الکترود تولید می شود که در این حرارت باعث بالا رفتن نرخ ذوب الکترود شده و به حوضچه جوش بر می گردد؛به همین دلیل مقدار بیشتری از حرارت تولید شده در قوس یا الکترود مصرفی به حوضچه جوش منتقل می شود و راندمان حرارتی در الکترود های غیر مصرفی (۶۰-۵۰ در صد) کمتر از الکترود های مصرفی (۹۰-۷۵ در صد) است .بالا بودن راندمان حرارتی موجب باریک تر شدن منطقه متاثر از جوش شده واز نظر سرعت جوشکاری و اقتصادی نیز مقرون به صرفه می باشد.

تقسیم بندی الکترودهای فلزی از نظر نوع پوشش :

بطور کلی الکترودهای فلزی به دو دسته تقسیم می شود:

الکترود های پوشش دار و الکترود های بدون پوشش.

مقایسه الکترودهای بدون روکش (لخت) و روکش دار

در سال های نه چندان دور، الکترودهای بدون روکش بطور وسیعی در جوشکاری قوسی بکار می رفتند. حاصل کار، ظاهر ناخوشایندی بود. با وجود داشتن مقاومت کششی رضایت بخش، شکل پذیری آنها پایین و مقاومتشان در برابر بارهای خستگی و بارهای ضربه ای کم بود.

استفاده از الکترود روکش دار، باعث غلبه برعیوب الکترودهای بدون روکش گردید. وجود روکش در روی مفتول فولادی الکترود، قوس الکتریکی و فلز جوش را در حین عملیات جوشکاری از مرحله ذوب تا انجماد از هوای اطراف محافظت می کند. حاصل این محافظت، ترکیب فلز جوشی است که دارای خواص قابل مقایسه با فلز پایه می باشد.

الکترود های پوشش دار:

پوشش این نوع الکترود ها از ترکیبات شیمیایی متنوعی است که مقداری از انها معین ومقداری دیگر نامشخص می باشند .علت مشخص نبودن بعضی ترکیبات الکتردها به دلیل ارزش اقتصادی انها است که کارخانه سازنده فرمول کامل الکترود های خود را محرمانه نگداری می کند. مهمترین ترکیبات شیمیایی پوشش این نوع الکترودها عبارتند از : سولفورید – فرومنگنز – دی اکسید تیتانیم- کربنات کلسیم- سیلیکات های مختلف- و غیره .

برای چسبندگی انها به سیم جوش از سیلیکات سدیم استفاده می کنند و تمام ترکیبات شیمیایی پوشش الکترودها هر کدام به تنهایی نقش مهمی را در جوشکاری ایفا می کنند که مهمترین انها محافظت ناحیه جوش از اکسیداسیون ، یکنواخت و پایدار کردن قوس الکتریکی و ایجاد ترکیبات معین در ناحیه جوش می باشند. پوشش الکترودها از نظر کلی به دو گروه اصلی تقسیم می شوند :

۱- پوشش های پایدار کننده یا پوشش های نازک
۲- پوشش های کیفی یا پوشش های ضخیم

پوشش های پایدار کننده : عناصری که این پوشش ها را تشکیل می دهند فضای قوس الکتریکی را یونیزه نموده و جوشکاری با جریان متناوب را اسنتر می نماید. بهترین و مطمئن ترین عنصر برای این کار پتاسیم می باشد که در سنگهای معدنی طبیعی (گرافیت فلدسپات) و بصورت شیمیایی (کرومات پتاسیم و دی کرمات پتاسیم ،پتاس و شوره) یافت می شود.

به دلیل نازک بودن این پوشش ها امکان نفوذ اکسیژن و ازت هوا به ناحیه مذاب جوش همیشه وجود داشته و باعث ترد شدن نسبی جوش می گردند لذا استفاده انها در جوشکای های غیر حساس بلا مانع خواهد بود .

پوشش های کیفی: این پوشش ها گاز و سرباره برای محا فظت فلز از نفوذ اکسیژن و ازت هوا تشکیل داده و نیز آلیاژهای مناسب را در ناحیه مذاب وارد می کنند در نتیجه استفاده از این نوع الکترودها خواص مکانیکی پیوند جوش معمولا بالا تر از خواص فلز مبنا می گردد .

این پوشش ها دارای خواص زیر هستند :

۱_ هنگام ذوب ،سرباره و گازهای محافظ تولید می کنند .

۲_ قوس الکتریکی پایدار وپیوسته می گردد .

۳_ سرباره و تفاله جوش دارای خاصیت احیا کنندگی می باشند .

۴- تفاله جوش دارای خاصیت انقباضی بیشتری نسبت به فلز مبنا بوده ودرنتیجه به راحتی از روی گرده جوش جدا می شوند.

۵_ در جوشکاری های عمودی و بالای سر، تفاله به سرعت منجمد می شود و در نتیجه از سقوط مواد مذاب بر اثر جاذبه زمین جلو گیری می کنند.

تقسیم بندی الکترودها از نظر پوشش شیمیائی (پوشش های کیفی)

دانستن دقیق پوشش الکترودها اغلب جزء اسرار کارخانجات سازنده می باشد و بر حسب مقدار درصد مواد و نوع ترکیبات شیمیائی کاملاً متفاوت هستند.
بطوریکه بعضی از الکترودها برای کار خاصی ساخته شده اند چنانچه اگر برای جوش دادن کارهای دیگر مصرف شوند مقاومت دلخواه جوشکاری به دست نخواهد آمد.
الکترودها از نقطه نظر پوشش **بر اساس استاندارد جهانیISO** به پنج گروه اصلی زیر تقسیم می شوند .

الکترودهای سلولزی: پوشش این نوع الکترودها از مقدار زیادی سلولز تشکیل شده است که در اثر سوختن آن مقداری زیاد هیدروزن و اکسید کربن به وجود می آید که قوس و حوضچه جوش را از اتمسفر محافظت می نماید

الکترودهای روتیلی: اکسید تیتانیوم به صورت طبیعی آن (رتیل) پوشش اصلی این دو نوع الکترودها است . به علت وجود ترکیبات بازی اضافه شده روان تر بوده و برای وضعیت های دیگر هم مناسب می باشد . یک نفوذ متوسط همراه با قوس ملایم و آرامیکی از مشخصات این نوع الکترود می باشد . به علت وجود رتیل و عناصر یونیزه کننده در پوشش الکترود می توان این گروه الکترودها را با جریان متناوب هم بکار برد.

الکترودهای اسیدی: پوشش این نوع الکترودها شامل اکسید ها و کربناتهای منگنز و آهن و مقداری سیلسیم می باشد. این پوشش تولید یک سرباره حجیم و روان کرده که نتیجه آن جوش با ظاهر بسیار صاف و تمیز می باشد. سر باره براحتی از روی جوش جدا می شود. با این الکترود می توان از جریان یکنواخت و متناوب استفاده کرد.

الکترود اکسیدی: اکسید آهن به مقدار زیاد در پوشش آن است و به علت سرباره سنگین مقدار نفوذ جوش کم بوده اما جوش حاصل پخ و صاف می باشد ولی دارای استحکام کمتری نسبت به جوش حاصل از الکترودهای دیگر است.

الکترودهای بازی: احتمالا مهمترین نوع الکترود از نظر متالوژیکی است. پوشش الکترود شامل مقدار قابل ملاحضه ای کربنات کلسیم و فلورید آهک و فلوراسپار می باشد. به علت میزان رطوبت کم در پوشش الکترود جوش حاصل دارای مینیمم مقدار هیدروژن شده است .به علت تولید فلز جوش با هیدروژن کم، این نوع الکترود برای جوشکاری فولادی کم آلیاژی که در مقابل (ترک برداشتن) منطقه مجاور جوش حساس هستند، بسیار مناسب می باشد همچنین جوش حاصل برای فولادهای ضخیم و کربن بالا نیز مناسب است .فلز جوش دارای خواص مکانیکی خوب بویزه مقاومت ضربه ای است.الکترودهای بازی ممکن است براحتی الکترودهای دیگر قابل بکار بردن نباشد،اما از آنها می توان در تمام وضعیت ها و جریان دائم متناوب استفاده کرد .چون این نوع الکترود برای جوش با کیفیت بالا استفاده می شود، برای پائین نگه داشتن رطوبت حتی الامکان باید آنها را در جای خشک نگهداری کرد.

وظایف پوشش الکترود

الف: فضای گازی و سرباره محافظ را بوجود می آورد و حوضچه مذاب را از تماس با اتمسفر محافظت می کند.
ب: پایدار کننده قوس می باشد.
ج: وظیفه افزودن برخی عناصر آلیاژی را به حوضچه جوش بر عهده دارد.
د: به کمک ویسکوزیته ای که دارد شکل گردهٔ جوش را منظم و قانونمند می کند.
ه: پوشش از سریع سرد شدن جوش جلوگیری کرده و رسیدن به خواص مکانیکی مطلوب را ممکن می سازد .
و: کاهش دهنده پاشش فلز جوش به اطراف بوده و عمل رسوب فلز را به حوضچه تسهیل می بخشد.
ز: تشکیل سرباره داده و لذا واکنش های سرباره و فلز مذاب را خواهیم داشت که این امر در تصفیه نا خالصی ها از حوضچه مذاب کمک خواهد کرد.
ح: بر روی میزان نفوذ قوس تاثیر خواهد داشت.

همانطور که می توان انتظار داشت الکترودی ساخته نشده است که کلیه خواسته ها را در تمام شرایط پاسخگو باشد؛ بنابراین انواع گوناگون الکترود تولید میشود که هر نوع آن مناسب برای درخواست های خاصی است.عناصر مختلفی در پوشش الکترود بکار گرفته می شود که در هنگام ساخت الکترود پس از انتخاب مواد پوشش آنها را مخلوط کرده و با اضافه کردن مواد چسبنده (چسب شیشه) بصورت خمیر در می آورند. سپس این خمیر را از طریق اکسترود (Extrude)بر روی میله فولادی بصورت یکنواخت پوشش می دهند و پس از خشک کردن در کوره پخته می شوند.

انتخاب نوع الکترود Selecting the Electrode:

عوامل موثر در انتخاب الکترود عبارتند از :

الف)ترکیب شیمیایی فلز مورد جوشکاری: به عنوان مثال در فولادهای کربنی (بالاتر از ۳۵ % کر بن) و استحکام کششی بیشتر از PSI 60000 یا به عبارتی الکترود باید از نوع کم هیدروزن و یا الکترود با پوشش پودر آهن و هیدروزن پا ئین انتخا ب شود.

ب)کیفیت محل جوش : چنانچه فاصله ریشه درز اتصال باز باشد باید از الکترود های مشخص و معینی که سرباره حجیم ایجاد می کنند استفاده کرد.

ج)وضعیت جوشکاری:در جوشکاری حالت قائم verticalوبالای سر یا سقفی overheadتعداد معدودی از الکترودها قابل استفاده هستند .

د)شرایط کاربری : بعنوان مثال در مواردیکه جوش باید دارای استحکام زیاد ویا استحکام ضربه ای بالا در درجات زیر صفر باشد . نوع الکترود مصرفی با مواردی که فقط ظاهر تمیز و صاف مورد انتظار است متفاوت خواهد بود .

ه)میزان نفوذ جوش یا عمق نفوذ

و)هزینه جوش : هزینه عمل جوش در انواع الکترود ها بر دو مبنا بر آورد و مقایسه می شود . یکی از نظر میزان بازدهی و نرخ رسوب و دیگری از دیدگاه قیمت الکترود . الکترودهای پودر آهن دار دارای نرخ رسوب بالا و بطور کلی هزینه عمل کمتری نسبت به الکترود های دیگر هستند هر چند که ممکن است کمی گرانتر باشند .

ز)مهارت جوشکاری : کار کردن با بعضی الکترودها راحت تر و نیاز به مهارت کمتری دارد و حتی سرعت عملیات جوشکاری بیشتر است . علاوه بر انتخاب نوع الکترود . اندازه الکترود از نظر اقتصادی وعملیات جوشکاری نیز حائز اهمیت و قابل توجه است که بر حسب طراحی اتصال ضخامت لایه جوش وضعیت جوشکاری حرارت داده شده مجاز (شدت جریان) و مهارت جوشکار تعیین می شود .

شناسایی الکترود بر اساس کد بندی :

انجمن جوشکاری امریکا ((AWS)) برای الکترودهای نورد شده پوشش دار مورد مصرف در جوشکاری قوس الکتریکی دستی کدبندی بصورت ذیل ارائه کرده است:

EXXXX(X)

دو رقم اول یا سه رقم اول بعد از علامت E (اگر چهار عدد بود دو رقم اول و اگر پنج عدد بود سه رقم اول) استحکام کشتی فلز جوش بر اساس واحد PSI که بر هزار تقسیم شده را نشان می دهد .

مثال: **E60XX** یعنی نمونه ای که از محل جوشکاری خارج شده و به ماشین وصل شده است حداقل ۶۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع استحکام کششی دارد.

معمولا اعداد ذیل را دارند : ۴۵-۶۰-۷۰-۸۰-۹۰-۱۰۰-۱۲۰

اگر پنج حرفی بود X چهارم و اگر چهار حرفی بود X سوم نشان دهنده موقعیت جوشکاری است.

از آنجایی که در کشورهای صنعتی اروپایی و در کشور ایران فولادها را براساس استحکام کششی آنها طبقه بندی می کنند در نتیجه چنانچه دو رقم سمت چپ علایم مذکور عدد ۶۰ باشد یعنی اینکه فلز این نوع الکترودها از فولاد ساخته شده است و اگر دو رقم سمت چپ علامت مذکور ۷۰ باشد یعنی جنس الکترود از فولاد می باشد.

مشخصات الکترودها

در جوشکاری مشخصات الکترودها با یک سری اعداد مشخص می گردند. اعداد مشخصه به ترتیب زیر می باشد.

E 60 10

E = جریان برق

60 = کشش گرده جوش بر حسب پاوند بر اینچ مربع

1 = حالات مختلف جوشکاری

0 = نوع جریان می باشد

علامت اول

در علائم الکترود را با **E** مشخص می نماید که این الکترود برای جوشکاری برق بوده یا استفاده می شود.

علامت دوم

عدد ۶ و ۰ ، مشخصه فشار کشش گرده جوش بر حسب پاوند بر اینچ مربع بوده و بایستی آن را در ۱۰۰۰ ضرب نمود یعنی فشار کشش گرده جوش این نوع الکترود ۶۰۰۰۰ پاوند بر اینچ مربع است .

علامت سوم

حالات جوش را مشخص می کند که همیشه این علامت ۱ یا ۲ یا ۳ می باشد. الکترودهائی که علامت سوم آنها ۱ باشد در تمام حالات جوشکاری می توان از آنها استفاده کرد. و الکترودهائی که علامت سوم آنها عدد ۲ می باشد در حالت سطحی و افقی یا تخت مورد استفاده قرار می گیرند. الکترودهائی که علامت سوم آنها ۳ باشد تنها در حالت افقی و تخت مورد استفاده قرار می گیرند.

علامت چهارم

خصوصیات ظاهری گرده جوش و نوع جریان را مشخص می نماید که این علائم از ۰ شروع و به ۸ ختم می گردند.

چنانچه علامت چهارم یا آخر صفر باشد موارد استعمال این الکترودها تنها با جریان مستقیم یا DCو با قطب معکوس می باشد. نفوذ این جوشکاری زیاد و شکل مهره های جوش آن تخت و درجه سختی گرده جوش تقریباً زیاد می باشد.

چنانچه علامت چهارم یک باشد موارد استعمال این الکترود با DC، ACمی باشد. شکل ظاهری جوش این الکترود صاف و در شکافها و درزها کمی مقعر و درجه سختی جوش کمی زیادتر از گرده اول است.(= ACجریان متناوب و = DCجریان مستقیم می باشد.)

اگر علامت چهارم ۲ باشد موارد استعمال الکترود با AC، DCمی باشد.نفوذ جوش متوسط و درجه سختی جوش کمی کمتر از دو گروه قبل می باشد نمای ظاهری آن محدب است.

اگر علامت چهارم ۳ باشد این الکترود را می توان با جریان ACمتناوب یا جریان مستقیم به کار برد. درجه سختی گرده جوش این الکترود کمتر از دو گرده اول و دوم و کمی بیشتر از گرده سوم می باشد و نیز در دارای قوس الکتریک خیلی آرام و نفوذ کم و شکل مهره های آن در درزهای شکل محدب می باشد.

اگر علامت چهارم ۴ باشد این الکترود را می توان با جریان DC، ACبه کار برد.

موارد استعمال این الکترود برای شکافهای عمیق یا در جائی که چندین گرده جوش به روی هم لازم است می باشد.

چنانچه علامت آخر ۵ باشد مشخصه این علامت این است که فقط جریان DCمورد استفاده قرار می گیرد و موارد استعمال آن در شکافهای باز و عمیق است. درجه سختی گرده جوش این الکترود کم و دارای قوس الکتریکی آرامی است و پوشش شیمیایی آن از گروه پوشش الکترودهای بازی است.

چنانچه علامت آخر ۶ باشد. خواص و مشخصه آن مطابق گروه ۶ است با این تفاوت که با جریان Acمورد استفاده قرار می گیرد.

همچنین چنانچه علامت آخر عدد ۷و ۸ باشد نشان دهنده این است که در ساخت این الکترودها پودر آهن بکار رفته است. با این تفاوت که الکترودی که عدد آخر آن ۸ است الکترود کم هیدروژنه می باشد و در استفاده از این الکترود باید از جریان متناوب و مستقیم با قطب معکوس استفاده کرد.

علاوه بر این شماره آخر الکترودها نیز مشخص کننده ترکیب شیمیایی الکترودها نیز می باشند که به صورت زیر می توان آنها را طبقه بندی کرد:

۰ پوشش پر سلولز و کربنات سدیم

۱ پوشش پر سلولز و کربنات پتاسیم

۲ پوشش پر تیتان و کربنات سدیم

۳ پوشش پر تیتان و کربنات پتاسیم

۴ پوشش پر تیتان و پودر آهن

۵ پوشش کم هیدروژنه

۷ پوشش کم هیدروژنه

۸ پوشش کم هیدروژنه و حاوی پودراهن

با توجه به نکات فوق می توان از روی علائم روی جعبه موارد استعمال الکترودهای آمریکایی را مشخص نمود.

بعد از این چهار یا پنج رقم ممکن است یک خط تیره ثبت شده و بعد از آن حرف انگلیسی با یک اندیس نوشته شود مثل A1یا B1و B2و Lو B2و....که ترکیب شیمیایی الکترود های کم آلیاژ را نشان می دهند و برای دستیابی به اطلاعات مربوط به آنها بایستی به جداول مربوطه مراجعه نمود .مانند :

E7010-A1

مثال : **E7018** این کد نشان می دهد که :

الف: حداقل استحکام کششی جوش حاصله ۷۰۰۰۰ پوندبراینچ مربع است .

ب: از این الکترود ها برای جوشکاری در همه موقعیت ها یعنی – تخت – افقی – عمودی – سر بالائی می توان استفاده کرد .

ج: پوشش این الکترود حاوی پودر آهن بوده و کم هیدروزن است .

د: هم با جریان متناوب قابل استفاده است و هم با جریان مستقیم .

بازرسی فنی با استفاده از آزمونهای غیر مخرب

(NDT)

تعریف جوشکاری :

در هم آمیختگی (ذوب توام) یا ترکیب موضعی فلز است که در محل اتصال با گرمایش فلز تا دمای ذوب ، با اعمال فشار یا بدون آن و با استفاده از فلز پرکننده یا بدون آن صورت میگیرد .

جوش ، قسمت ذوب شده به هنگام جوشکاری است و اتصال جوش شده ، پیوند دو یا چند عضو توسط **جوشکاری میباشد** .

انواع روشهای جوشکاری :

۱ – جوشکاری قوسی با الکترود روپوش دار
SMAW (Shielding Metal Arc Welding)

۲ – جوشکاری قوسی با محافظت گاز
GMAW (Gas Metal Arc Welding)

۳ – جوشکاری با الکترود تنگستن و گاز خنثی
TIG (Tungsten Inert Gas arc welding)

٤ – جوشکاری قوسی زیر پودری
SAW (Submerged Arc Welding)

٥ – جوشکاری قوس فلز با گاز محافظ خنثی (آرگون)
MIG (Metal Inert Gas arc welding)

٦ – جوشکاری قوس فلز با گاز محافظ CO_2
MAG (Metal Active Gas arc welding)

انواع سیستمهای بازرسی :

آزمونهای غیر مخرب (NDT)

Non Destructive Test

آزمونهای مخرب (DT)

Destructive Test

آزمونهای مخرب (DT):

در این نوع تست ، آزمایشهای مختلف بر روی نمونه های استاندارد تهیه شده از قطعات مورد آزمون انجام میشود و پس از انجام تست نمونه از بین می رود .

معایب روش :

- سرعت پائین
- پر هزینه بودن
- ارائه اطلاعات فقط مربوط به نمونه ها

آزمونهای غیر مخرب (NDT) :

تست یا بازرسی غیر مخرب به روشهایی از بازرسی اطلاق میشود که در آنها کارایی یک قطعه بدون تغییر یا از بین رفتن آن قطعه ، مورد بررسی قرار میگیرد .

تفاوتهای DT و NDT :

- در روشهای DT پس از اعمال آزمایش ، قطعه کارایی خود را از دست میدهد .
- در روشهای DT نمیتوان تمام محصولات را تحت آزمایش قرار داد و باید به صورت Random تعدادی از نمونه ها را تحت آزمایش قرار داد .
- در روشهای DT نیاز به تهیه نمونه استاندارد وجود دارد که برای آزمایش های مختلف متفاوت است .

آزمایشهای DT و NDT در عرض یکدیگر قرار ندارند و انجام یک تست باعث بی نیازی از تست دیگر نمیشود .

روشهای متداول NDT

Visual Test	بازرسی چشمی (VT)
Liquid Penetrant Test	بازرسی با مایعات نافذ (PT)
Magnetic Particle Test	بازرسی با ذرات مغناطیسی (MT)
Radiographic Test	بازرسی رادیوگرافی (RT)
Ultrasonic Test	بازرسی با امواج اولتراسونیک (UT)
Eddy Current Test	بازرسی با جریان گردابی (ET)
Acoustic Emission Test	بازرسی با انتشار امواج صوتی (AET)

VT (Visual Test)

بازرسی چشمی

مزایا :

- ارزان ترین و ساده ترین روش

- این روش در طی تمامی مراحل تولید به کار میرود .(QC)

- روش مناسب NDT به کمک این روش تعیین میشود .

- بیشتر برای عیوب سطحی میباشد (با چشم مسلح یا غیر مسلح)

محدودیت ها :

- عیوب زیر سطحی قابل شناسایی نمی باشد .

- بکارگیری این روش به تجربه شخص بستگی دارد .

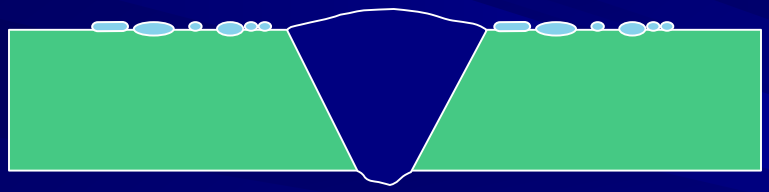
- در صورت غفلت بازرس خطا زیاد است .

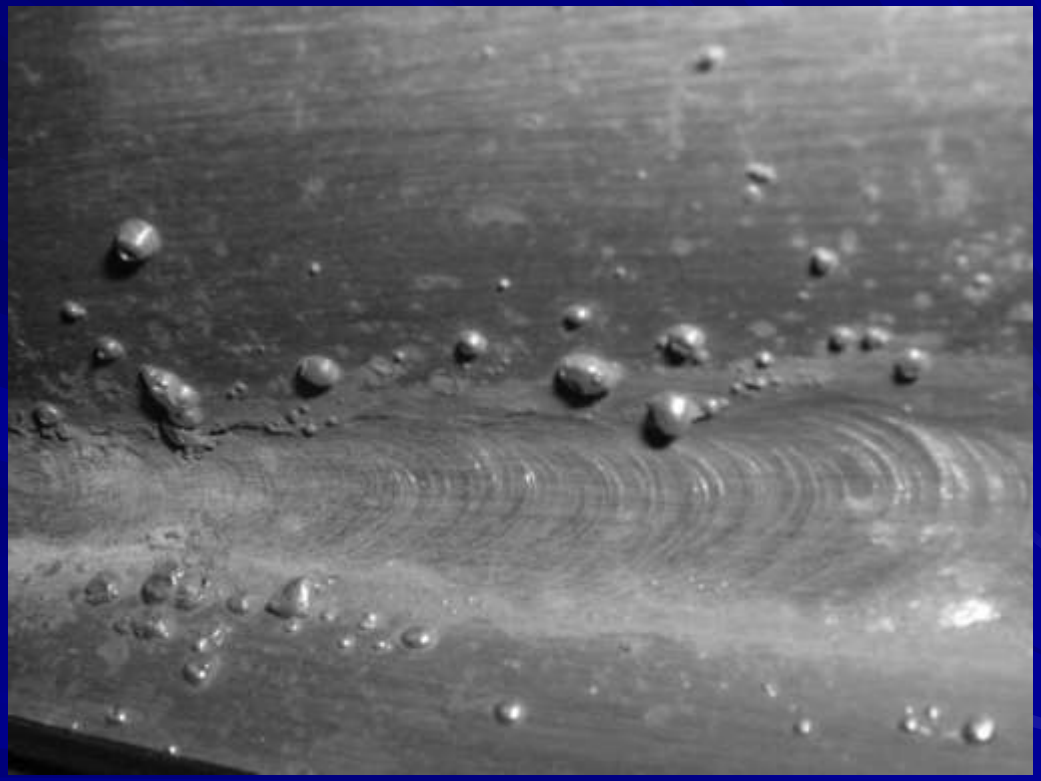
برخی از عیوب جوش که با بازرسی چشمی قابل تشخیص میباشند :

Welding Defect

Spatter

(پاشش جوش)

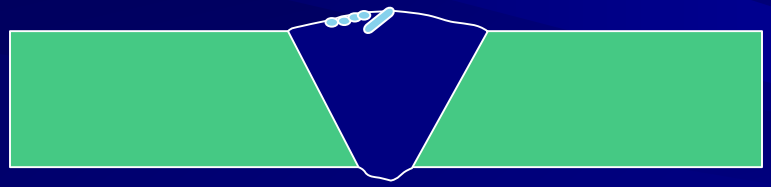


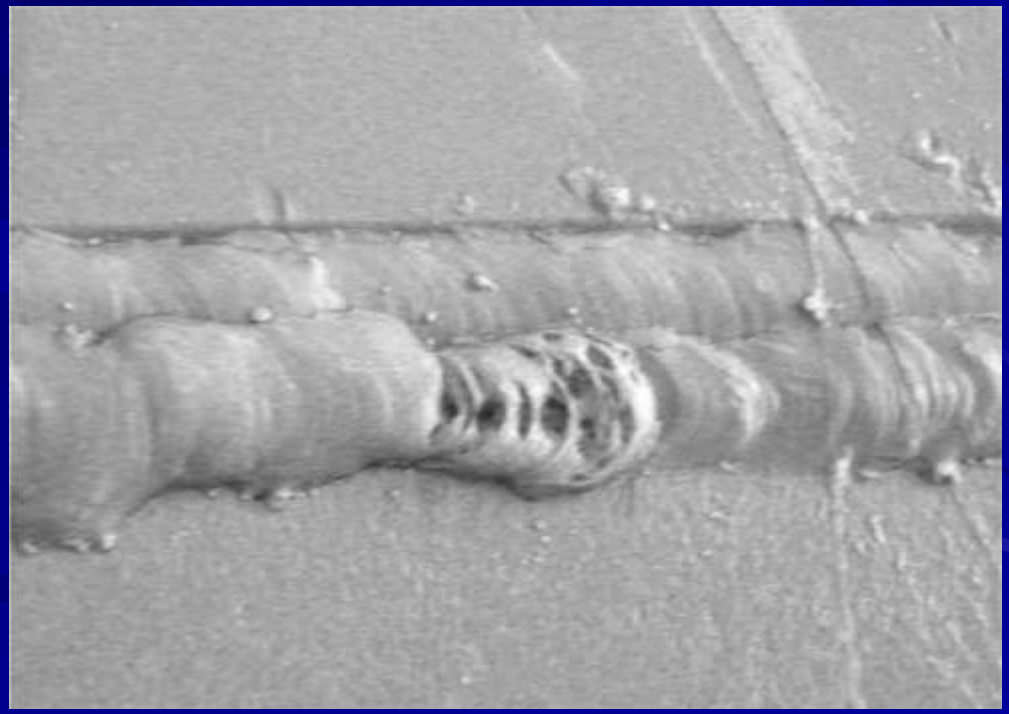


Welding Defect

Porosity

(تخلخل)

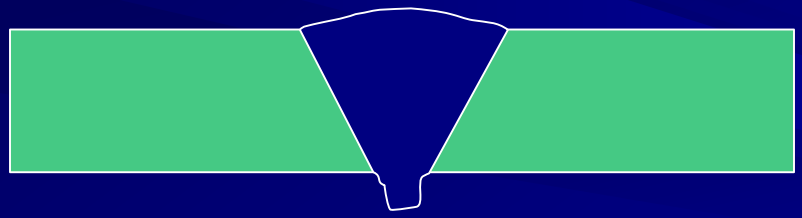




Welding Defect

Excess root penetration

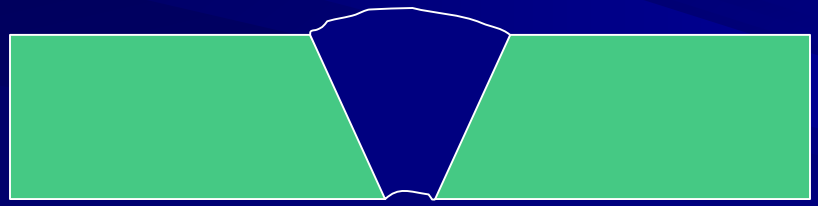
(... از اندازه جوش ...



Welding Defect

Root concavity

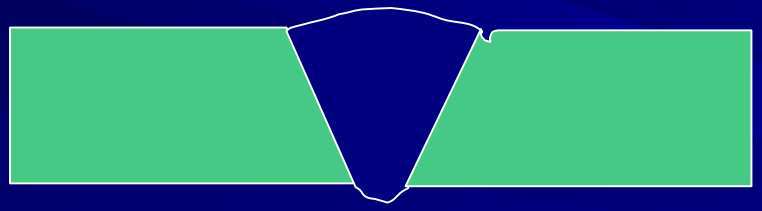
(تقعر ریشه جوش)



Welding Defect

Cap Undercut

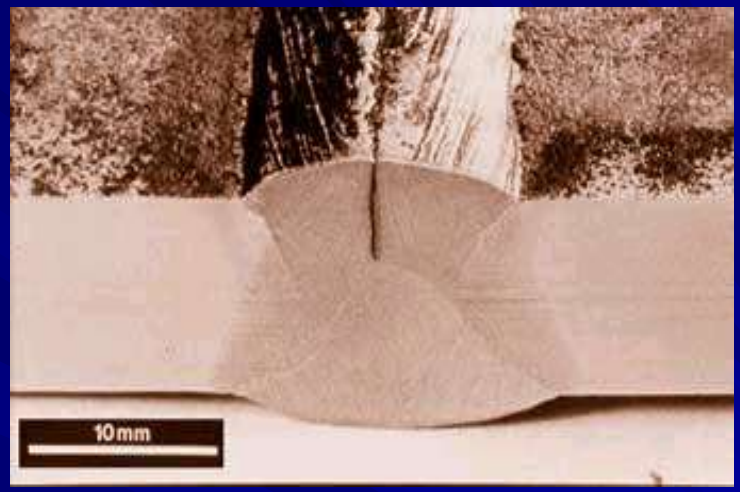
(سوختگی کنار جوش)

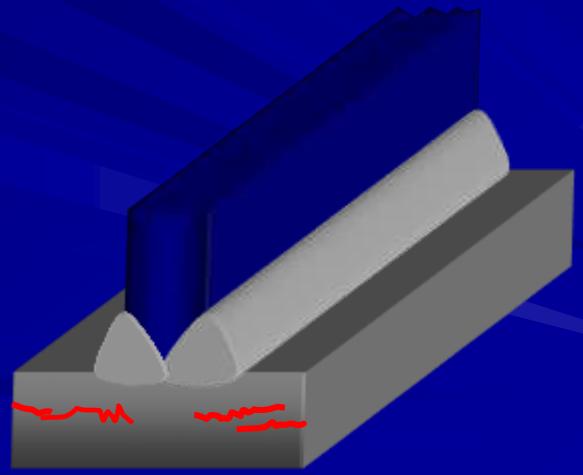


Welding Defect

Crack

(ترک)

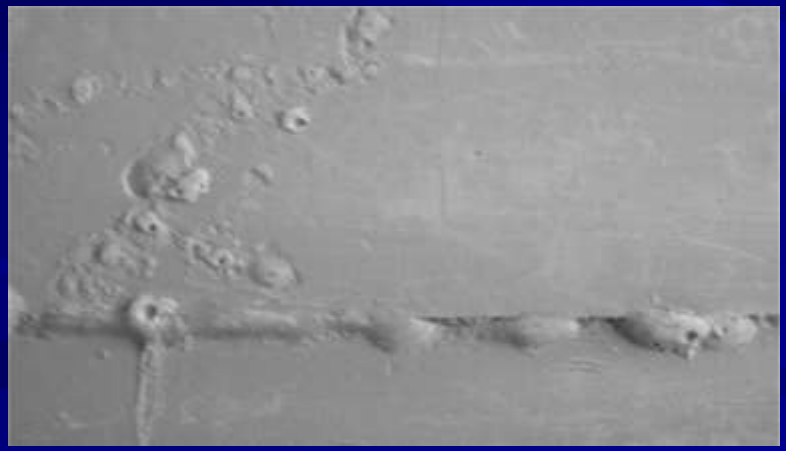




Welding Defect

Arc Strike

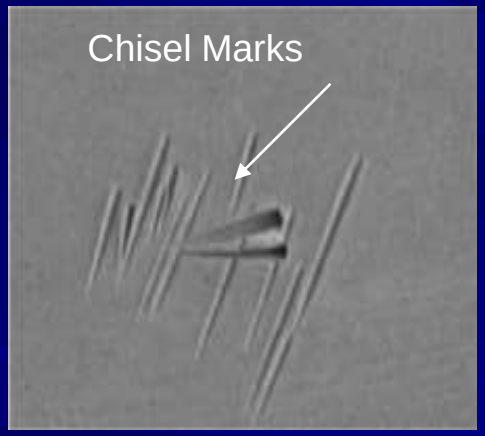
(برخورد الکترود با قطعه)

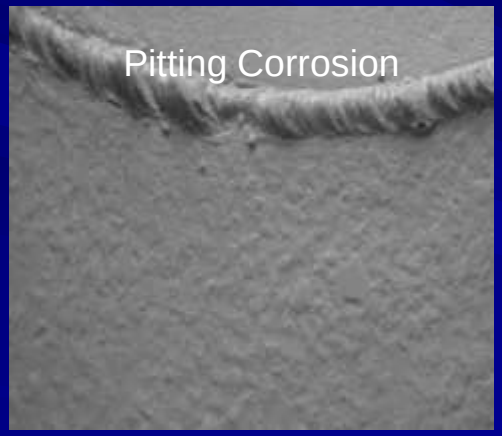


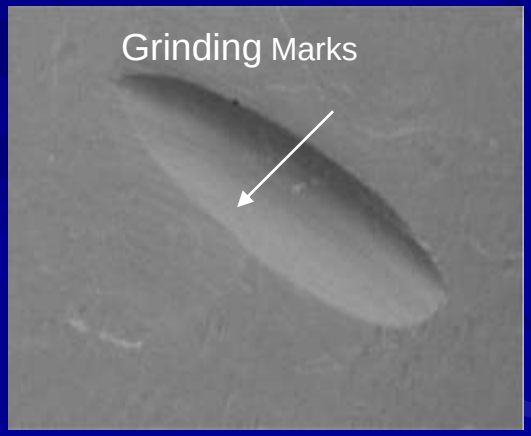
Welding Defect

Mechanical Damage

(عیوب مکانیکی)





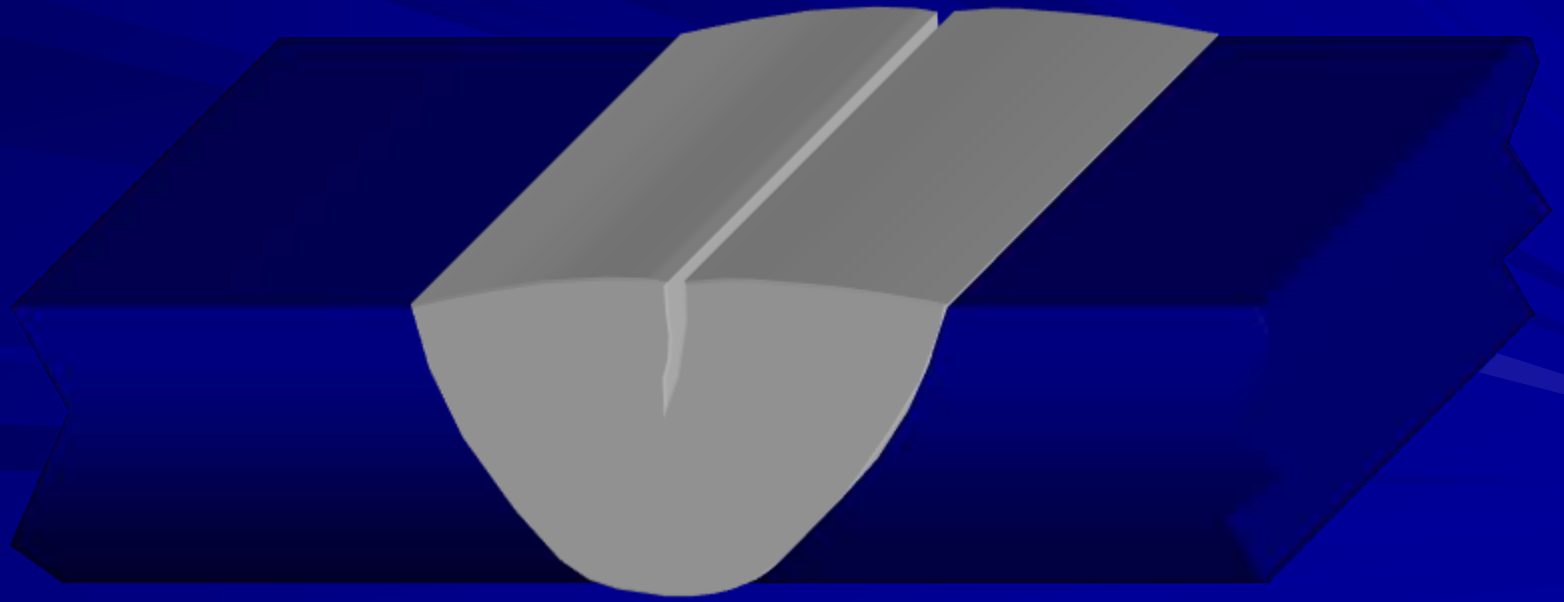


PT (Penetrant Test)

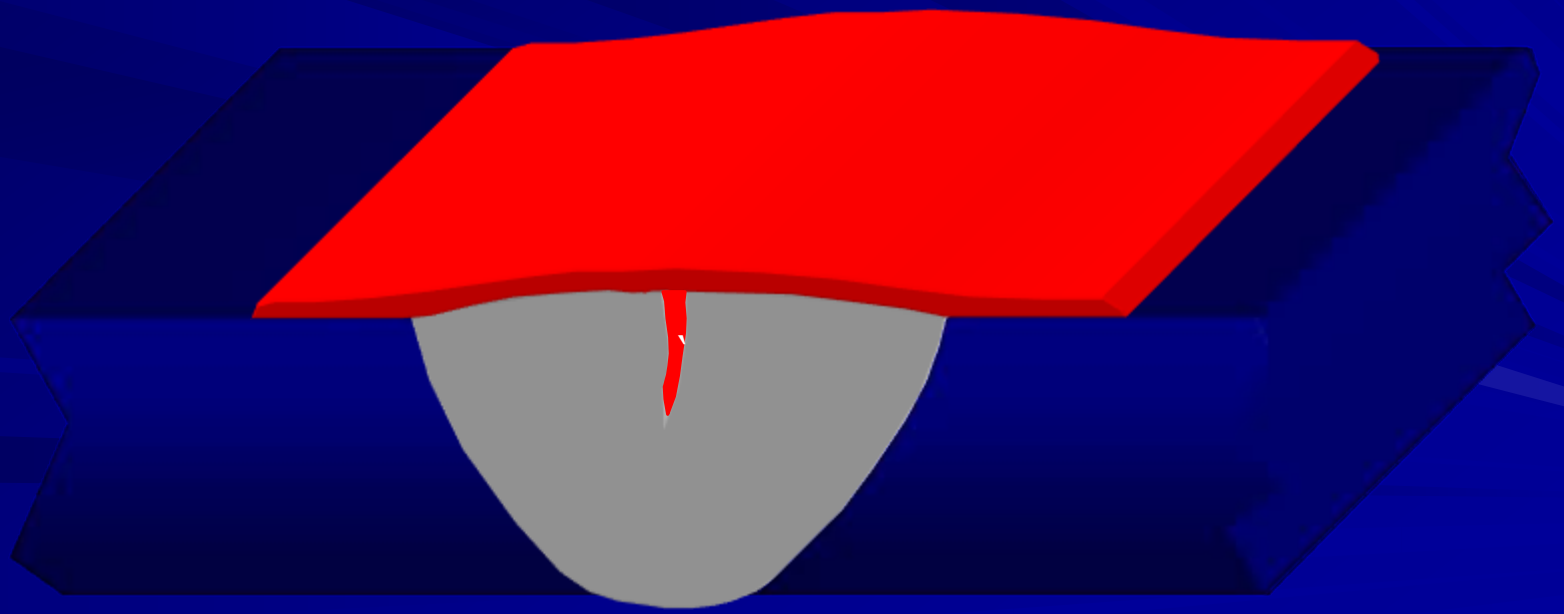
بازرسی مایعات نافذ

مراحل انجام آزمایش مایعات نافذ :

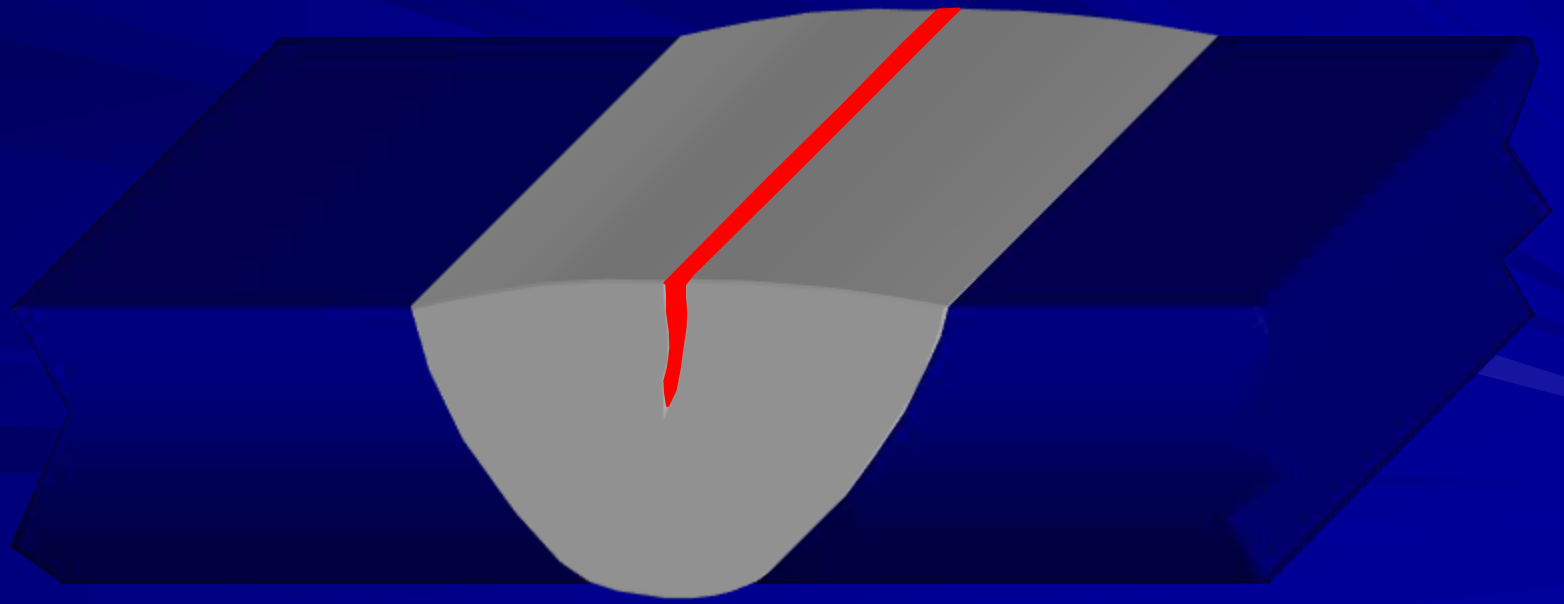
۱ – آماده سازی سطح (surface preparation)



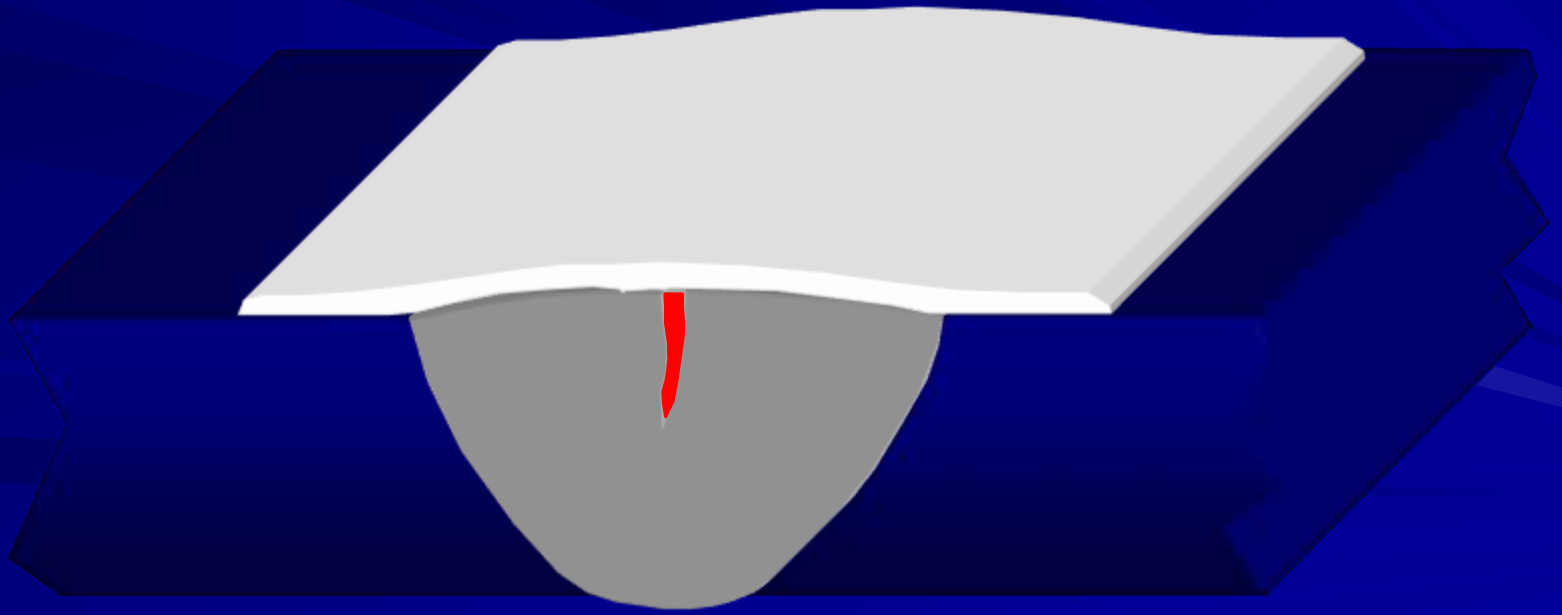
٢ – اعمال مايع نافذ (Applying Liquid Penetrant)



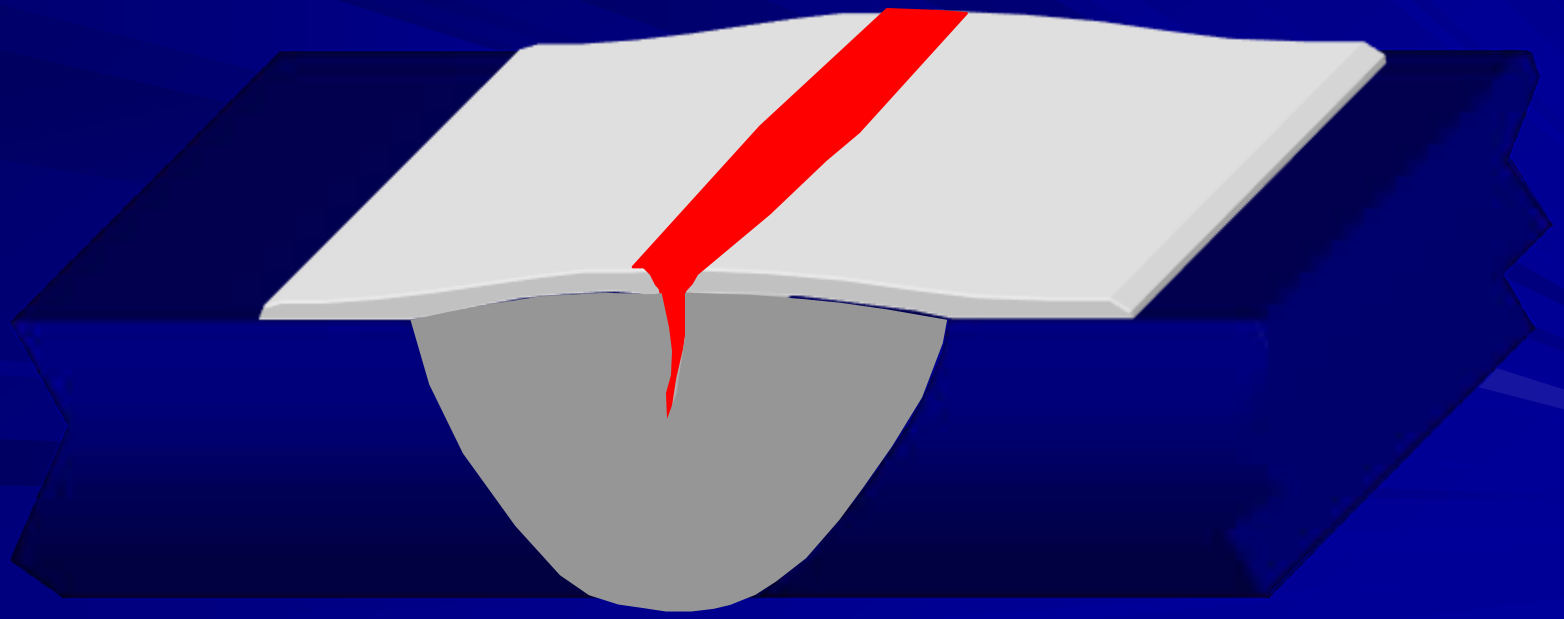
۳ – زدودن مایعات اضافی از سطح قطعه – تمیز کاری (CLEANING)



٤ – اعمال ماده ظهور (DEVELOPER APPLYING)



۵ – بازرسی (INSPECTION)



مزایا :

- عیوب سطحی شناسایی میشود .

- به شکل و جنس قطعه بستگی ندارد .

- ساده و ارزان است .

-شکل و اندازه تقریبی عیب مشخص میشود .

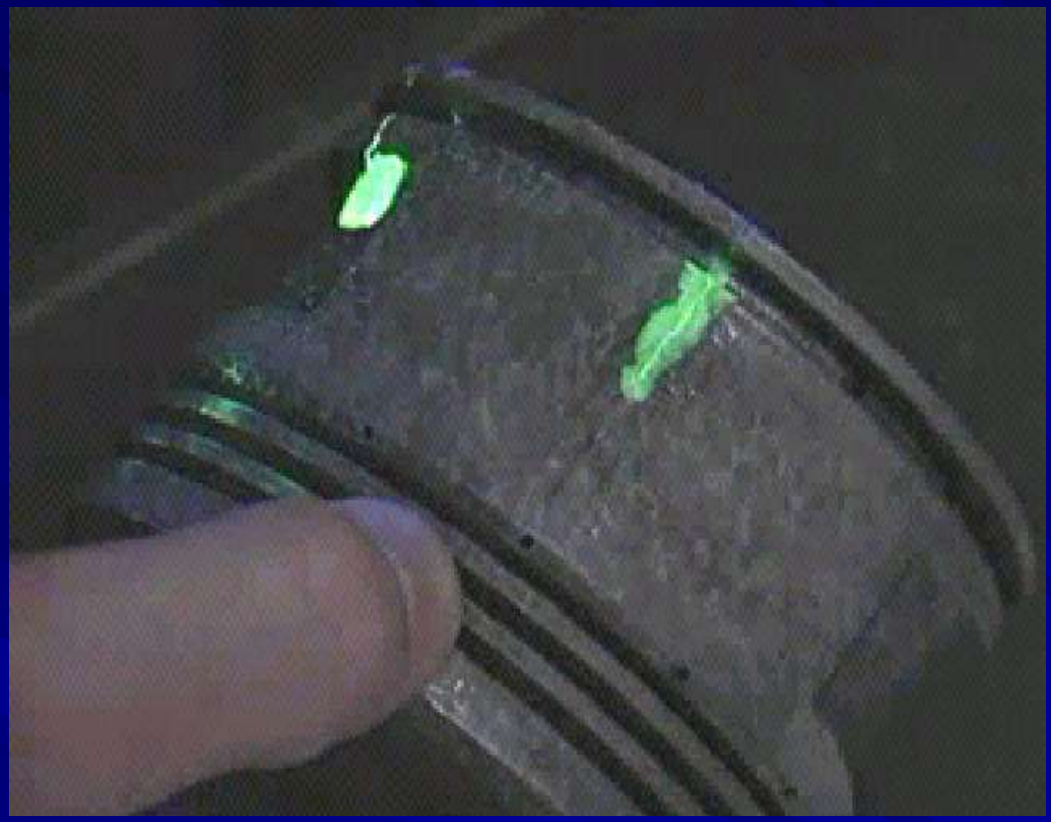
محدودیت ها :

-عیوب زیر سطحی را نشان نمیدهد .

- تغییر رنگ دائمی نیست .

- مواد مصرفی سمی است .

- در صورت عدم تمیز کاری پس از تست باعث خوردگی می شود .

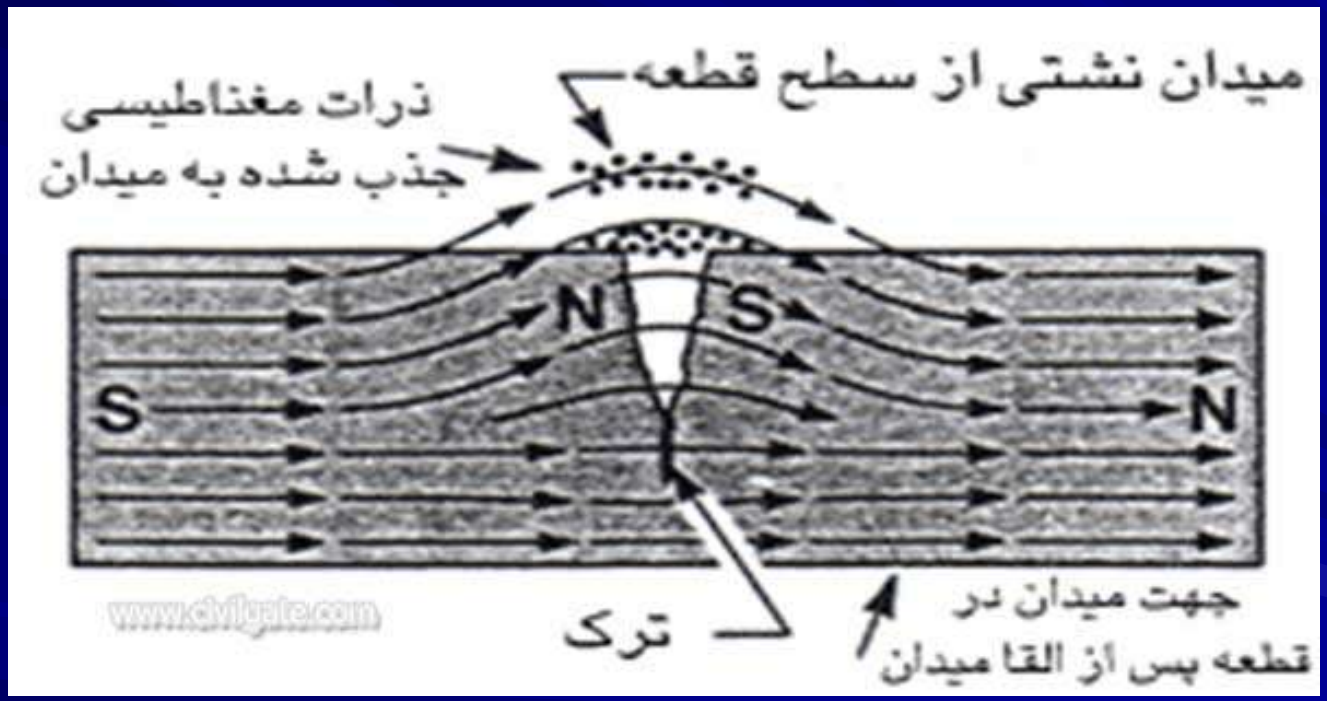


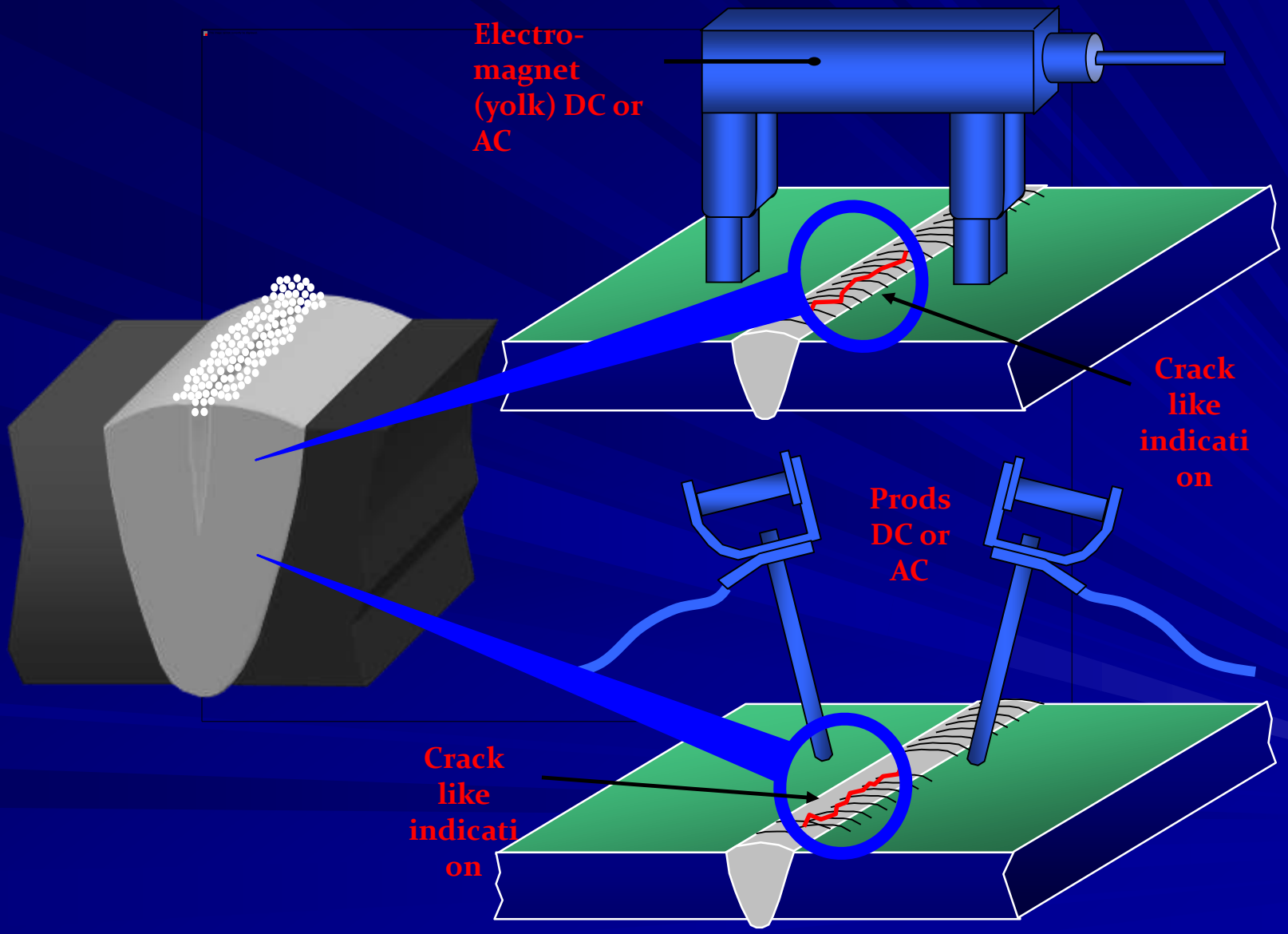
www.civilgate.com

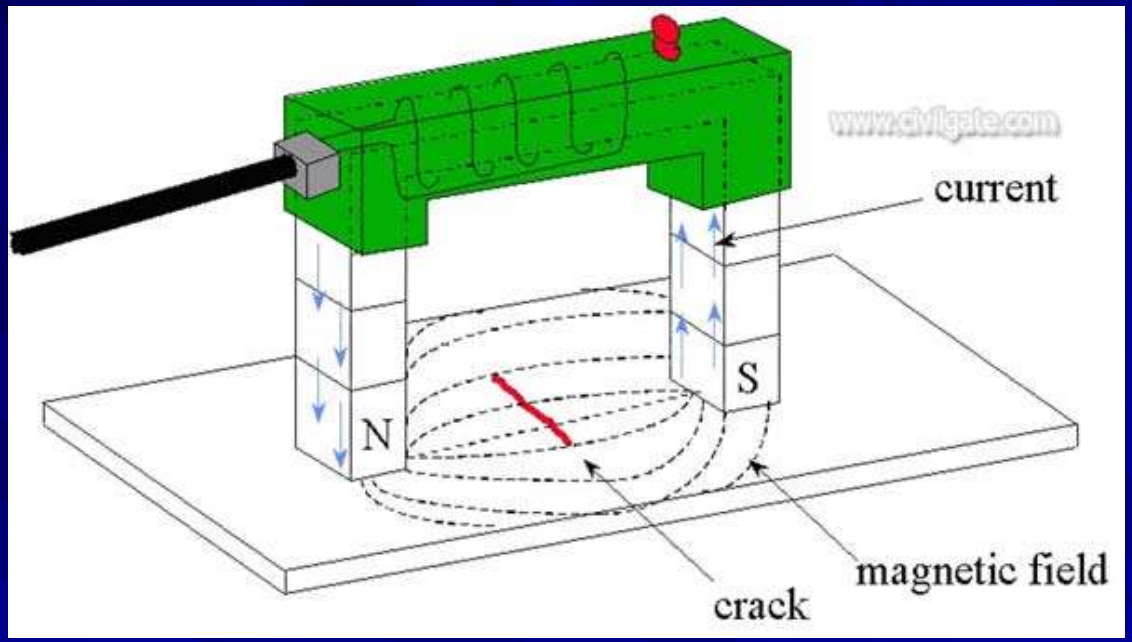
www.civilgate.com

MT (Magnetic Test)

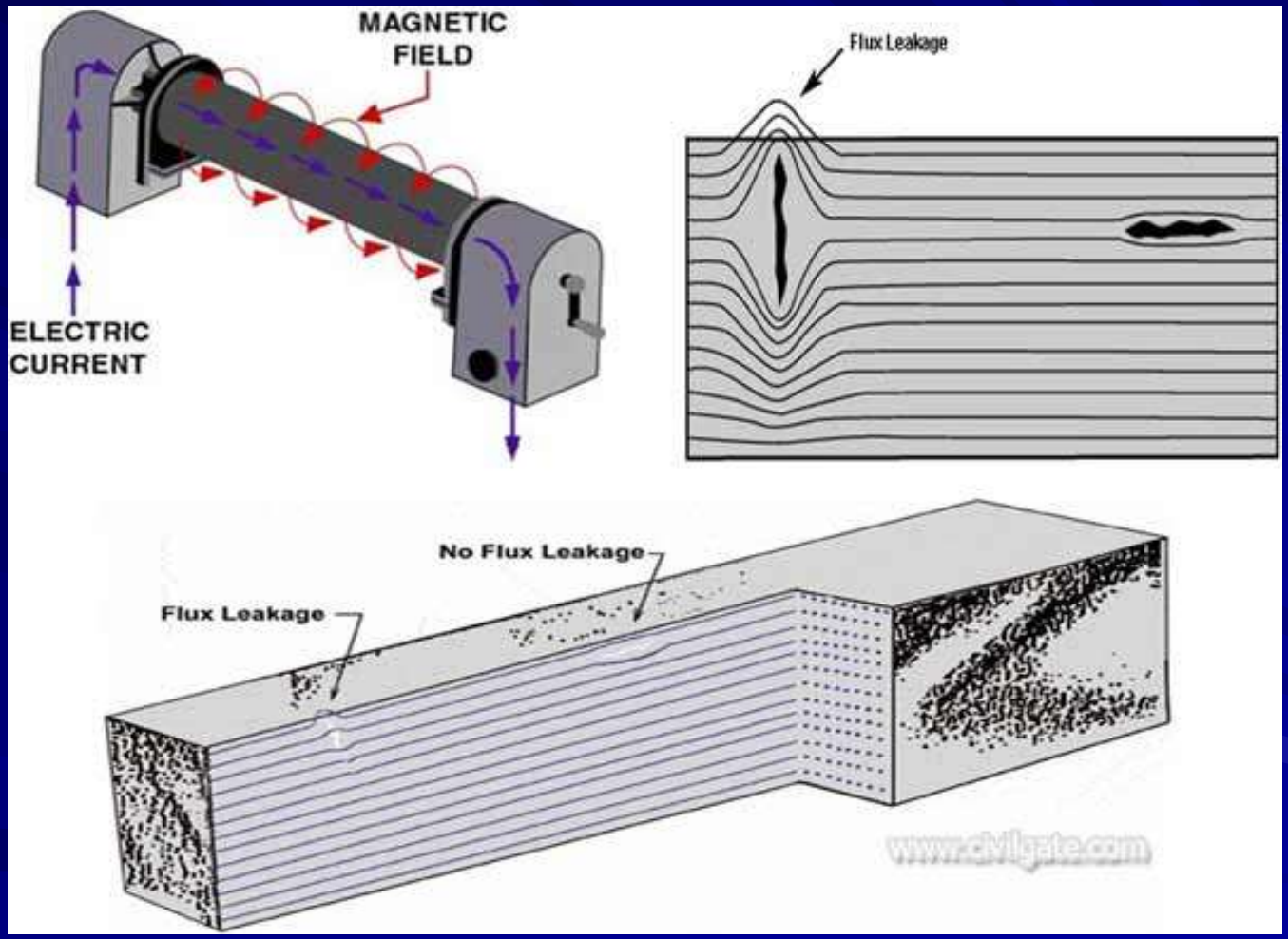
بازرسی ذرات مغناطیسی

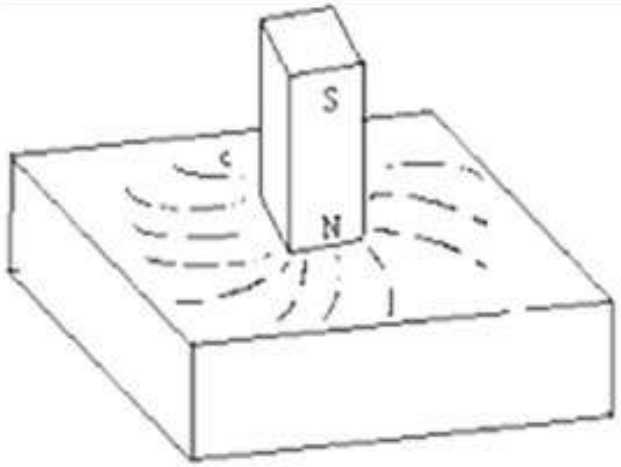

میدان نشتی از سطح قطعه
ذرات مغناطیسی
جذب شده به میدان
N
S
S
N
ترک
جهت میدان در
قطعه پس از القا میدان
www.dvilgate.com


Electro-
magnet
(yolk) DC or
AC
Crack
like
indicati
on
Prods
DC or
AC
Crack
like
indicati
on

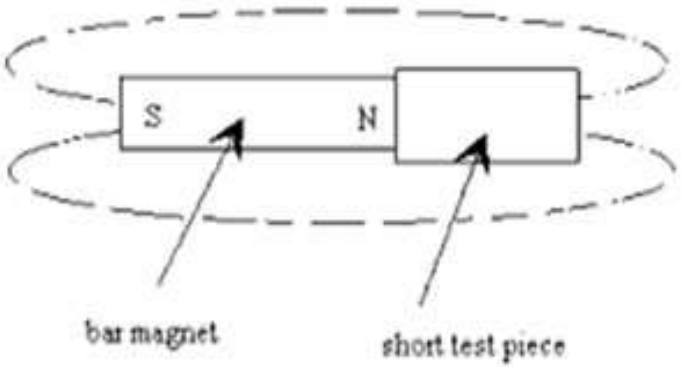

www.civilgate.com
current
S
N
crack
magnetic field

www.civilgate.com

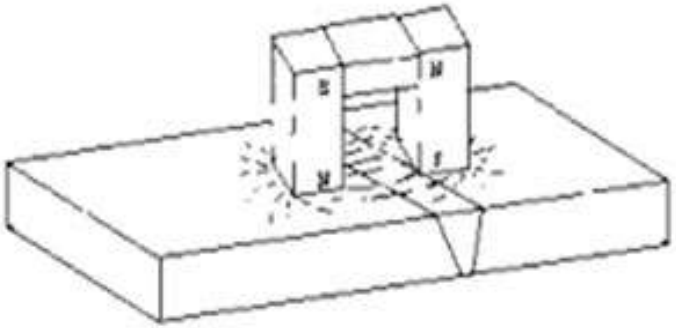

MAGNETIC
FIELD
ELECTRIC
CURRENT
Flux Leakage
No Flux Leakage
Flux Leakage
www.civilgate.com



a) Radial field associated with single pole contact



b) Extension of field into test piece



c) Linear field between poles of yoke

www.civilgate.com

مزایا :

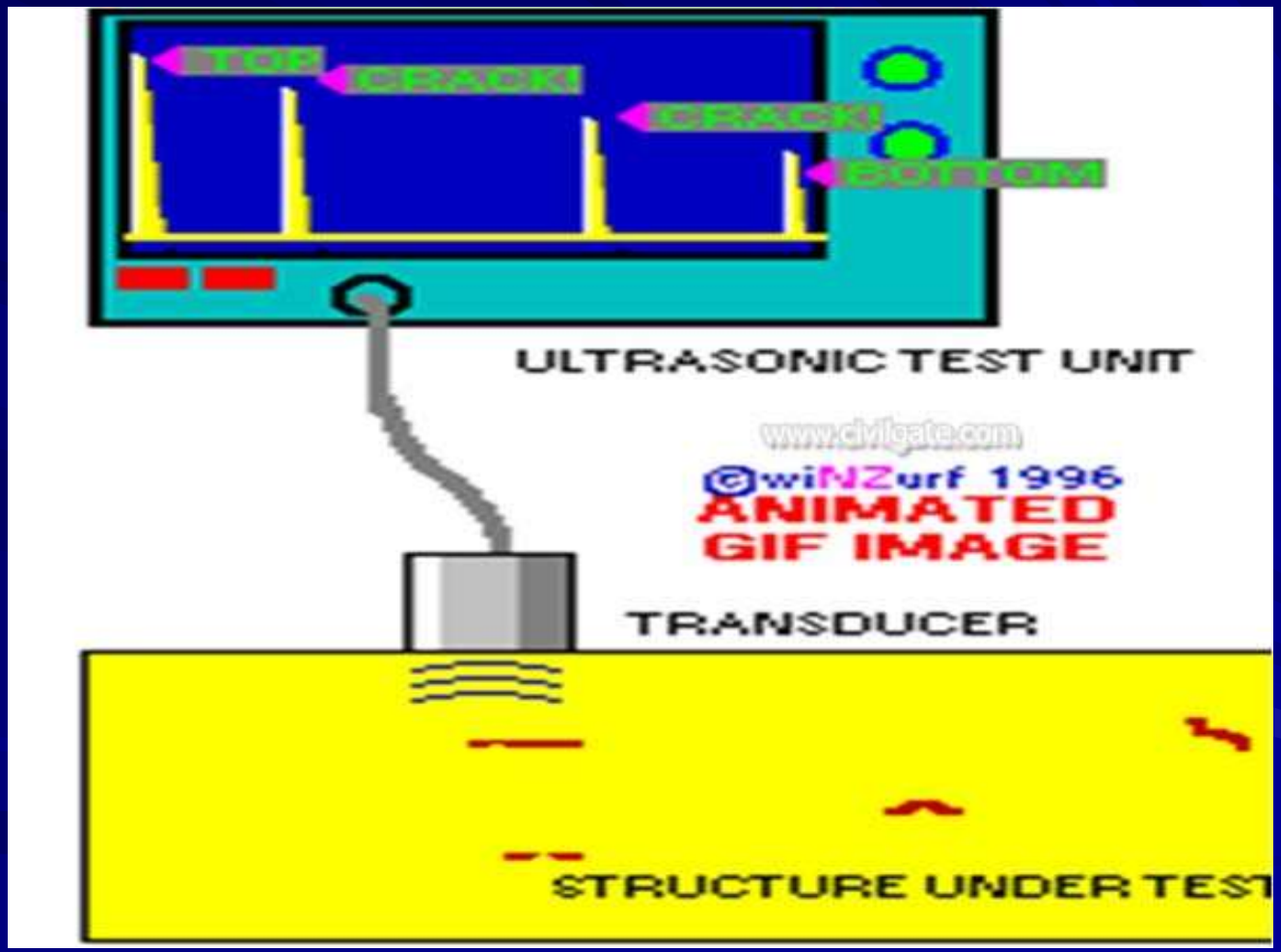
- برای ترک های خیلی ریز
- برای ناپیوستگی های زیر سطحی
- حساسیت بازرسی بالاست .
- در ضمن تولید و در انتهای کار و در حین کار قطعه قابل انجام است .

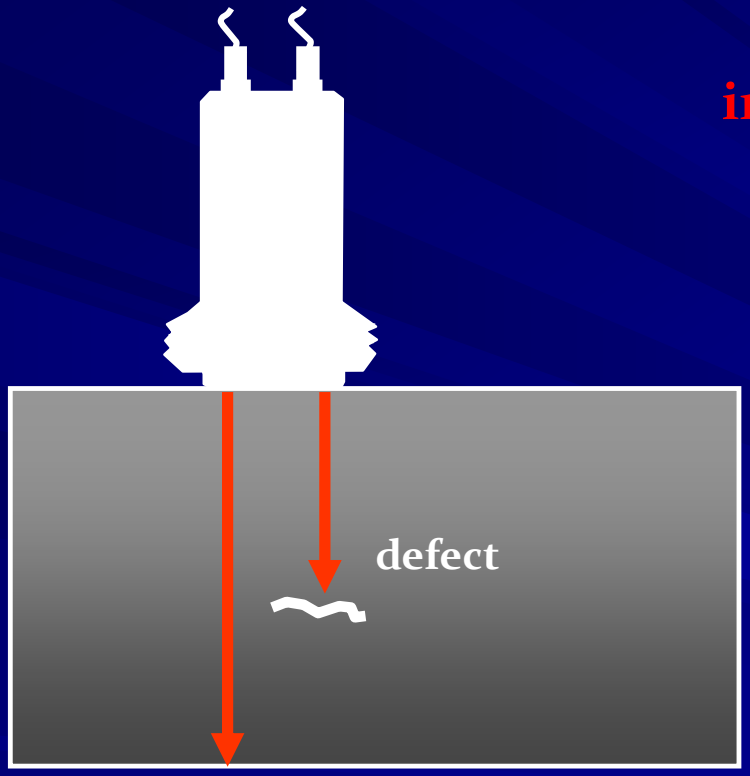
محدودیت ها :

- برای مواد فرو مغناطیس است .
- جهت جریان باید عمود بر قطعه باشد .
- معمولا دو یا چند مرتبه باید انجام شود .
- بسته به عمق ترک میدان باید قویتر باشد .

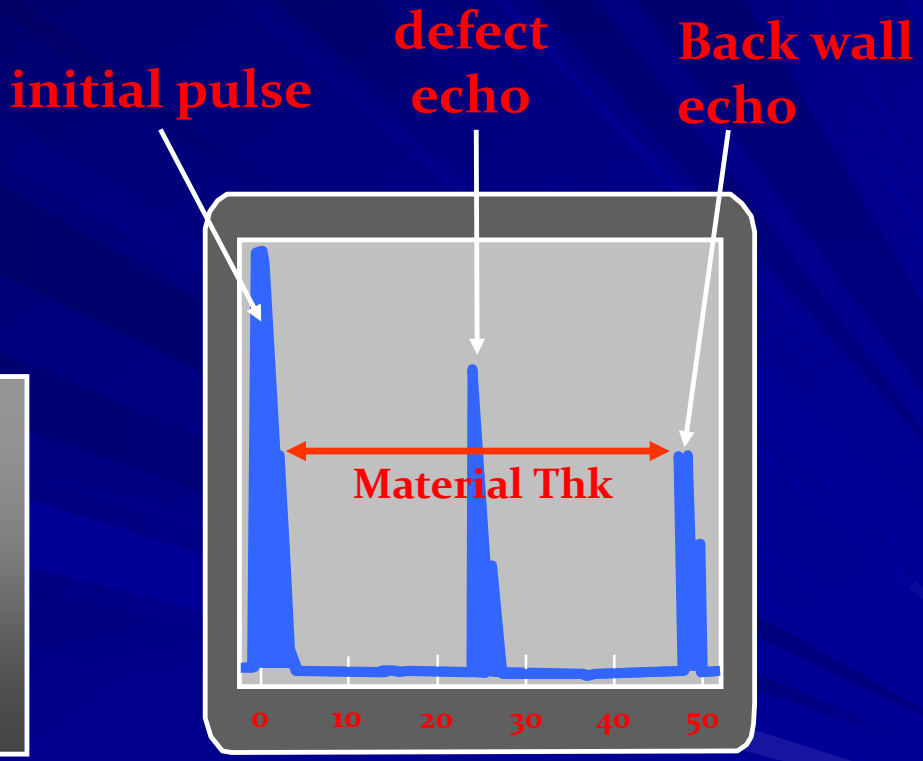
UT(Ultrasonic Test)

بازرسی ماوراء صوت


TOP
CRACK!
CRACK!
BOTTOM
ULTRASONIC TEST UNIT
www.dvdgate.com
©wiNZurf 1996
ANIMATED
GIF IMAGE
TRANSDUCER
STRUCTURE UNDER TEST



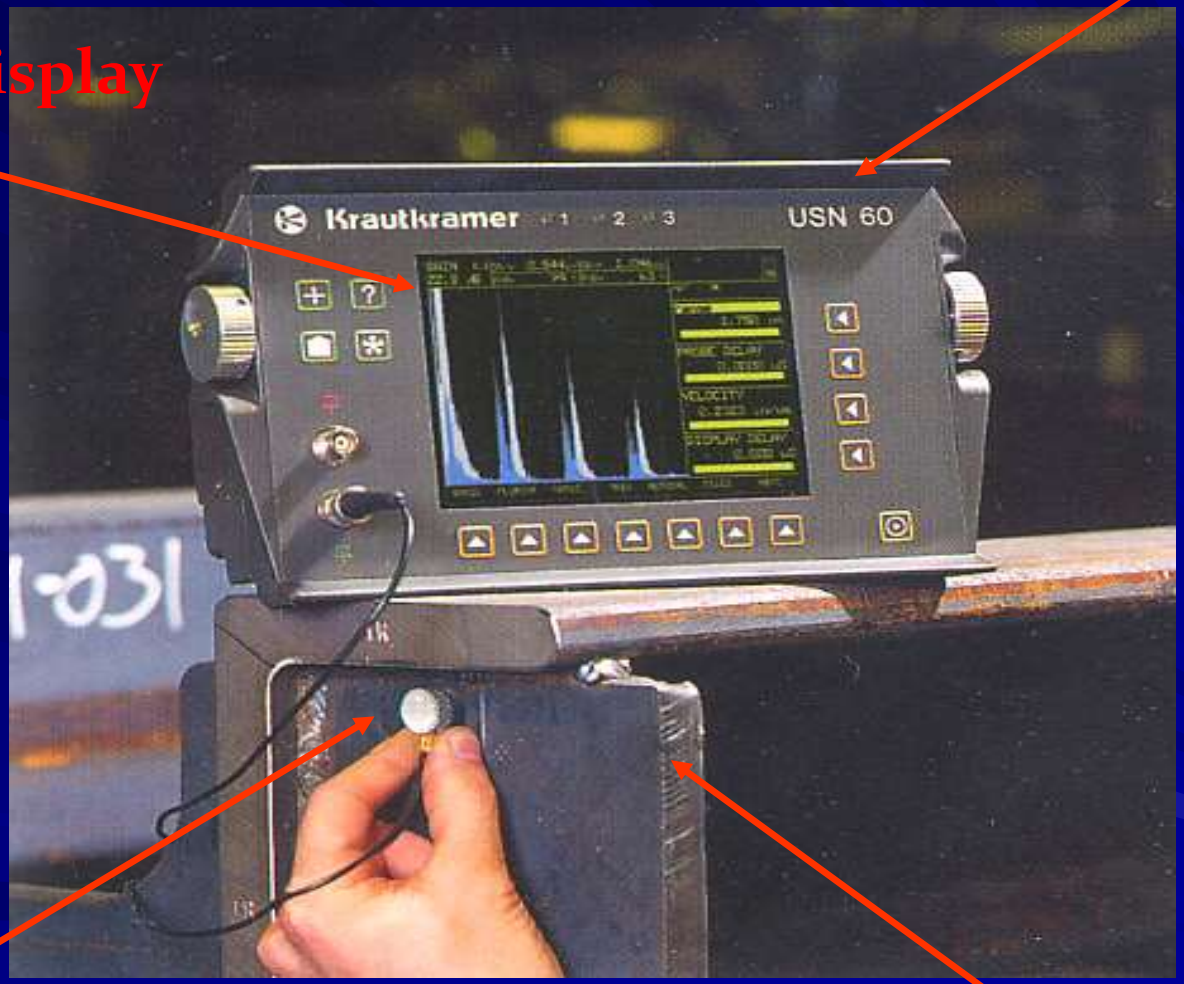
Compression Probe



CRT Display

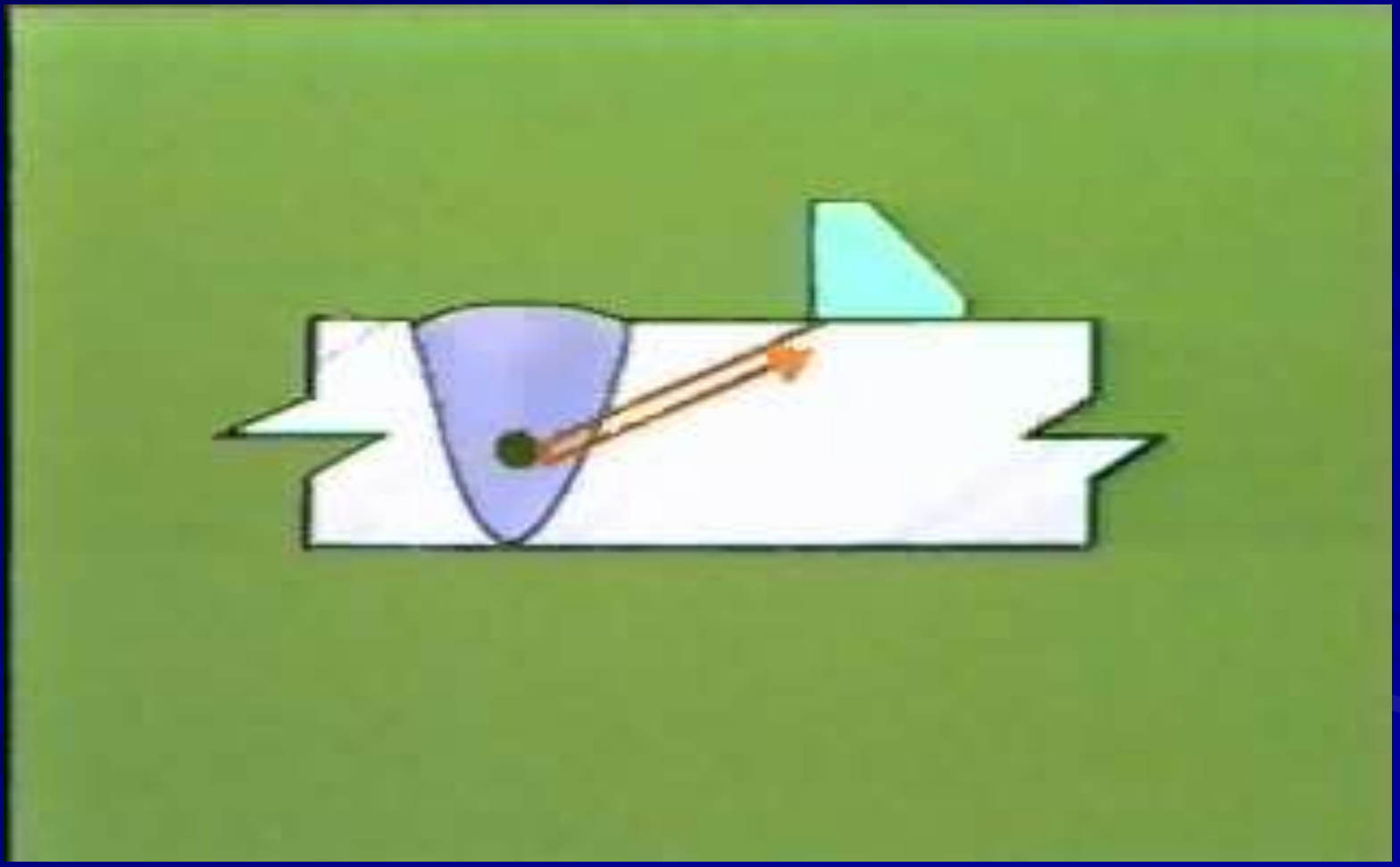
Pulse echo signals
A scan Display

UT Set, Digital

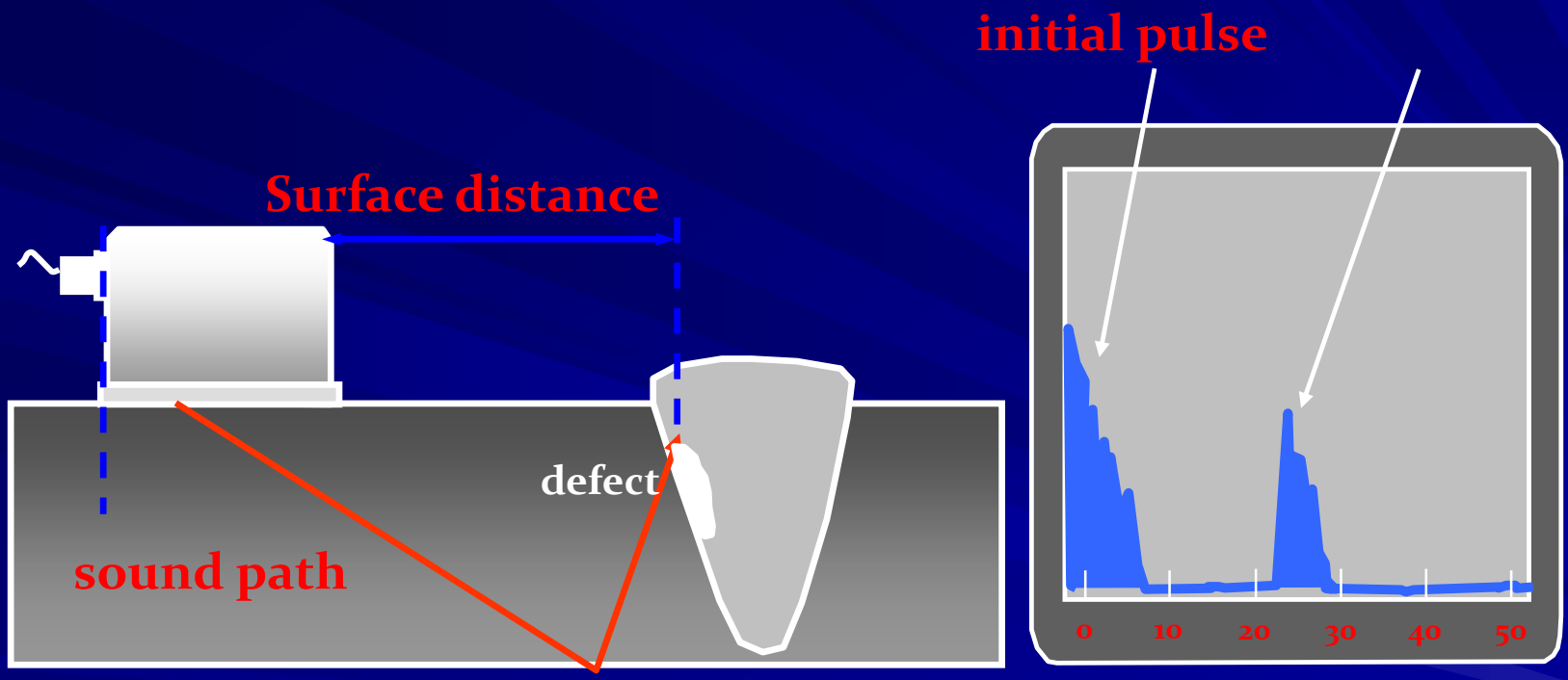


Compression probe

Thickness checking the material



A Scan
Display
UT Set
Angle Probe



Angle Probe

CRT Display

مزایا :

- این روش متداولترین آزمون است .
- مکان دقیق عیب را نشان میدهد .
- کلیه عیوب را نشان میدهد (سطحی و زیر سطحی) .
- LOP & LOF را به راحتی نمایش میدهد .
- قابلیت اتصال به کامپیوتر و پرینتر را دارد .
- در کلیه مناطق قابل استفاده است .
- بلافاصله نتایج آزمون مشخص میگردد .
- آلودگی زیست محیطی ندارد .
- برای انسان خطر آفرین نیست .

محدودیت ها :

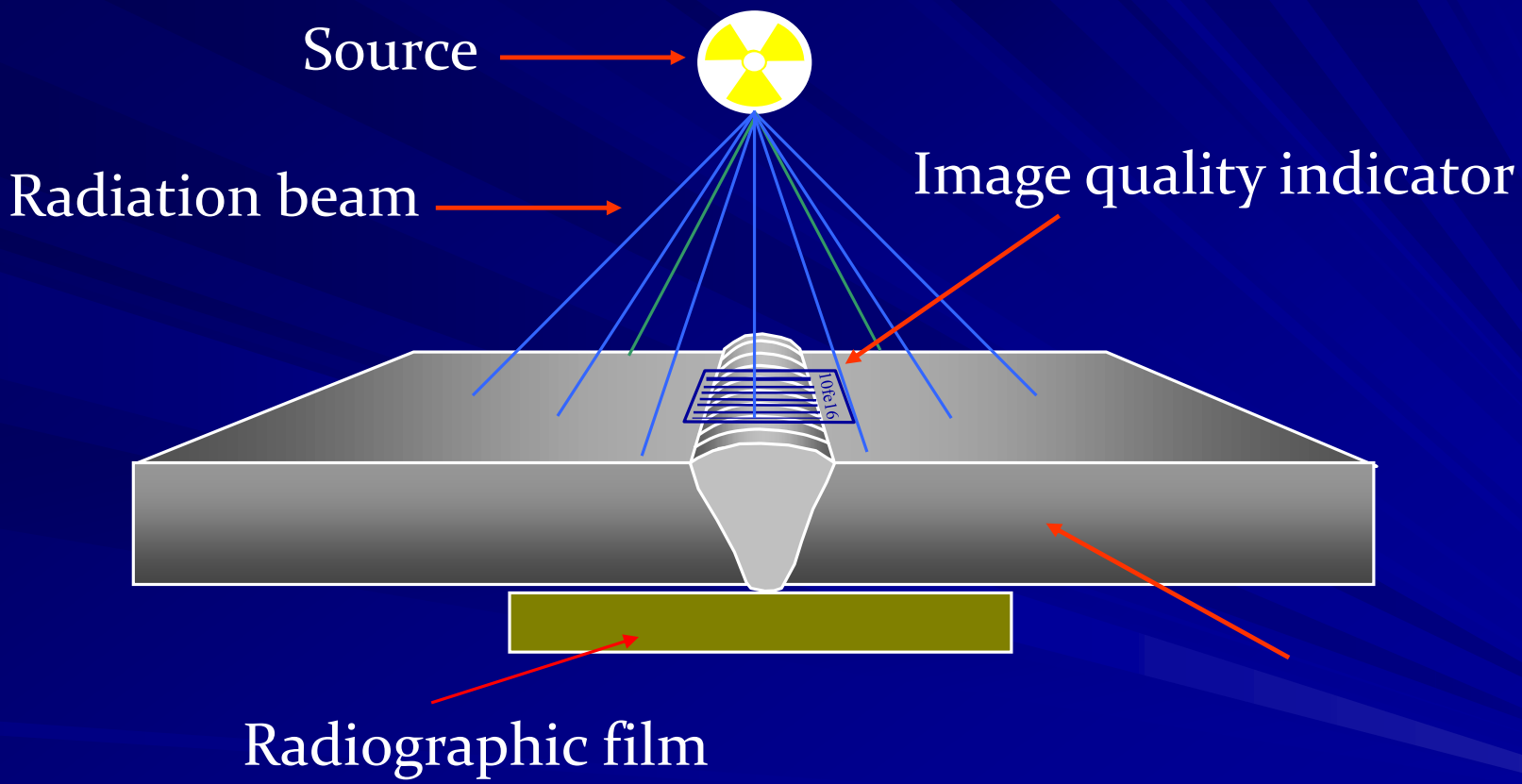
- نسبت به PT , MT بسیار گران است .

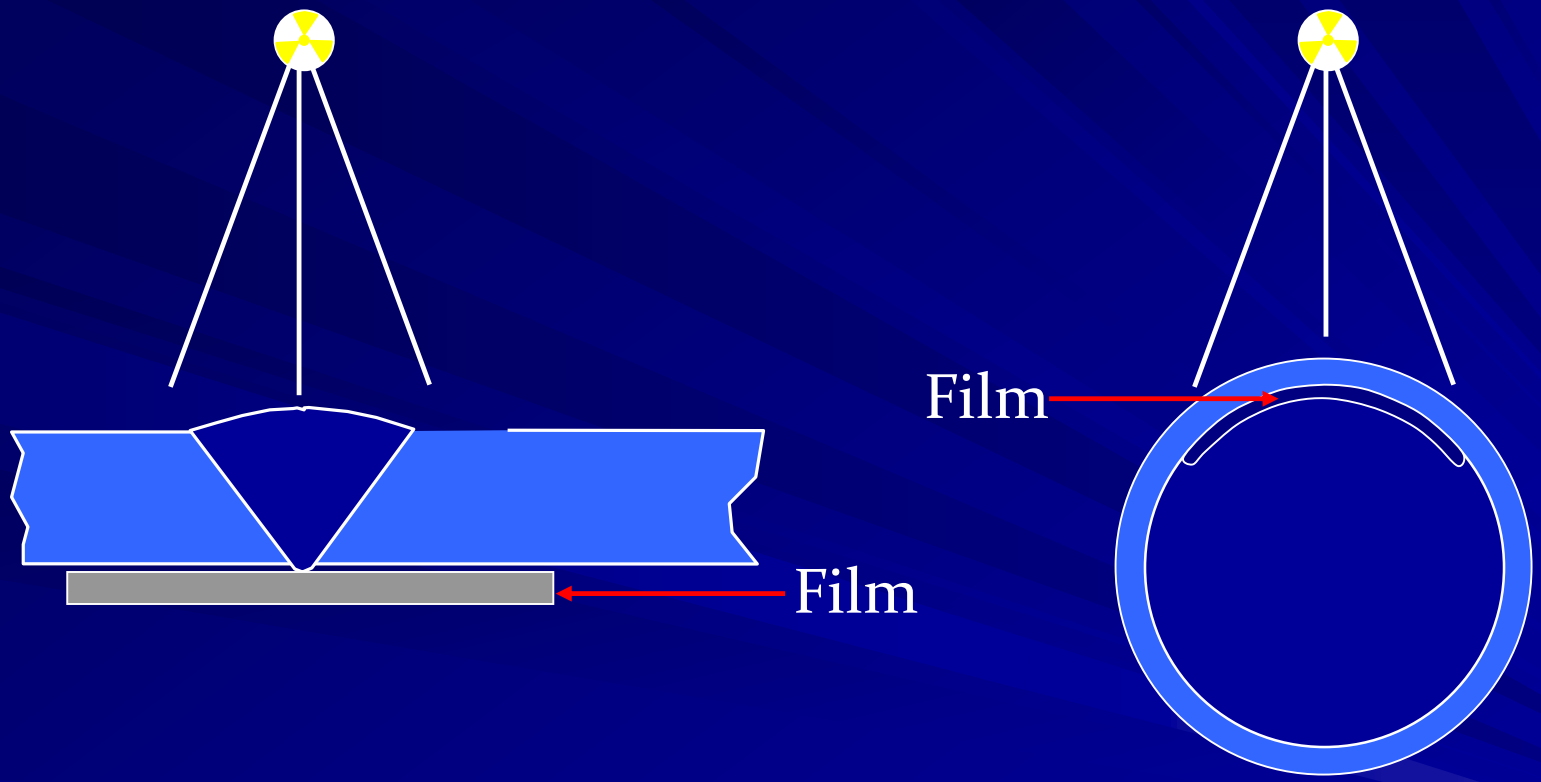
- اپراتور به تخصص بالایی نیاز دارد .

- در تشخیص عیوب بزرگ مشکل دارد (بزرگتر از اندازه پراب).

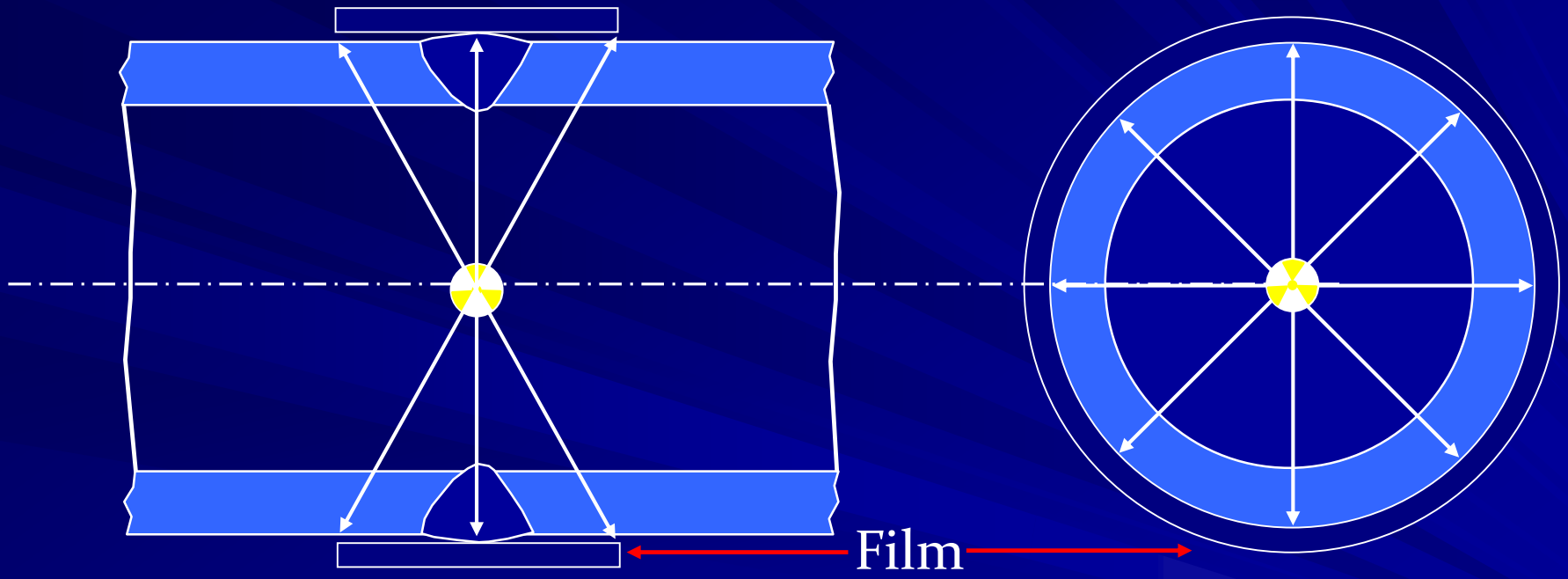
RT(Radiographic Test)

بازرسی رادیو گرافی


Source
Radiation beam
Image quality indicator
Radiographic film



IQI's should be placed source side


Film

مزایا :

- این روش میتواند وجود ، اندازه و مکان عیب را مشخص کند .

- مدارک قابل استناد دارد .

- عیوب با هر اندازه ای را نشان میدهد .

- به آماده سازی اولیه زیادی نیاز ندارد .

محدودیت ها :

-بسیار گران است .

- برای موجودات زنده ضرر دارد .

- نتیجه آزمایش مدتی طول میکشد (عکسبرداری ، ظهور ، ثبوت و تفسیر)

- نیاز به تخصص دارد .

- احتمال سوختن و خراب شدن فیلم وجود دارد .

- قابلیت تشخیص عیب فقط در راستای X,Y میباشد .

- هزینه مواد اولیه بالاست .

رنگ آمیزی و گالوانیزه کردن

۱۰ ـ ۴ ـ ۵ ـ ۱ مواد مورد استفاده

رنگ‌های مورد استفاده برای قسمت‌های فولادی باید از نوع آماده و مناسب با شرایط آب و هوایی منطقه باشند و استفاده از رنگ‌ها پس از مشخص شدن کارخانهٔ تولیدکنندهٔ آنها منوط به‌تصویب مهندس ناظر می‌باشد.

تمام موارد مورد استفاده جهت آماده‌سازی سطح و رنگ‌آمیزی آن باید مطابقت کامل با استانداردهای معتبر داشته و مورد تصویب مهندس ناظر قرار گیرند. در هر صورت حصول به‌کیفیت نهایی مطلوب برعهدهٔ پیمانکار خواهد بود.

۱۰ ـ ۴ ـ ۵ ـ ۲ آماده‌سازی سطوح

تمیزکاری با پاشش مواد ساینده بهترین روش برای از بین بردن رنگ، اکسیدهای حاصل از نورد، و رنگ‌های قدیمی با چسبندگی کم می‌باشد. به‌طور کلی در مورد آماده‌سازی سطح با پاشش مواد ساینده موارد زیر حایز اهمیت می‌باشند:

۱. اطمینان از فشار مؤثر باد. مقدار صحیح فشار باد در آماده‌سازی با مواد ساینده، تقریباً $۷ kg/cm^۲$ می‌باشد. بعد از آماده‌سازی سطح با مواد ساینده، باید بلافاصله سطح را با آستری مناسب پوشش داد. البته قبل از اعمال آستری باید گرد و خاک بر روی سطح را با هوای فشرده (بدون آب و روغن) و یا جاروی برقی صنعتی کاملاً تمیز کرد.

۲. اگر مقدار زنگ و رنگ‌ها، با چسبندگی کم بر روی سطح زیاد باشد، بهتر است که ابتدا با تراشیدن، حجم مواد زاید را کم کرده و سپس عملیات آماده‌سازی با پاشش مواد ساینده را آغاز نمود.

۳. سطوح آلومینیومی آماده‌سازی‌نشده و یا سایر فلزات سبک و آهن گالوانیزه شده، سطوح مشکلی برای رنگ‌آمیزی می‌باشند، زیرا چسبندگی لایهٔ پرایمر به‌سطوح فوق بسیار کم می‌باشد. در این شرایط ابتدا باید سطح را با یک حلال قوی کاملاً چربی‌زدایی کرد. سپس یک لایه واش پرایمر بر روی سطح اعمال نموده و آنگاه سیستم رنگ ارایه‌شده را بر روی آن اعمال نمود.

۱. اطمینان از فشار مؤثر باد، مقدار صحیح فشار باد در آماده‌سازی با مواد ساینده، تقریباً

$۷ kg/cm^۲$ می‌باشد. بعد از آماده‌سازی سطح با مواد ساینده، باید بلافاصله سطح را با آستری مناسب پوشش داد. البته قبل از اعمال آستری باید گرد و خاک بر روی سطح را با هوای فشرده (بدون آب و روغن) و یا جاروی برقی صنعتی کاملاً تمیز کرد.

۲. اگر مقدار زنگ و رنگ‌ها، با چسبندگی کم بر روی سطح زیاد باشد، بهتر است که ابتدا با تراشیدن، حجم مواد زاید را کم کرده و سپس عملیات آماده‌سازی با پاشش مواد ساینده را آغاز نمود.

۳. سطوح آلومینیومی آماده‌سازی‌نشده و یا سایر فلزات سبک و آهن گالوانیـزه شده، سطوح مشکلی برای رنگ‌آمیزی می‌باشند، زیرا چسبندگی لایهٔ پرایمر به‌سطوح فوق بسیار کم می‌باشد. در این شرایط ابتدا بایـد سطح را بـا یک حلال قـوی کاملاً چربی‌زدایـی کرد. سپس یک لایـه واش پرایمر بر روی سطح اعمال نموده و آنگاه سیستم رنگ ارایه‌شده را بر روی آن اعمال نمود.

درجات مختلف کیفیت آماده سازی سطوح

درجات آماده‌سازی

سطوح فولادی قبل از اعمال آستری‌ها به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود. درجات آماده‌سازی که در زیر آورده می‌شوند، بیانگر تمیزی سطح فولاد می‌باشند که باید از کثافات و چربی‌ها پاک شده و همچنین لایه‌های ضخیم زنگ از روی سطح آن برداشته شده باشند.

Sa 1 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی خفیف

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی و به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین، باید عاری از روغن، چربی، کثیفی و نیز لایهٔ اکسید حاصل از نورد که چسبندگی آن کم می‌باشد و زنگ و پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد.

Sa 2 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی عمیق

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز بیشترین مقدار لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ و پوشش‌های رنگی و مواد خارجی از روی سطح زدوده شده باشد. هرگونه مواد آلاینده باقیمانده باید به‌سختی به‌سطح چسبیده باشند.

Sa 2.5 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی عمیق‌تر

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. هرگونه اثر به‌جا مانده از مواد آلاینده، فقط به‌صورت لکه‌های جزیی به‌شکل خال‌ها و نوارها به‌نظر بیاید.

Sa 3 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی با حصول سطح نقره‌ای

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. اینچنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواخت نقره‌ای باشد.

Sa 1 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی خفیف

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی و به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین، باید عاری از روغن، چربی، کثیفی و نیز لایهٔ اکسید حاصل از نورد که چسبندگی آن کم می‌باشد و زنگ و پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد.

Sa 2 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی عمیق

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز بیشترین مقدار لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ و پوشش‌های رنگی و مواد خارجی از روی سطح زدوده شده باشد. هرگونه مواد آلاینده باقیمانده باید به‌سختی به‌سطح چسبیده باشند.

Sa 2.5 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی عمیق‌تر

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. هرگونه اثر به‌جا مانده از مواد آلاینده، فقط به‌صورت لکه‌های جزیی به‌شکل خال‌ها و نوارها به‌نظر بیاید.

Sa 3 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی با حصول سطح نقره‌ای

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، به‌هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. اینچنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواخت نقره‌ای باشد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۵ ـ ۴ رنگ‌آمیزی

برای حفاظت سازه‌های فولادی در مقابل خوردگی باید کلیه سطوح رنگ‌آمیزی شوند، مگر در مواردی که از سوی دستگاه نظارت تصریح شوند. همچنین به‌جز حالت‌های ویژه‌ای که مشخص شده باشد، کارهای فولادی که در تماس با بتن باید قرار گیرند، لازم نیست رنگ شوند.

۱. قبل از شروع عملیات رنگ‌آمیزی باید تمام سطوح را کاملاً تمیز، خشک و آماده نمود به‌قسمی که برای اعمال رنگ شرایط مناسبی داشته باشند. در هر مورد شروع کار منوط به‌تأیید مهندس ناظر خواهد بود. به‌عبارت دیگر قبل از شروع هر قشر رنگ‌آمیزی، نوع رنگ‌آمیزی، نوع رنگ، سیستم رنگ‌آمیزی و قشر قبلی باید توسط مهندس ناظر بازدید و تأیید گردد.

۲. رنگ مصرفی باید کاملاً سطح مورد نظر را پوشش داده و برای جلوگیری از سوسماری شدن پوشش، باید رنگ‌های آستر و رویه از یک کارخانه تهیه شوند. رنگ‌آمیزی سطوح بزرگ باید با اسپری بی‌هوا صورت گیرد. تنها برای لکه‌گیری‌ها استفاده از قلم‌مو مجاز است.

۳. رنگ‌آمیزی باید در محیط مناسب و سربسته انجام شود.

۴. قطعاتی که تازه رنگ شده‌اند باید از گرد و خاک محافظت شده و سطح رنگ‌آمیزی تا زمان تحویل موقت حفاظت شوند.

۵. رنگ‌آمیزی باید در شرایط آب و هوای منطبق با کاتالوگ معتبر کارخانهٔ سازنده رنگ صورت گیرد.

۶. در شرایط محیطی خشک پیمانکار موظف است عملیات رنگ‌آمیزی را حداکثر تا ۲۴ ساعت پس از تمیز نمودن سطوح انجام دهد، مشروط بر آنکه دمای شرایط نگهداری سطوح با کاتالوگ کارخانهٔ سازنده تطابق داشته و به‌تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد.

۷. در سطوح و لبه‌هایی از سازه فولادی که پس از رنگ‌آمیزی جوش خواهند شد، باید رنگ‌آمیزی در فاصله پنج سانتی‌متری از خط جوش متوقف شود.

۱. قبل از شروع عملیات رنگ‌آمیزی باید تمام سطوح را کاملاً تمیز، خشک و آماده نمود به‌قسمی که برای اعمال رنگ شرایط مناسبی داشته باشند. در هر مورد شروع کار منوط به‌تأیید مهندس ناظر خواهد بود. به‌عبارت دیگر قبل از شروع هر قشر رنگ‌آمیزی، نوع رنگ‌آمیزی، نوع رنگ، سیستم رنگ‌آمیزی و قشر قبلی باید توسط مهندس ناظر بازدید و تأیید گردد.

۲. رنگ مصرفی باید کاملاً سطح مورد نظر را پوشش داده و برای جلوگیری از سوسماری شدن پوشش، باید رنگ‌های آستر و رویه از یک کارخانه تهیه شوند. رنگ‌آمیزی سطوح بزرگ باید با اسپری بی‌هوا صورت گیرد. تنها برای لکه‌گیری‌ها استفاده از قلم‌مو مجاز است.

۳. رنگ‌آمیزی باید در محیط مناسب و سربسته انجام شود.

۴. قطعاتی که تازه رنگ شده‌اند باید از گرد و خاک محافظت شده و سطح رنگ‌آمیزی تا زمان تحویل موقت حفاظت شوند.

۵. رنگ‌آمیزی باید در شرایط آب و هوای منطبق با کاتالوگ معتبر کارخانهٔ سازنده رنگ صورت گیرد.

۶. در شرایط محیطی خشک پیمانکار موظف است عملیات رنگ‌آمیزی را حداکثر تا ۲۴ ساعت پس از تمیز نمودن سطوح انجام دهد، مشروط بر آنکه دمای شرایط نگهداری سطوح با کاتالوگ کارخانهٔ سازنده تطابق داشته و به‌تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد.

۷. در سطوح و لبه‌هایی از سازه فولادی که پس از رنگ‌آمیزی جوش خواهند شد، باید رنگ‌آمیزی در فاصله پنج سانتی‌متری از خط جوش متوقف شود.

۸. تمام نقاطی که رنگ قطع شده و سطح فلز بیرون است باید تمیزشده و مجدداً رنگ‌آمیزی شوند به‌طوری که سطح کاملاً پوشیده شده و یکپارچگی رنگ با سطوح مجاور رنگ‌شده تأمین گردد.

۹. در تمام سطوحی که طبله‌کردن، وجود ترک‌ها و پوسته شدن رنگ و سایر علایم حاکی از این است که چسبندگی رنگ به‌سطح تأمین نشده است، باید عملیات ترمیم انجام گیرد. بدین‌ترتیب که رنگ سطوح فوق به‌طور کامل برداشته شود و مجدداً عملیات مربوط به‌آماده نمودن سطوح و رنگ‌آمیزی صورت گیرد.

۱۰. سطوح تمام‌شده رنگ‌آمیزی باید دارای مشخصات زیر باشد:
یکنواختی ظاهری در رنگ، یکنواخت بودن میزان ماتی و شفافیت رنگ، عدم ایجاد موج و سایه، نداشتن چروک و پخش نشدن پوسته رنگ، انطباق لایه اجرا شده با مشخصات، ایجاد پوشش کامل و بدون شره، عدم چسبندگی سطوح رنگ شده با دست و لباس و تمیز بودن سطوح از گرد و غبار.

۱۱. اگر درحین اجرای عملیات نصب، رنگ قطعات صدمه ببیند (بواسطهٔ عملیات جوشکاری، حمل، بستن و یا ...) پیمانکار باید سطوح موردنظر را تمیز نموده، به‌طوری‌که سطوح فولادی ظاهر شوند و سپس براساس مشخصات فنی لایه‌های رنگ متناسب و سازگار با لایهٔ قبلی و مجاور را در فواصل زمانی مناسب جهت پوشش‌دادن کامل استفاده نماید.

۱۲. نقاشی و رنگ‌کاری نباید در هوای سرد یا تاریک و یا زمانی که درصد رطوبت هوا بالا باشد انجام گیرد. در رطوبت بیش از ۸۰ درصد و در حالتی‌که اختلاف دمای محیط و نقطهٔ شبنم کمتر از ۵ درجه باشد، رنگ‌آمیزی ممنوع می‌باشد.

۱۳. سطوح غیرقابل دسترس: به‌جز سطوح تماس بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهد بود باید قبل از جمع کردن کار، تمیز و رنگ‌آمیزی شود. (البته در صورتی که در مدارک طرح و محاسبه این عمل خواسته شده باشد.)

۱۴. سطوح تماس: در اتصالات اتکایی (غیراصطکاکی)، رنگ کردن سطوح تماس به‌طور کلی مجاز است. در اتصالات اصطکاکی شرایط لازم در سطوح تماس باید طبق مقررات مربوط به‌پیچ‌های اصطکاکی رعایت شود.

۱۵. سطوح صاف و آماده شده: سطوحی که با ماشین کردن آماده می‌شوند باید در مقابل خوردگی محافظت شوند. بدین‌منظور از یک لایه مصالح ضدزنگ که بتوان آن را قبل از نصب به‌آسانی برطرف کرد یا مصالح مخصوصی که احتیاج به‌برطرف کردن نداشته باشد، می‌توان استفاده کرد.

۱۶. سطوح مجاور جوش کارگاهی: به‌جز حالت‌هایی که در مدارک طرح و محاسبه به‌عنوان شرط خاص قید شده باشد، کلیه سطوحی که در فاصلهٔ ۵ سانتی‌متری از محل هر جوش کارگاهی قرار می‌گیرند، باید از موادی که به‌جوشکاری صدمه می‌زند و یا درحین جوشکاری گازهای سمی و مضر تولید می‌کند، کاملاً پاک شود. قبل از جوشکاری باید رنگ کارخانه‌ای از روی سطوحی که جوش انجام می‌گیرد، توسط برس سیمی کاملاً برطرف و پاک گردد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۵ ـ ۶ ضخامت رنگ

هر لایه رنگ‌آمیزی باید با توجه به‌میزان تعیین شده توسط سازنده رنگ انجام گیرد. اما ضخامت رنگ خشک شده نباید از حداقل ضخامت رنگ تعیین شده کمتر شود. چنانچه میزان تعیین شده در یک دست رنگ نتواند ضخامت لازم را تأمین کند، رنگ‌آمیزی باید مجدداً تکرار شود تا حداقل ضخامت مورد لزوم به‌دست آید.

کلیه مصالح قطعات فولاد باید طبق مشخصات جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۵ رنگ شود.

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۵ حداقل ضخامت رنگ‌آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف

شرایط محیطی	آماده‌سازی سطح فولاد	نوع و ضخامت رنگ		
		قطعه فولاد در داخل دیوار و نازک‌کاری	قطعه فولاد به‌صورت روباز لیکن درون محیط بسته	قطعه فولادی در معرض شرایط جوی
معتدل[۱]	Sa 2	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی ۴۰ میکرون رویه الکیدی	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی ۴۰ میکرون‌لایه‌میانی الکیدی ۴۰ میکرون رویه الکیدی
سخت[۲]	Sa 2.5	۴۰ میکرون آستراپوکسی غنی از روی	۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۴۰ میکرون لایه میانی اپوکسی ۴۰ میکرون رویه اپوکسی	۶۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۶۰ میکرون آستر میانی اپوکسی ۶۰ میکرون رویه اپوکسی پلی‌یورتان
بسیار سخت و ساحلی[۳]	Sa 3	۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۴۰ میکرون رویه اپوکسی	۶۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۶۰ میکرون لایه میانی اپوکسی ۶۰ میکرون رویه اپوکسی پلی‌یورتان	مثل ناحیه جزر و مدی که نیاز به‌مطالعه خاص دارد حداقل سه لایه اپوکسی با ضخامت کل ۴۰۰ میکرون

۱) شرایط معتدل، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط کمتر از ۵۰٪

۲) شرایط سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی بیش از ۸۰٪ و یا آتمسفر صنعتی

۳) شرایط بسیار سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط بیش از ۸۰٪ همراه با بخار کلر یا نظایر آن

۴) در صورتی‌که دستورالعمل رنگ‌آمیزی توسط کارشناس ذیصلاح تهیه شود، می‌توان از شرایط جدول فوق عدول نمود.

۵) صفحاتی که قرار است در اتصال اصطکاکی روی‌هم قرار گیرند، نباید رنگ شوند، فقط به‌لایه‌ای در حد ۲۰ میکرون به‌عنوان رنگ انبارداری نیاز می‌باشد.

۶) میکرون $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلی‌متر است.

شرایط محیطی	آماده‌سازی سطح فولاد	نوع و ضخامت رنگ		
		قطعه فولاد در داخل دیوار و نازک‌کاری	قطعه فولاد به‌صورت روباز لیکن درون محیط بسته	قطعه فولادی در معرض شرایط جوی
معتدل[1]	Sa 2	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی ۴۰ میکرون رویه الکیدی	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی ۴۰ میکرون لایه‌میانی الکیدی ۴۰ میکرون رویه الکیدی
سخت[2]	Sa 2.5	۴۰ میکرون آسترایوکسی غنی از روی	۴۰ میکرون آستر ایوکسی غنی از روی ۴۰ میکرون لایه میانی ایوکسی ۴۰ میکرون رویه ایوکسی	۶۰ میکرون آستر ایوکسی غنی از روی ۶۰ میکرون آستر میانی ایوکسی ۶۰ میکرون رویه ایوکسی پلی‌یورتان
بسیار سخت و ساحلی[3]	Sa 3	۴۰ میکرون آستر ایوکسی غنی از روی ۴۰ میکرون رویه ایوکسی	۶۰ میکرون آستر ایوکسی غنی از روی ۶۰ میکرون لایه میانی ایوکسی ۶۰ میکرون رویه ایوکسی پلی‌یورتان	مثل ناحیه جزر و مدی که نیاز به‌مطالعه خاص دارد حداقل سه لایه ایوکسی با ضخامت کل ۴۰۰ میکرون

۱–چربی زدایی Degreasing

- – از بین بردن و تمیز کردن چربی و روغن
- – باقیمانده پوشش های قدیمی و سایر آلودگی های موجود روی سطح از قبیل اکسیدهای آهن و عوارض نورد گرم از روی سطوح آهنی
- – نمک های موجود روی سطوح گالوانیزه و سطوح آلومینیوم و..
- – باقیمانده مصالح و گرد و غبار روی سطوح بتونی

۲- زنگ زدایی

- کلیه آلودگی های سطح مانند زنگ عوارض نورد گرم(Mill Scale)
- باقیمانده پوشش های قدیمی
- هر گونه آلودگی و عوارض موجود و ذرات چسبیده به سطح

گل جوش (Weld Spatter)

- چرا نباید گل جوش زیر رنگ باقی بماند؟
- چون پس از مدت کوتاهی در اثر عوامل مختلف از سطح جدا شده و فیلم رنگ درمحل جوشکاری آسیب خواهد دید و خوردگی ازاین نقاط به

سرعت پیش

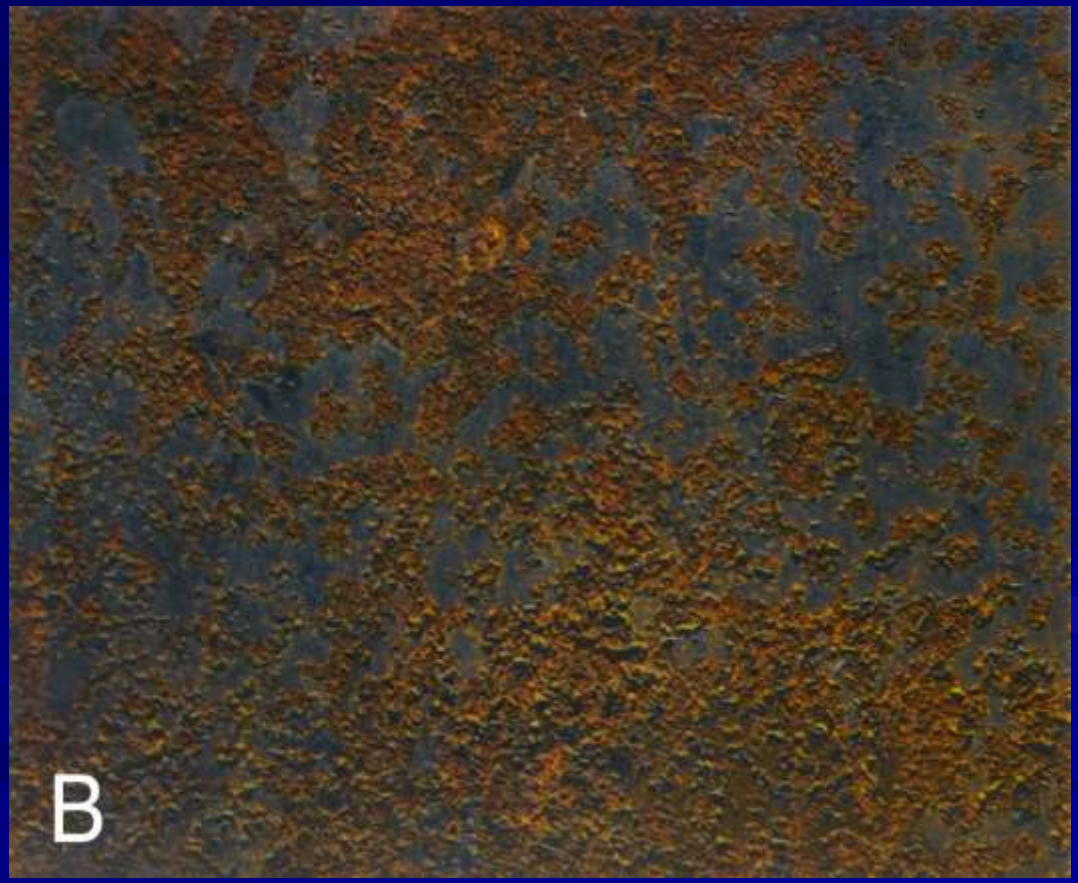
درجات زنگ سطوح آهنی (Rust Grade)

- **درجه A:** که سطح فلز به طور کامل از mill scale پوشیده شده و زنگ زدگی بسیار ناچیز است و رنگ آن آبی تا مایل به بنفش است
- ISO-8501

درجات زنگ سطوح آهنی (Rust Grade)

درجه B: سطح شروع به زنگ زدگی کرده و mill scale ها در حال ورقه و جدا شدن هستند.

ISO-8501



درجات زنگ سطوح آهنی (Rust Grade)

درجه C: mill scale ها و زنگ به سادگی از سطح جدا می شوند و حفره های کوچک(Pittings) در سطح با چشم دیده می شود.

ISO-8501

درجات زنگ سطوح آهنی (Rust Grade)

درجه D: mill scaleها کاملاً از بین رفته و زنگ سطح فولاد را پوشانده و خوردگیهای حفره ای(Pittings) بر روی سطح ایجاد شده است. ISO-8501

درجات تمیزی سطح با استفاده از روش Blasting و مطابق با استاندارد Swedish Standards-SIS-5900

- **Sa.1**: در این مرحله از آماده سازی ، بر روی سطح خوردگیهای اتمسفری وجود دارد و این خوردگیها به صورت چسبیده هستند.رنگ سطح فلز مقداری قهوه ای می باشد.
- **Sa.2**: در این مرحله خوردگیهای اتمسفری از بین رفته اند اما Mill Scale مقداری باقی مانده است. رنگ سطح فلز مقداری مایل به خاکستری یا طوسی است.
- **Sa.2½**: در این مرحله خوردگیهای اتمسفری و Mill Scale از بین رفته ، فقط مقداری زنگ در انتهای خوردگیها(Pittings) باقی مانده است.رنگ این مرحله نزدیک به سفید است و اصطلاحاً به آن Near White Metal گفته می شود.
- **Sa.3**: در این مرحله تمام اثرات زنگ و عوارض موجود در مراحل قبل از بین رفته و سطح عاری از هر نوع زنگ زدگی و عارضه است.رنگ سطح کاملاً سفید است و به آن White Metal گفته می شود.

فرم و میزان زبری سطح (Profile of Roughness) در زمان بلاستینگ به عوامل زیر بستگی دارد:

- نوع مواد ساینده مورد استفاده
- میزان فشار جریان هوا
- مهارت و تسلط اپراتور

- عمر مفید یک سیستم پوششی در گرو آماده سازی مناسب سطح و رنگ آمیزی صحیح است
- آماده سازی سطح و رنگ آمیزی به نیروی انسانی متکی است و در این روش همیشه امکان اشتباه و غفلت وجود دارد
- کنترل و بازرسی دقیق، یک عامل بسیار مهم برای موفقیت گروه اجرایی در مراحل مختلف آماده سازی سطح و رنگ آمیزی می باشد

- روشهای بازرسی در رنگ آمیزی شامل ۳مرحله زیر است:

- ۱-بازرسی قبل از اجرای رنگ آمیزی
- ۲-بازرسی در حین اجرای رنگ آمیزی
- ۳-بازرسی بعد از اجرای رنگ آمیزی

۱-بازرسی قبل از اجرای رنگ آمیزی

۱-کنترل آماده سازی سطح
- ۱-چربی زدایی
- ۲-زنگ زدایی

۲- کنترل بلاستینگ و میزان زبری سطح(Roughness)

۳-کنترل مواد مصرفی
- مواد ساینده
- رنگ و تینر

٤- کنترل دستگاه و تجهیزات رنگ آمیزی

۵- کنترل شرایط آب و هوا

- – استفاده از تصاویر استاندارد از جمله استاندارد سوئدی SIS-5900 برای ارزیابی آماده سازی و زبری سطح (Roughness and Surface Profile) و مقایسه با سطح فلز توصیه می شود.

Sa.1

Sa.2

Sa.2½

Sa.3

نکته بسیار مهم، وضعیت **میزان زبری** روی سطوح (Surface Profile) می باشد. زبری سطح در صورتی به خوبی ایجاد می شود که مصالح سایشی مناسب با کیفیت مطلوب به کار گرفته شده باشد. زبری سطح باید از نظر ابعاد و عمق و پراکندگی در همه قسمت های سطح یکنواخت باشد. اندازه گیری عمق زبری با روش های چشمی و مقایسه با پانل های استاندارد و همین طور با لوازم اندازه گیری مخصوص (Needle Probe) امکان پذیر می باشد.

وضعیت هوا و شرایط محیط رنگ آمیزی:

- بارندگی ، وزش باد ، گرد و غبار در زمان رنگ آمیزی ممکن است عوارض غیر قابل اغماض و خسارت های زیادی بر روی فیلم رنگ ایجاد نماید،لذا کنترل موارد ذیل الزامی است:

- – دمای محیط
- –نقطه شبنم
- – دمای سطح
- – رطوبت نسبی ه
- – سرعت باد
- – جهت وزش باد

باعث بوجود آمدن شوراخ های ریز (Pinholls)،شره و...

کاهش دمای محیط و سطح(کمتر از5°c):
باعث طولانی شدن زمان خشک شدن ، عدم کیورینگ و...

رطوبت زیاد(معمولاًبیشتر از 80%) :
باعث عدم چسبندگی مناسب ،جداشدن رنگ و ...

۲–بازرسی در حین اجرای رنگ آمیزی

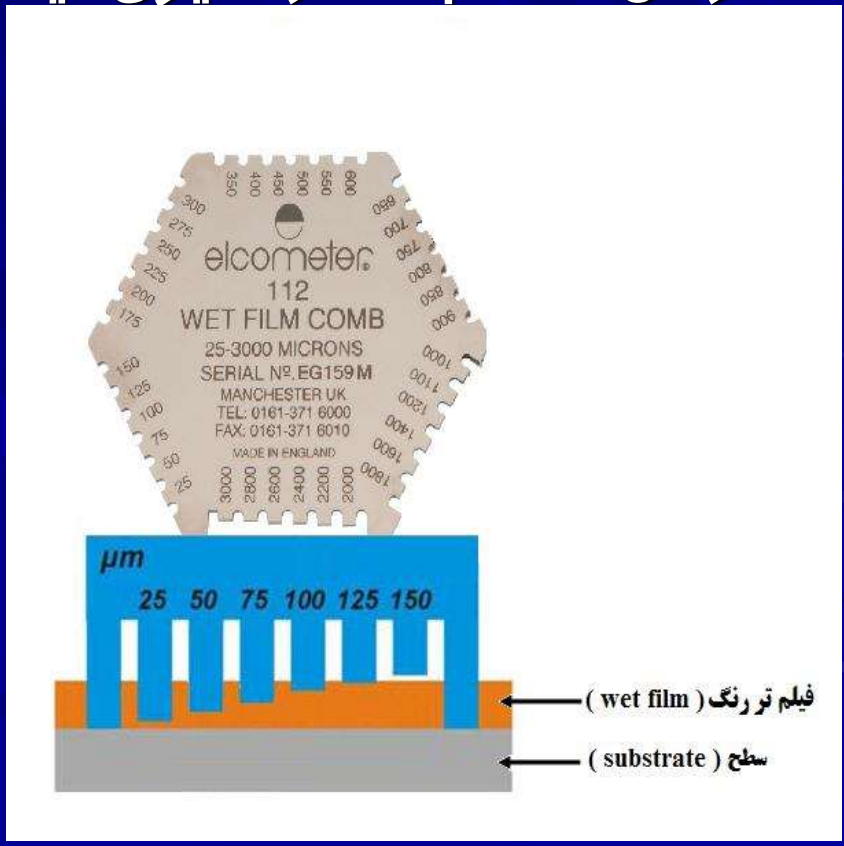
- شامل موارد زیر می باشد:
- الف – کنترل شرایط اجرای رنگ
- ب – کنترل و جلوگیری از بوجود آمدن عیوب و مشکلات

الف)کنترل شرایط اجرای رنگ

- -نوع رنگ مورد استفاده
- -نوع و ٪ تینرمورداستفاده
- - نوع میکسر و نحوه اختلاط رنگ
- -زمان انتظارپس ازترکیب اجزاء(Prereaction time)
- - رعایت زمان مصرف رنگ و هاردنر پس ازترکیب (Life
- -شروع ساعت رنگ آمیزی
- -پایان ساعت رنگ آمیزی
- -سیستم پاشش
- -نسبت ورودی وخروجی پم
- -فشارباد
- -تیپ نازل
- -سایزنازل
- -زاویه پاشش

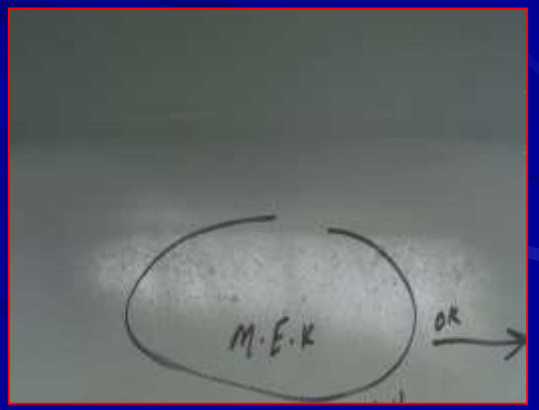
اندازه گیری ضخامت فیلم تر رنگ

- برآورد ضخامت فیلم خشک رنگ با اندازه گیری ضخامت فیلم تر رنگ امکان پذیر می باشد. نکته مهم در استفاده از تیغه های اندازه گیری فیلم تر رنگ توجه به تمیزی کامل تیغه ها است
- زمان مناسب اندازه گیری فیلم تر رنگ ،در شروع عملیات رنگ آمیزی



۳–بازرسی پس از اجرای رنگ آمیزی

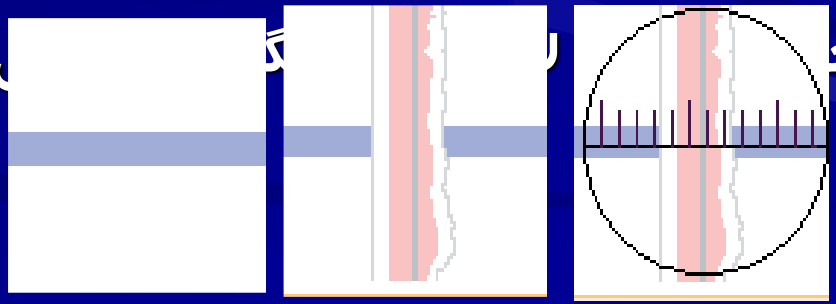
- سه بخش عمده در این مرحله عبارتند از:
- – اندازه گیری ضخامت فیلم خشک رنگ
- – بررسی پیشرفت واکنش تشکیل فیلم
- – بررسی کیفی فیلم رنگ و نواقص احتمالی موجود



اندازه گیری ضخامت فیلم خشک رنگ

- پس از بررسی کیفی فیلم رنگ و اطمینان از خشک بودن کامل آن ، با۲ روش زیر ضخامت فیلم خشک رنگ اندازه گیری می شود:
- ۱- روش مخرب Destructive Method ISO-2808- (ASTM-D-4138 5B)
- ۲- روش غیر مخرب(ضخامت سنج فیلم خشک) Nondestructive Method

- ۱- روش مخرب: برش Vشکل با دستگاهG
- برای سیستم های پوششی چندلایه
- ضخامت بالا
- مشخ



اندازه گیری ضخامت فیلم خشک رنگ

- ۲- روش غیر مخرب(ضخامت سنج فیلم خشک) Nondestructive Method

- در استفاده از لوازم اندازه گیری به ویژه تجهیزات تعیین ضخامت فیلم خشک کالیبره بودن دستگاه مهم است.

بررسی پیشرفت واکنش تشکیل فیلم(Curing Test)

بررسی میزان پیشرفت واکنش شیمیایی بین اجزاء مختلف رنگ و هاردنر در مورد رنگ های ۲ جزئی مانند اپوکسی ها،پلی یورتان ها و... باید مورد بررسی قرار گیرد

این تست با اعمال حلال های قوی با پارچه (Solvent Swabbing) روی سطح فیلم انجام می شود درصورت کامل شدن واکنش شیمیایی، فیلم رنگ در مقابل حلال در زمان سایش مقاومت می نماید و در غیر اینصورت درمحل سایش، فیلم رنگ برداشته می شود(ASTM D 5402)

بررسی پیشرفت واکنش تشکیل فیلم(Curing Test)

پوشش سیلیکات روی(Inorganic Zinc Primer):

- استفاده از حلال M.E.K بهترین روش تست کامل شدن واکنش شیمیایی فیلم رنگ
- در صورت کمبود رطوبت و دما،پیشرفت واکنش بسیار کند خواهد بود(استفاده از روش مصنوعی)
- در شرایط مطلوب دما و رطوبت،واکنش شیمیایی فیلم ظرف مدت۲٤ساعت کامل خواهد

بررسی کیفی فیلم رنگ و نواقص احتمالی موجود

- در بازدید چشمی باید هر گونه عوارض و نواقص احتمالی موجود در فیلم رنگ از قبیل شره کردن (Sagging)، جوش و حباب های هوای موجود در فیلم(Blisters) ذرات و ناخالصی های احتمالی موجود در فیلم رنگ (Dirt Inclusion)کاهش ضخامت و ... مورد توجه قرار گیرد.
- برخی از عوارض احتمالی عبارتند از:
- سوراخ ریز در فیلم رنگ Pinholes
- پوست پرتقالی ge Peelness
- شره فیلم رنگ Sagging
- شکنندگی فیلم رنگ Checking
- تاول زدن Blistering
- باز شدگی و جمع شدن فیلم رنگ Cissing

- 1mm spacing – for coating thickness less than 60µm
- 2mm spacing – for coating thickness less than 120µm
- 3mm spacing – for coating thickness more than 120µm

ree instrument types are supplied separately or combined in

ترک خوردگی عمیق(Cracking)

ترک خوردگی سطحی(Checking)

ترک خوردگی سطحی(Checking)

ترک خوردگی عمیق(Cracking)

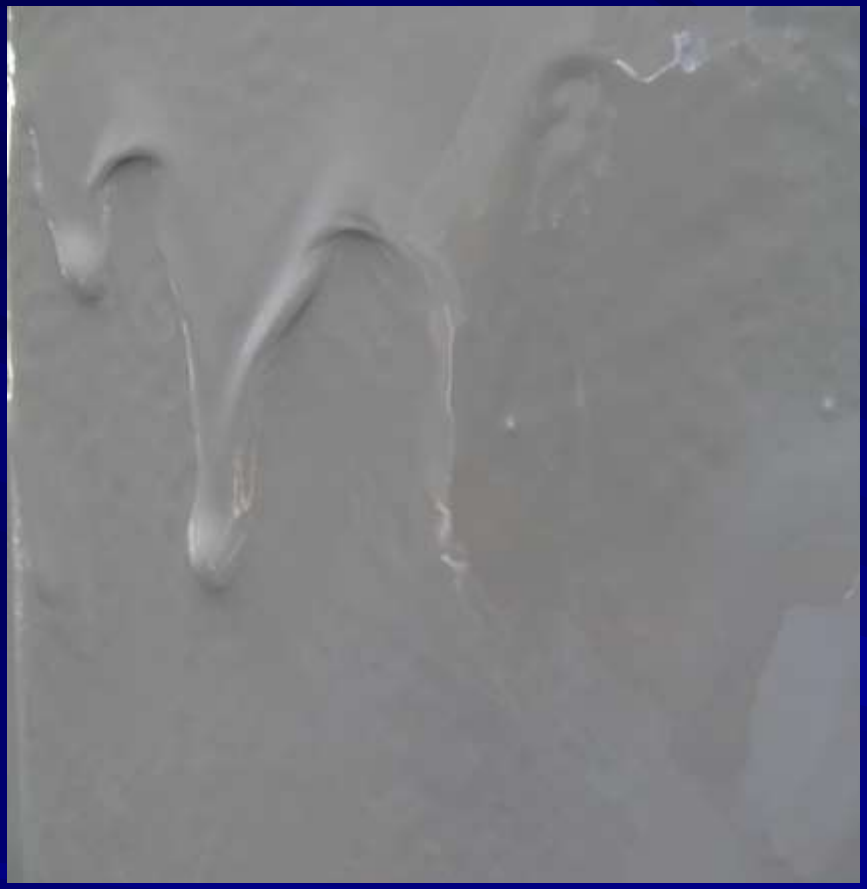
بازشدگی و جمع شدن فیلم رنگ
(Cissing)

سوراخ شدن(Pinholes)

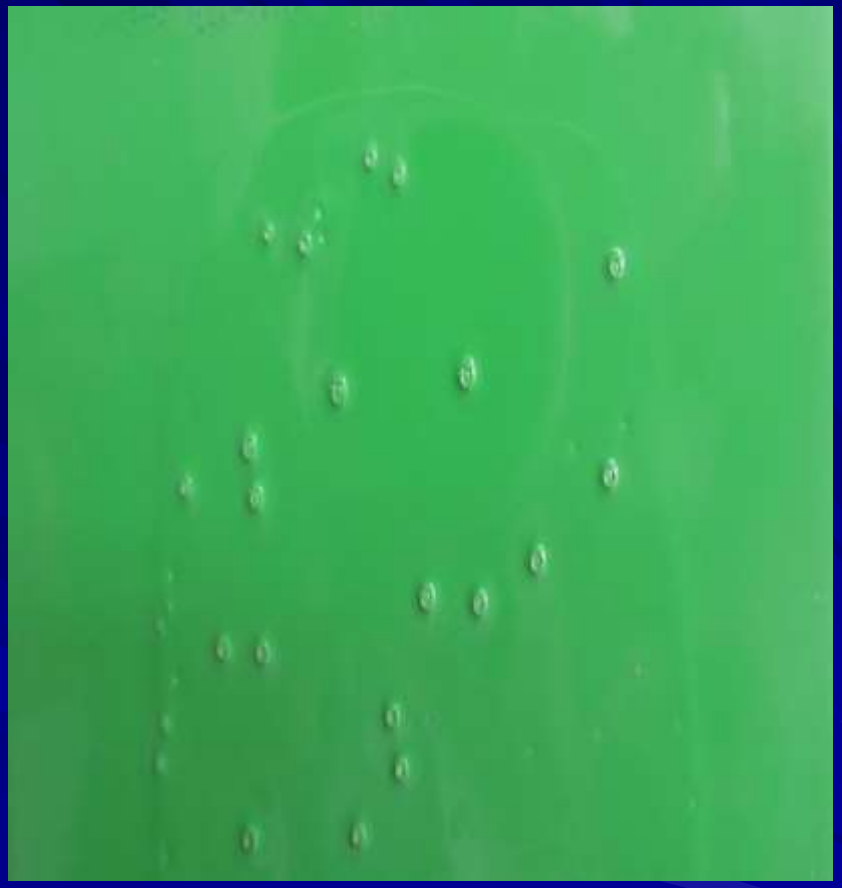
پوست پرتغالی شدن(Orange Peelness)

گچی شدن (Chalking)

لکه باران(Rain Spotting-Raining)



شره کردن(Sagging)



تاول زدن (Blistering)

چروک خوردگی
(Wrinkling)

پوسته شدن (Flaking)

عوارض فوق در صورتی که نسبتاً بزرگ باشند در بازدید چشمی قابل رؤیت می باشند و در صورتی که فیلم رنگ دارای عوارض یاد شده به صورت بسیار ریز باشد ممکن است در بازدید چشمی قابل تشخیص نباشند. برای کنترل و بازرسی فیلم رنگ و تشخیص عوارض احتمالی یاد شده به ۲ روش زیر می توان عمل نمود:

- دستگاه عیب یاب با ولتاژ پایین Low Voltage Detector
- دستگاه عیب یاب با ولتاژ بالا High Voltage (Spark) Detector

دستگاه عیب یاب با ولتاژ پایین Low Voltage Detector

این دستگاه برای عیب یابی فیلم رنگ با ضخامت حداکثر ۳۷۵ میکرون مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش با کشیدن یک قطعه اسفنج خیس، سطح مورد آزمون مرطوب شده سپس دستگاه را روی فیلم رنگ قرار داده با فشار دادن دکمه جریان الکتریکی آماده برقراری می گردد. در این وضعیت دستگاه را به آرامی روی سطح رنگ حرکت داده و سطح مرطوب رنگ را به دقت باحرکت دستگاه در معرض جریان الکتریسیته قرار می دهیم. در هر نقطه از فیلم که نقصی وجود داشته باشد جریان الکتریکی ازدستگاه به طرف سطح فلز برقرار شده و آژیر کوچک دستگاه را به صدا در می آورد

دستگاه عیب یاب با ولتاژ بالا High Voltage (Spark) Detector

برای فیلم های با ضخامت بیشتر ولتاژ بالاتری جهت نشان دادن منافذ و ترک های احتمالی مورد نیاز می باشد.

- در این روش نیازی به خیس کردن سطح فیلم رنگ وجود ندارد و جریان برق به صورت قوس الکتریکی بین الکترود دستگاه و سطح فلز رنگ آمیزی شده در محل ترک ها و نواقص احتمالی برقرار می شود و محل سوراخ و ترک ها با ایجاد جرقه نشان داده می شود. در صورتی که نور روز مانع از دیده شدن جرقه های ایجاد شده گردد، باید به

صدای جرقه که ناشی از تخلیه الکتر

17/11/2007

01/12/2007

نکات مهم اجرایی جهت انجام عملیات آماده سازی سطوح و رنگ آمیزی که پیمانکار ملزم به انجام آنها می باشد

- ۱-تمیز کاری سطوح به روش سند بلاست که برای کلیه سطوح خارجی در نظر گرفته شده بر اساس SIS- 5900 حداقل در حد SA 2 ½ می باشد.
- ۲- قبل از رنگ آمیزی کلیه زوائد ناشی از جوشکاری بایستی رفع شده باشد.
- ۳-کلیه سطوح سند بلاست شده در همان روز بایستی تحت پوشش پرایمر قرار گیرند در غیر اینصورت نیاز به سند بلاست مجدد خواهد بود.
- ۴- تمیز کاری سطوح با استفاده از برس های سیمی دستی و برقی
- جهت سطوح داخلی مد نظر می باشد که بایستی با کیفیت مطلوب و مناسب به انجام برسد.
- ۵- صحت انجا م هر مرحله از آماده سازی سطوح بایستی به تایید نماینده Q C پیمانکار و نماینده دستگاه نظارت صنعت برسد.

- ۶-پیمانکار ملزم به رعایت کلیه مندرجات مشخصات فنی سازنده رنگ بوده و مواردی از قبیل نوع ومیزان ترکیب رنگ (خصوصاً رنگهای دو جزئی) دستور العمل های آماده سازی رنگ

- تمیز کاری و آماده سازی سطوح، اعمال رنگ ، فواصل زمانی بین لایه ها، محدودیت های محیطی وآب وهوایی ، انبار داری ، توصیههای ایمنی و کلیه نکات اعلام شده از طرف سازنده رنگ لازم الاجرا می باشد .

- ۷-کلیه دستورالعمل های اجرایی و بازرسی مکتوب وشفاهی که در زمان حضور نماینده شرکت سازنده اعلام می گردد طی کل مدت اجرای عملیات رنگ آمیزی لازم الاجرا می باشد.

- ۸- اجرای هر لایه از رنگ قبل از اعمال لایه بعدی بایستی به رویت وتایید نماینده Q C پیمانکار و نماینده دستگاه نظارت صنعت رسیده باشد.

- ۹- قبل از اعمال هر لایه رنگ پیمانکارملزم به رفع هرگونه معایب قابل مشاهده بوده و در صورت نیاز به انجام آماده سازی سطوح از قبیل لکه گیری ، رفع شره ،افزایش ضخامت، شستشو با فشار آب و . . . بنا به تشخیص نماینده دستگاه نظارت و یا نماینده کارخانه سازنده رنگ ، عملیات ذکر شده لازم الاجرا خواهد بود.

- ۱۰- در صورت انجام کار در محیط باز ، پیمانکارملزم به رعایت محدودیت های آب وهوایی نظیر بارندگی ، میزان رطوبت ، نقطه شبنم ، دمای محیط و سطح،وزش باد و . . . می باشد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۴ ـ ۴ اتصال با جوش

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی لازم است. علاوه بر مفاد آیین‌نامهٔ مذکور، رعایت موارد زیر لازم می‌باشد.

الف ـ پیمانکار باید برای انواع جوش‌ها قبل از شروع جوشکاری، نوع الکترود مصرفی و قطر آن، شدت جریان و ولتاژ، تعداد پاس‌ها، نحوهٔ آماده‌سازی لبه‌ها و تمام اطلاعات اجرایی دیگر را توسط مهندس یا کاردان ارشد جوشکاری بر روی برگه‌های «دستورالعمل جوشکاری ـ WPS » ثبت نموده و در تمام مدت جوشکاری در اختیار جوشکار، سرپرست کارگاه جوشکاری و ناظرین قرار دهد. برگه‌های «دستورالعمل جوشکاری» باید قبلاً به‌تأیید مهندس ناظر رسیده باشند.

ب ـ جوشکاری باید طبق نقشه‌ها و مدارک فنی، توسط جوشکاران ماهر ارزیابی شده انجام گردد و چنانچه مهندس ناظر لازم بداند باید جوشکاران دارای گواهینامهٔ جوشکاری از وزارت کار یا مراجع ذیصلاح دیگر بوده و یا قبل از انجام کار توسط مهندس ناظر آزمایش لازم از آنها به‌عمل آید.

پ ـ قبل از جوشکاری باید سطوح مورد نظر از مواد زاید (گرد و خاک، زنگ‌زدگی، رنگ و غیره) کاملاً پاک شود.

ت ـ جوشکاری به‌طور کلی در دمای محیط جوشکاری زیر صفر درجه سلسیوس خصوصاً در جریان باد ممنوع است. در صورتی‌که جریان هوا یکنواخت و ثابت بوده و بتوان محیط جوشکاری را به‌شعاع حداقل ۱۰ سانتی‌متر با وسایل مناسب به‌نحوی گرم کرد که با دست کاملاً محسوس باشد و محیط جوشکاری حفاظت گردد، جوشکاری بلامانع است.

ث ـ جوشکاری نباید بیش از آنچه در نقشه ذکرشده انجام شود، مگر با تأیید مهندس ناظر و طراح.

ج ـ شدت جریان و نوع الکترودها باید طوری انتخاب شوند که جوش کامل و دارای نفوذ کافی مطابق نقشه‌ها بوده و قطعات مورد اتصال به‌قدر کافی ذوب شوند. سطح جوش باید عاری از شیار، قسمت‌های برآمده، بریدگی و گودافتادگی باشد.

چ ـ چنانچه جوشکاری در بیش از یک عبور انجام شود، قبل از انجام عبور بعدی، پوستهٔ عبور قبلی باید به‌کمک چکش گِل‌زن و برس سیمی، پاک گردد.

ح ـ بین قطعاتی که مستقیماً به‌طریق جوش گوشه به‌هم جوش می‌شوند نباید درزی بیش از ۲ میلی‌متر موجود باشد.

خ ـ ترتیب عملیات جوشکاری باید به‌نحوی انجام گیرد که قطعات مربوطه از شکل اصلی خارج نشده و از تاب برداشتن و اعوجاج بیشتر از حد رواداری‌های بند ۱۰ ـ ۴ ـ ۶ بیشتر نگردد.

د ـ بر روی تمام جوش‌ها باید آزمایش‌های کنترل کیفیت چشمی توسط بازرس جوش انجام و نتیجه این آزمایش‌ها به‌مهندس ناظر و کارفرما گزارش شود. در جدول ۱۰ ـ ۴ـ ۱ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش ارایه شده است. نتیجه تمام این آزمون‌ها باید در پرونده‌های مخصوص ثبت شده در اختیار مهندس ناظر قرار گیرند. تفسیر مهندس ناظر از نتایج آزمایش قطعی محسوب می‌گردد.

مهندس ناظر می‌تواند مستقیماً آزمایش‌های کنترل کیفیت بر روی قطعات انجام داده و یا دستور تکرار و تجدید آزمایش‌های لازم توسط پیمانکار را بنماید.

ذ ـ روش اجرا باید طوری ترتیب داده شود که مقدار جوش‌های کارگاهی لازم به‌حداقل برسد، به‌طوری که ساخت قطعات با جوش در کارخانه انجام شده و اتصال در کارگاه حتی‌المقدور توسط پیچ پرمقاومت برقرار شود.

۱۰ ـ ۴ ـ ۴ ـ ۵ پیش‌نصب

در صورتی‌که دستگاه نظارت لازم بداند، پیمانکار موظف است تیرها و ستون‌های فولادی را در محل کارخانه یا پای کار پیش‌نصب نماید. هدف از پیش‌نصب تیرها و ستون‌ها حصول اطمینان از دقت ساخت و کیفیت جفت و جور شدن قطعات در هنگام نصب می‌باشد. همچنین در هنگام پیش‌نصب، خیز شاهتیر تحت بار خود اندازه‌گیری شده و با خیز مندرج در نقشه‌ها مقایسه خواهد شد. جفت و جور شدن قطعات بادبندها نیز با بستن تعدادی از آنها مورد کنترل قرار خواهد گرفت.

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۱ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش
۱ ـ صد درصد کلیه جوش‌ها	بازرسی چشمی (VI)
۲ ـ صد درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، ۱/۶ عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی* و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به‌ستون در اتصال صلب تیر به‌ستون	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۳ ـ ده درصد جوش‌های لب به‌لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۴ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۵ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نمی‌باشد و جوش‌های لب به‌لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۶ ـ ده درصد جوش گوشه بال به‌جان و سخت‌کننده‌ها	رنگ نافذ (PT)
۷ ـ صد درصد جوش‌های گوشه اتصالات مهاربندها و اتصالات تیر به‌ستون*	رنگ نافذ

* درصورت حصول نتایج مثبت، مهندس ناظر می‌تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا حداقل ۳۰ درصد صادر نماید.

به‌هنگام پیش‌نصب باید حداقل ۲۵ درصد از پیچ‌های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد، بسته شوند. پیچ‌های پیش‌نصب می‌توانند از نوع پیچ‌های معمولی انتخاب گردد. از این پیچ‌ها بعداً به‌عنوان پیچ‌های اصلی نباید استفاده نمود.

قطعات پیش‌نصب‌شده، بعد از علامت‌گذاری، باز شده و به‌همراه ورق‌های اتصال برای حمل به‌کارگاه، انبار خواهند شد.

۱۰ـ ۴ ـ ۴ ـ ۷ انبار کردن، حمل و رفع معایب

انبار نمودن و حمل قطعات فولادی در کارگاه ساخت و محل نصب باید به‌نحوی صورت گیرد که قطعات تغییرشکل نداده و تنش‌های بیش از حد مجاز در آن ایجاد نشود و هیچ آسیبی به‌آن وارد نیاید. قطعاتی که به‌هر علتی تغییرشکل داده یا آسیب دیده‌اند، باید قبل از به‌کارگیری به‌نحو رضایت‌بخشی با تأیید مهندس ناظر اصلاح و مرمت گردند. در صورتی‌که تعمیر قسمت‌های معیوب بدون کم کردن مقاومت آن میسر نباشد باید آن قسمت‌ها تعویض گردند.

قطعات فولادی باید در محیطی دور از رطوبت انبار گردند. در صورت انبار کردن قطعات در محیط باز، باید زیر قطعات سکوهای مناسبی قرار داد تا قطعه با زمین فاصله داشته باشد. تعداد و فاصلهٔ سکوها باید به‌نحوی انتخاب گردد که قطعات دچار تنش یا تغییرشکل بیش از حد نگردند.

جابه‌جا کردن قطعات باید با در نظر گرفتن ضوابط ایمنی با وسایل مناسب و به‌نحوی انجام گیرد که تنش‌های اضافی در این قطعات ایجاد نشود. قطعات سنگین با شکل و فرم خاص باید با قلاب نمودن در نقاط مناسب و یا نقاطی که قبلاً تعیین و علامت‌گذاری شده است بلند شوند تا هنگام جا به‌جا کردن و نصب، تنش و تغییرشکل زیاد در هیچ قسمتی ایجاد نشده و به‌اتصالات برشی و سوراخ‌های پیچ‌ها نیز آسیبی وارد نگردد.

پیچ ها

الف) انواع متداول پیچ‌های مورد استفاده در اسکلت‌های فولادی عبارتند از پیچ‌های معمولی و پیچ‌های پرمقاومت. در جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۵ مشخصات پیچ‌های موجود یا تولید در ایران طبق استانداردهای ASTM و ISO ارایه شده است. برای هر پیچ باید واشر و مهرهٔ سازگار مورد استفاده قرار گیرد.

ب) پیچ‌ها با دو نوع عملکرد « اتکایی » و « اصطکاکی » مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از پیچ‌های پرمقاومت منطبق با استانداردهای ملی یا بین‌المللی، برای هر دو نوع اتصال و استفاده از پیچ‌های معمولی یا پرچ فقط در اتصالات اتکایی مجاز است. در اتصالات اتکایی ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی لازم نیست ولی در اتصالات اصطکاکی، پیچ‌ها باید پیش‌تنیده گردند. حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی مطابق مقادیر جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۶ می‌باشد. برای حصول پیش‌تنیدگی استفاده از یکی از سه روش « سفت کردن مجدد مهره » ، « واشرهای کشش‌سنج » و یا « آچار مدرج » امکان‌پذیر است.

۱۰ ـ ۴ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ کنترل پیش‌تنیدگی پیچ‌ها

پیمانکار موظف است کنترل کیفیت دقیقی بر عملیات بستن پیچ و مهره‌ها در کارگاه نصب اعمال داشته، گزارش‌های مربوط به‌این کنترل‌ها را جهت بررسی و تأیید مهندس ناظر اعلام نماید.

مهندس ناظر می‌تواند رأساً یا از طریق آزمایشگاه با صلاحیت، مستقلاً پیش‌تنیدگی پیچ‌ها را کنترل نماید. در هر صورت تصمیم مهندس ناظر در مورد کفایت پیش‌تنیدگی پیچ‌ها قطعی خواهد بود.

برای پیچ‌های پرمقاومت به‌کار گرفته‌شده در طرح، نیروی پیش‌تنیدگی لازم برای سفت کردن پیچ‌ها برابر ۵۵ درصد مقاومت نهایی پیچ می‌باشد. لازم به‌ذکر است که با پیچاندن اضافی مهره‌ها ممکن است کشش پیچ به‌طور قابل ملاحظه‌ای از مقدار فوق‌الذکر بیشتر شوند ولی این موضوع اشکالی دربر ندارد.

در پیچ‌هایی که وسیلهٔ چرخاندن اضافه مهره طبق جدول ۱۰ـ۴ـ۲ پیش‌تنیده می‌شوند، بعد از آنکه پیچ‌ها کاملاً سفت شدند به‌وسیلهٔ یک گچ رنگی نقطه‌ای از پیچ و مهره را که روبروی هم قرار دارند، علامت‌گذاری کرده سپس کنترل می‌گردد که چرخش اضافی مطابق جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۳ به‌میزان کافی انجام شده باشد. برای کنترل پیش‌تنیدگی پیچ‌ها باید از تورک‌متر مناسب که قبلاً در یک آزمایشگاه مورد قبول کالیبره شده است، استفاده به‌عمل آورد.

جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۵ مشخصات پرچ‌ها و پیچ‌های موجود یا تولید در ایران

نوع پیچ و پرچ	نام استاندارد		تنش تسلیم مصالح پیچ یا پرچ (F_y)	تنش نهایی مصالح پیچ یا پرچ (F_u)
	ASTM	ISO		
پرچ	AS01	_	۱۹۰۰kg/cm^2[۱۹۰N/mm^2]	–
	AS02	–	۲۶۰۰kg/cm^2[۲۶۰N/mm^2]	–
	–	UST 36	۲۰۵۰kg/cm^2[۲۰۵N/mm^2]	–
	–	UST 38	۲۲۵۰kg/cm^2[۲۲۵N/mm^2]	–
پیچ‌های معمولی	A307	–	۲۴۰۰kg/cm^2[۲۴۰N/mm^2]	۴۰۰۰kg/cm^2[۴۰۰N/mm^2]
	–	۴/۶	۲۴۰۰kg/cm^2[۲۴۰N/mm^2]	۴۰۰۰kg/cm^2[۴۰۰N/mm^2]
	–	۴/۸	۳۲۰۰kg/cm^2[۳۲۰N/mm^2]	۴۲۰۰kg/cm^2[۴۲۰N/mm^2]
	–	۵/۶	۳۰۰۰kg/cm^2[۳۰۰N/mm^2]	۵۰۰۰kg/cm^2[۵۰۰N/mm^2]
	–	۵/۸	۴۰۰۰kg/cm^2[۴۰۰N/mm^2]	۵۲۰۰kg/cm^2[۵۲۰N/mm^2]
	–	۶/۸	۴۸۰۰kg/cm^2[۴۸۰N/mm^2]	۶۰۰۰kg/cm^2[۶۰۰N/mm^2]
پیچ‌های پرمقاومت	A325 ($d \leq ۲۵mm$)	-	_	۸۰۰۰kg/cm^2[۸۰۰N/mm^2]
	A325 ($d > ۲۵ mm$)	-	_	۷۲۵۰kg/cm^2[۷۲۵N/mm^2]
	A490	-	_	۱۰۰۰۰kg/cm^2[۱۰۰۰N/mm^2]
	–	۸/۸	_	۸۰۰۰kg/cm^2[۸۰۰N/mm^2]
	–	۱۰/۹	_	۱۰۰۰kg/cm^2[۱۰۰۰N/mm^2]
	–	۱۲/۹	_	۱۲۰۰۰kg/cm^2[۱۲۰۰N/mm^2]

جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۶ حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی

برحسب تن یا [کیلونیوتن]

سطح مقطع اسمی	حداقل نیروی پیش‌تنیدگی
A_b	$۰/۵۵ A_b F_u$

اتصال باپیچ

۱۰ ـ ۴ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۱ اصلاح سوراخ‌ها

برای مونتاژ نهایی قطعات، بعد از آنکه قطعات علامت‌گذاری‌شده بر روی خرک چیده شدند و ورق‌های اتصال بر روی سوراخ‌ها قرار گرفت، قطعات به‌وسیلهٔ سمبه‌هایی که از سوراخ‌های اتصال می‌گذرند در جای خود ثابت می‌شوند. در کارگاه ساخت، انطباق سوراخ‌ها مورد کنترل دقیق قرار می‌گیرد. ولی باز هم امکان دارد که حداکثر تا ۱۵ درصد سوراخ‌های یک محل به‌علت عدم دقت‌های ساخت کاملاً منطبق نباشند. در چنین حالتی باید این سوراخ‌ها را با گذراندن یک پیچ امتحانی پیدا کرده، به‌وسیلهٔ برقو زدن آنها را اصلاح نمود. حداکثر قطر برقوی مصرفی۳ میلی‌متر بزرگتر از قطر پیچ می‌باشد و برقوزنی نباید قطر سوراخ را بیش از ۵ میلی‌متر افزایش دهد.

استفاده کردن از برش شعله برای گشاد کردن سوراخ‌ها مجاز نیست.

۱۰ـ۴ـ۴ـ۶ـ۲ بستن و محکم کردن پیچ‌های اصطکاکی

محکم کردن پیچ‌های هر اتصال در دو مرحله انجام می‌گیرد. اول، تعدادی از پیچ‌ها تا حد سفتی کامل محکم می‌شوند، تا اطمینان حاصل شود که سطوح تماس کاملاً به‌هم چسبیده‌اند، سپس تمام پیچ‌ها در سوراخ قرار گرفته کاملاً سفت می‌شوند. در مرحله دوم، با چرخاندن اضافی مهره، پیچ‌ها پیش‌تنیده می‌گردند. در هریک از مراحل محکم کردن پیچ‌ها باید از قسمتی که اتصال صلب‌تر است و صفحات تغییرشکل کمتری می‌دهند شروع به‌بستن پیچ‌ها کرد. در وصله‌ها، قسمت صلب اتصال، وسط ورق اتصال می‌باشند. بعد از محکم کردن پیچ‌های وسط با حفظ تقارن و ترتیب، پیچ‌های کناری تا لبهٔ آزاد ورق اتصال محکم می‌شوند. سپس می‌توان به‌پیچ‌های وسط پرداخت تا اطمینان حاصل شود سفت کردن پیچ‌های کناری، آنها را از حالت کاملاً سفت خارج نکرده است. در تمام مراحل محکم کردن پیچ‌ها باید دقت کرد از چرخیدن پیچ و مهره با هم جلوگیری به‌عمل آید.

سفتی کامل را در پیچ به‌حالتی می‌گویند که کارگر ماهر با آچار معمولی بدون‌آنکه با وزن خود به‌دسته آچار نیرو وارد کند، با به‌کارگیری آخرین توان خود نتواند پیچ را از آن محکمتر نماید. برای پیش‌تنیده کردن چنین پیچی باید مهرهٔ آن را به‌اندازهٔ مقداری که در جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۲ مشخص شده اضافه چرخاند. این چرخش اضافی را می‌توان به‌کمک آچار دسته بلند، یا با آچار معمولی با استفاده از دو کارگر یا به‌وسیلهٔ آچار بادی تأمین نمود.

حصول پیش‌تنیدگی باید توسط آچار مدرج (ترک‌متر) تأیید گردد.

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۲ چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها

طول پیچ (L)	تعداد دور اضافه برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها
$L \leq ۴D$	$\frac{۱}{۳}$ دور
$۴D < L \leq ۸D$	$\frac{۱}{۲}$ دور
$۸D < L \leq ۱۲D$	$\frac{۲}{۳}$ دور

D قطر پیچ می‌باشد.

اگر در چرخاندن پیچ‌ها از آچارهای بادی استفاده شود، باید فشار باد را طوری تنظیم کرد که در یک مرحله، مهره‌ها را بدون چرخیدن پیچ تا مرحلهٔ سفتی کامل برساند و در مرحلهٔ بعد با ازدیاد فشار باد یا با دست به‌روشی که در بالا گفته شد پیچ‌ها را پیش‌تنیده کرد. تنظیم باد کمپرسور متضمن استفاده از آچار مدرج (تورک متر) یا آزمون و خطاهای متوالی می‌باشد و باید در آن دقت کامل به‌عمل آید. باز کردن پیچ‌هایی که به‌حد پیش‌تنیدگی رسیده‌اند و استفادهٔ مجدد از آنها مجاز نمی‌باشد.

در اتصال پیچ پرمقاومت، سطوحی که در تماس با سرپیچ و یا مهرهٔ آن قرار می‌گیرند نباید شیبی بیش از یک بیستم نسبت به‌صفحهٔ عمود بر محور پیچ داشته باشند. در صورت عدم تأمین این شرط باید با استفاده از واشر شیبدار، موازی نبودن سطوح را جبران کرد.

قطعاتی که با پیچ پرمقاومت به‌یکدیگر متصل می‌شوند، باید کاملاً به‌هم جفت شده باشند و نباید ورق پرکننده یا هر نوع مصالح تغییرشکل‌پذیر دیگری بین آنها گذارده شود، لیکن استفاده از ورق‌های پرکننده با مقاومت نظیر قطعات اتصال و ضخامت یکنواخت مجاز است.

هنگامی که قطعات نصب می‌شوند، باید کلیه سطوح اتصال (شامل سطوح مجاور کله‌پیچ‌ها و مهره‌ها) از قسمت‌های پوسته‌شده و دیگر مواد زاید عاری باشد، مخصوصاً سطوح تماس اتصالات اصطکاکی باید کاملاً تمیز باشد و اثری از پوستهٔ زنگ، رنگ، لاک، انواع روغن و مصالح دیگر در آنها وجود نداشته باشد.

پیچ‌های پرمقاومت را باید مطابق با مشخصات مندرج در استاندارد مربوط مورد استفاده قرار داد.

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۳ مشخصات مکانیکی پرچ‌ها و پیچ‌ها

تنش نهایی $F_u(kg/cm^2)$	تنش تسلیم $F_y(kg/cm^2)$	نام تجاری پیچ یا پرچ		توضیح
		ASTM	DIN	
۳۳۰۰	۲۰۵۰		UST ۳۶	پرچ
۳۷۰۰	۲۲۵۰		UST ۳۸	
	۱۹۰۰	Gr۱ و A۵۰۲		
	۲۶۰۰	Gr۲ و A۵۰۲		
۴۰۰۰	۲۴۰۰		۴/۶	پیچ معمولی
۵۰۰۰	۳۰۰۰		۵/۶	
۴۲۰۰		A ۳۰۷		
۸۰۰۰	۶۴۰۰*		۸/۸	پیچ پرمقاومت
۱۰۰۰۰	۹۰۰۰*		۱۰/۹	
۸۲۵۰ (d ≤ ۲۵mm)	۵۹۰۰ـ۶۴۰۰*	A ۳۲۵		
۷۲۵۰ (d ≤ ۲۵mm)	۵۱۰۰ـ۵۶۰۰*			
۱۰۰۰۰	۸۲۵۰ـ۹۰۰۰*	A ۴۹۰		

* نظیر کرنش ۰/۵ درصد

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۴ نیروی پیش‌تنیدگی و لنگر پیچشی پیش‌تنیدگی متناظر برای پیچ‌های ۱۰/۹

پیچ	نیروی پیش‌تنیدگی kN	لنگر پیچشی لازم	
		گریسکاری با MOS_2 kN.m	روغن‌کاری‌شده kN.m
M ۱۲	۶۰	۰/۱	۰/۲۱
M ۱۶	۱۱۰	۰/۲۵	۰/۳۵
M ۲۰	۱۷۰	۰/۴۵	۰/۶
M ۲۲	۲۱۰	۰/۶۵	۰/۹
M ۲۴	۲۵۰	۰/۸	۱/۱
M ۲۷	۳۱۵	۱/۲۵	۱/۶۵
M ۳۰	۳۹۰	۱/۶۵	۲/۲
M ۳۶	۵۶۰	۲/۸	۳/۸

* برای ردهٔ ۸/۸ می‌توان از تناسب استفاده کرد.

۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۳ ـ ۶ محدودیت‌ها

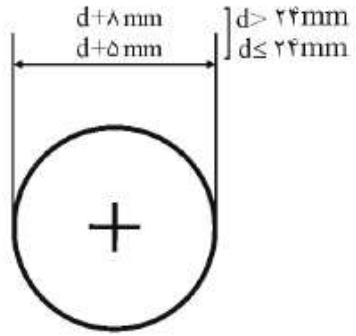
۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۳ ـ ۶ ـ الف) اندازه‌ها و سوراخ‌ها

۱. اندازه حداکثر سوراخ پیچ‌ها مطابق جدول (۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۸) و یا شکل ۱۰ـ۲ـ۱۰ـ۱۰ می‌باشد.
۲. سوراخ‌های بزرگ‌شده فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز می‌باشند.
۳. سوراخ‌های لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند و در اتصالات اتکایی، امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.
۴. در اتصالات اتکایی، سوراخ‌های لوبیایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو مجاز هستند و در اتصالات اصطکاکی فقط می‌توانند در یکی از ورق‌های اتصال و در هر امتداد اختیاری وجود داشته باشند.
۵. قطر سوراخ برای پرچ‌کاری به‌اندازهٔ ۲ میلی‌متر بزرگتر از قطر اسمی پرچ تعبیه می‌شود.
۶. در ورق کف ستون‌ها، ضمن رعایت رواداری‌های مبحث یازدهم، حداکثر قطر سوراخ مساوی ۶ +d میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

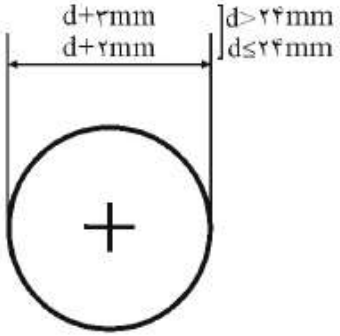
جدول ۱۰ـ۲ـ۱۰ـ۸ ابعاد اسمی سوراخ پیچ برحسب میلی‌متر

قطر پیچ (mm)	ابعاد حداکثر سوراخ (mm)			
	استاندارد (قطر)	بزرگ‌شده (قطر)	لوبیایی کوتاه (طول×عرض)	لوبیایی بلند (طول×عرض)
$d \leq ۲۴mm$	$d+۲$	$d+۵$	$(d+۲)\times(d+۷)$	$(d+۲)\times(۲/۵d)$
$d > ۲۴mm$	$d+۳$	$d+۸$	$(d+۳)\times(d+۱۰)$	$(d+۳)\times(۲/۵d)$

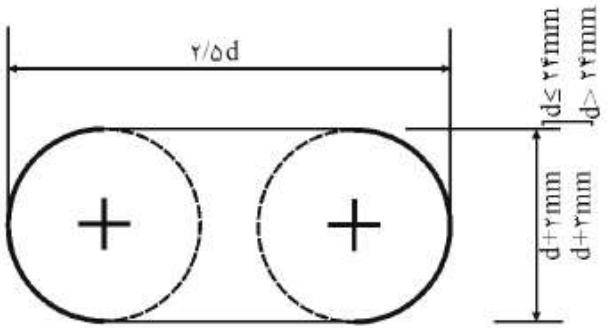
محدودیت در اندازه سوراخ ها و پیچ ها



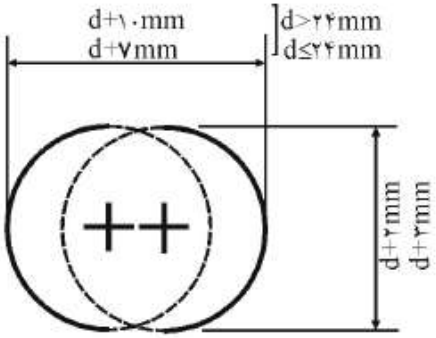
سوراخ بزرگ شده (فقط اتصالات اصطکاکی)



سوراخ استاندارد (اتصالات اتکایی و اصطکاکی)



لوبیایی بلند
(اتکایی و اصطکاکی عمود بر مسیر نیرو و اصطکاکی
فقط در یکی از ورق ها در امتداد اختیاری)



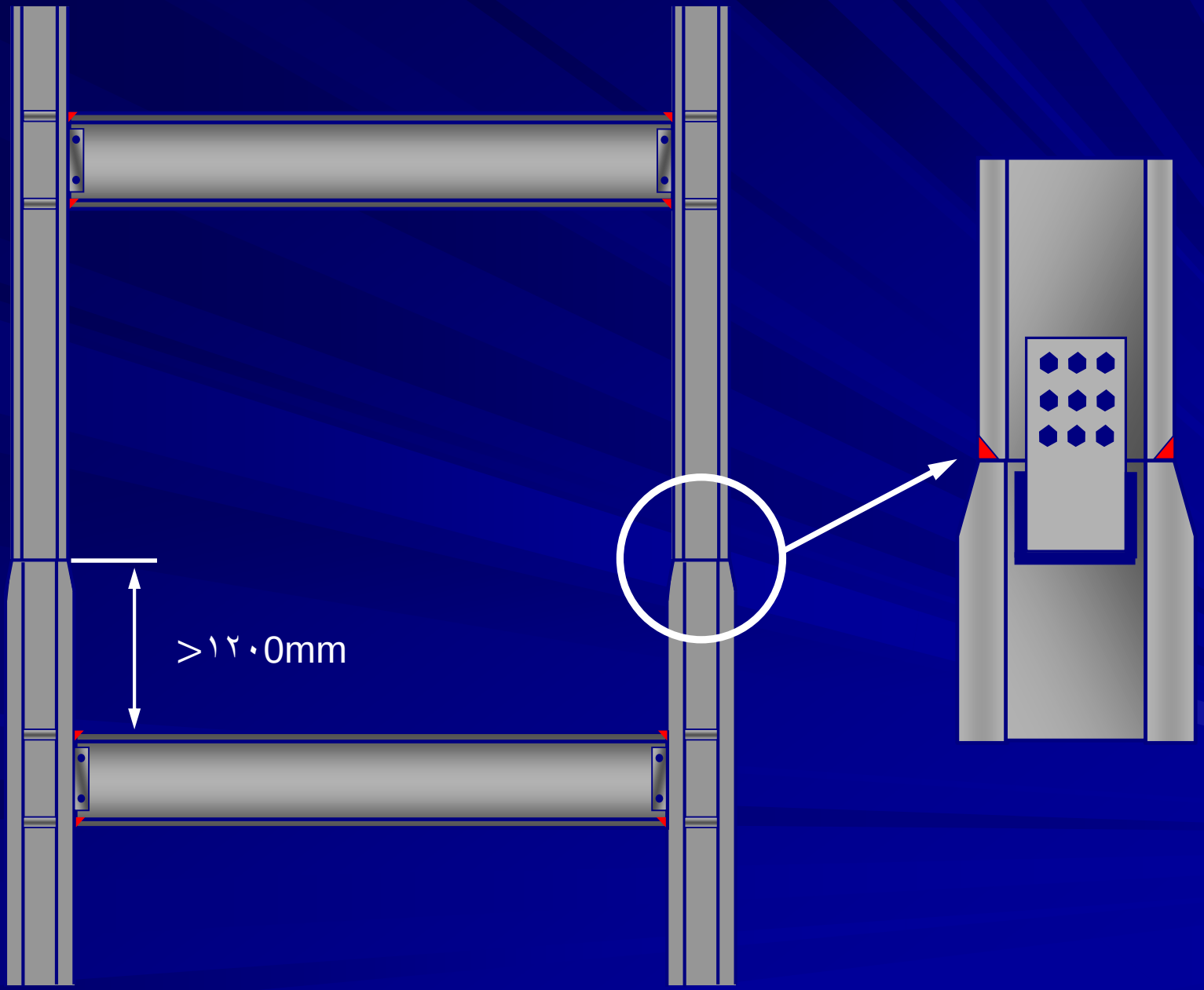
لوبیایی کوتاه
(اتکایی عمود بر مسیر نیرو.
اصطکاکی در تمام حالات)

محدودیت در اندازه سوراخ ها و پیچ ها

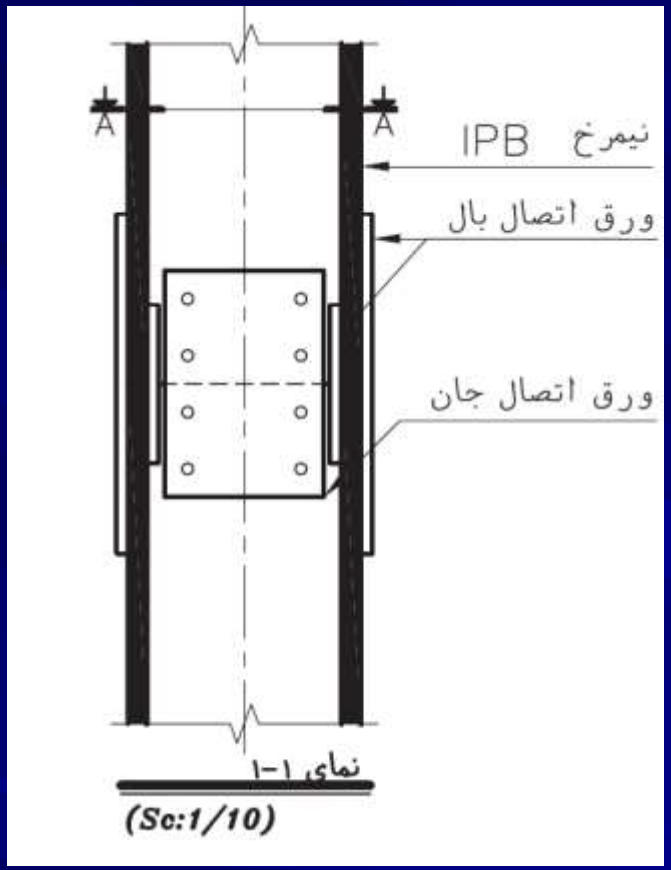
سوراخ بزرگ‌شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)		
	عمود بر امتداد لبه		موازی با لبه
	لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند	
۳ mm	۵ mm	۰/۷۵d	۰

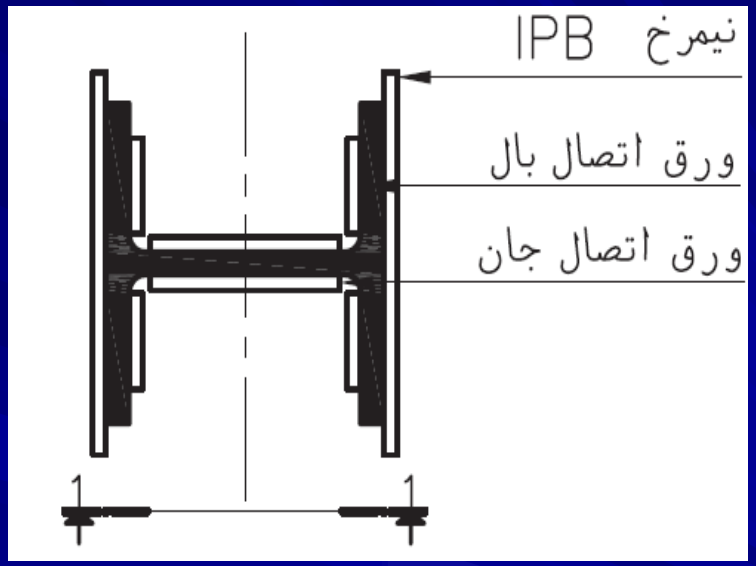
اجرای ستون ها

طویل کردن ستونها



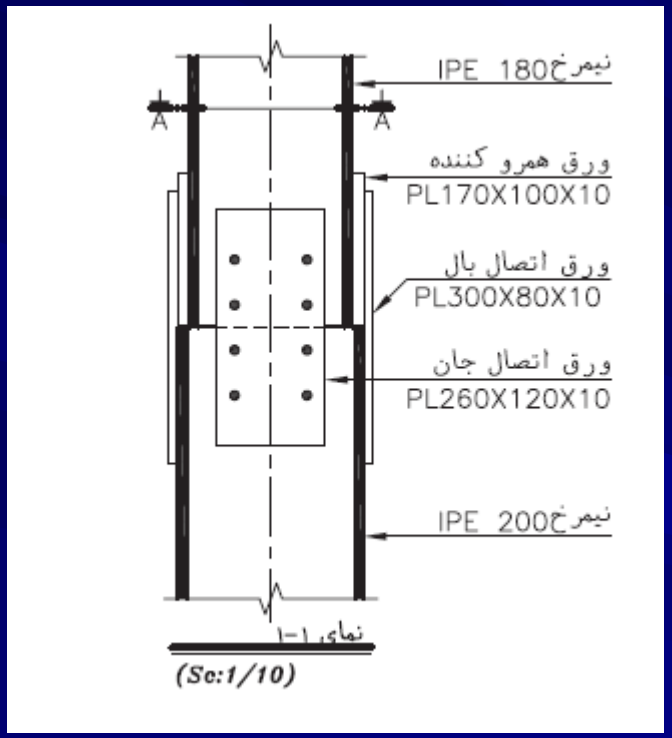
اجرای وصله ستون با پروفیل های یکسان

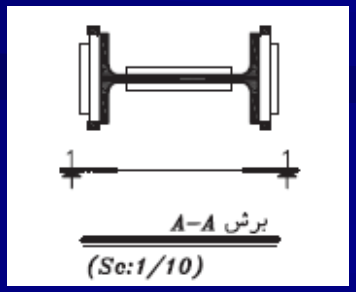




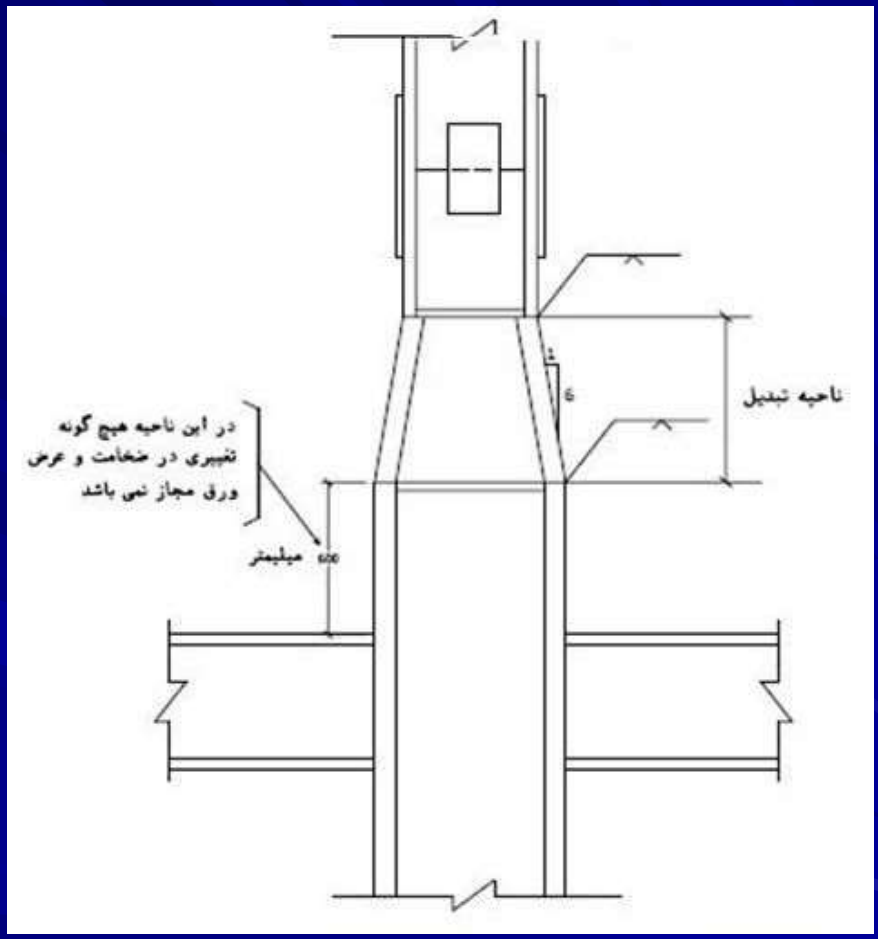
اتصال ستون های بادو پروفیل متفاوت

ابتدا روی بال های ستون با پروفیل کوچک تر را با صفحات هم سو کننده می پوشانند تا ارتفاع مقطع دو ستون برابر شود



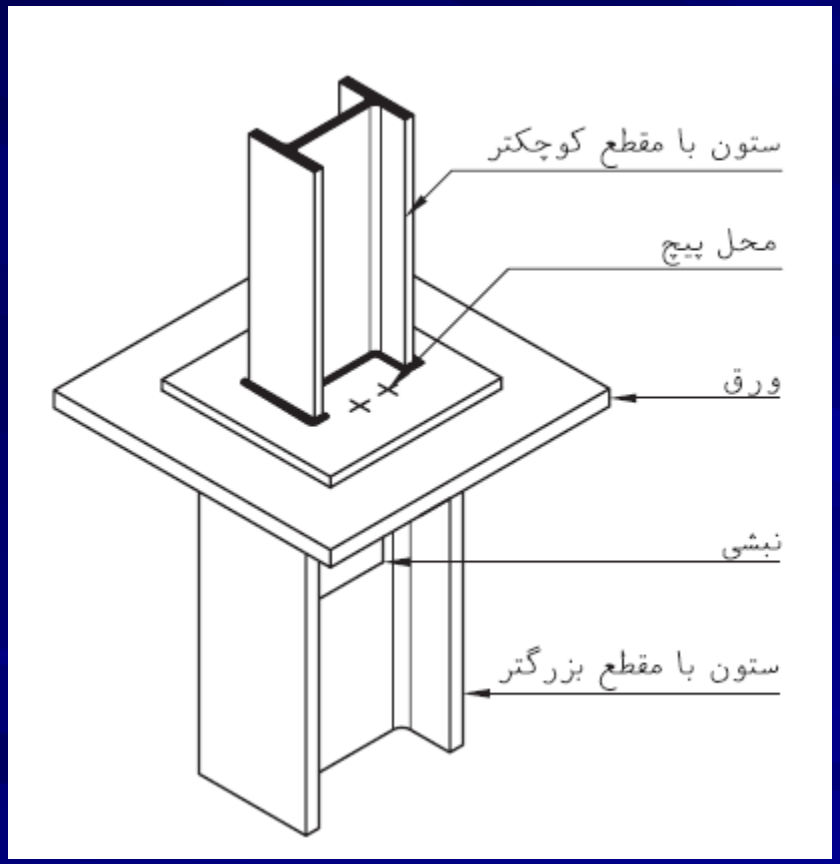


دروصله ستون باابعاد مقطع متفاوت،بجای استفاده از ورق های پرکننده توصیه میشودابعاد بامقطع بزرگتر باشیب حداکثر ۱:۶ به مقطع کوچکترتبدیل شود سپس اتصال برقرارگردد



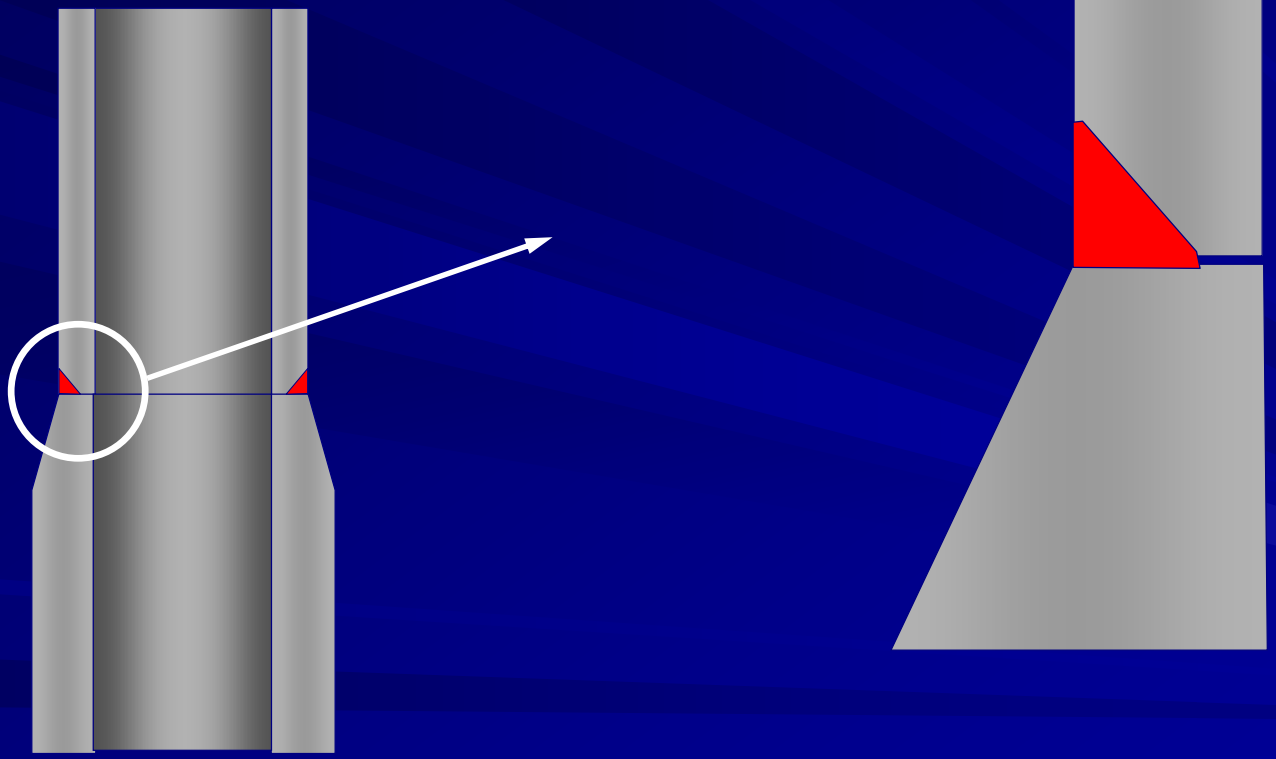
UT-OK
GSA
5/24
CTE

اتصال ستون های غیر همنمره بااستفاده از بیس پلیت



اگر ابعاد مقطع دو نیمرخ که به یکدیگر متصل می شوند ، تفاوت زیاد داشته باشند ، به طوری که قسمت بزرگی از سطح آن دو در تماس با یکدیگر قرار نگیرد ، در این صورت باید یك صفحه تقسیم فشار افقی بین دو نیمرخ به کار برد . این صفحه معمولا باید ضخیم انتخاب شود تا بتواند بدون تغییر شکل زیاد ، عمل تقسیم فشار را انجام دهد. کلیه ابعاد و ضخامت صفحه و مقدار جوش لازم را باید طبق محاسبه و بر اساس نقشه های اجرایی انجام داد.

اجرای وصله ستون ها



ورق ای پرکننده (لقمه ها)

- دراتصالات جوشی ، ورق پرکننده ای که ضخامت آن ۶ میلیمتروبیشترباشدباید از لبه ورق وصله به اندازه کافی ادامه یابدو به قطعه ای که روی آن قرار میگییرد،جوش شود.

- ورق پرکننده که ضخامت آن کمتراز۶ میلیمترباشد، باید لبه هایش همبادورق وصله تمام شود و اندازه **جوش** باید به اندازه ای باشد که ضخامت ورق پرکننده رادربرگیرد .

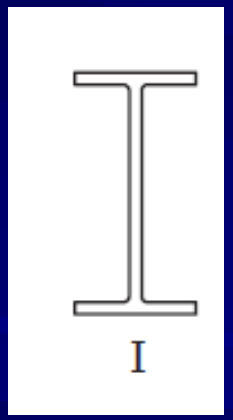
- هنگامیکه از پیچ وپرچ برای اتصال ورق های وصله و پرکننده استفاده میشودوپیچ وپرچ ازمیان ورق پرکننده ای با ضخامت بیش از ۶ میلیمتر میگذرد، ورق پرکننده باید از اطراف ورق اتصال ادامه یافته و توسط وسایل اتصال کافی نگهداری شود.درمورد ورق های از ۶ تا ۲۰میلیمتر ، درصورتی که ضریب کاهش[1-0.016(t-6)] به تنش برشی پیچ اعمال گردد ، نیازی به ادامه یافتن ورق پرکننده به اطراف نخواهد بود .

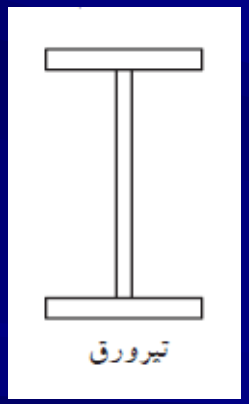
اجرای تیرهای فلزی

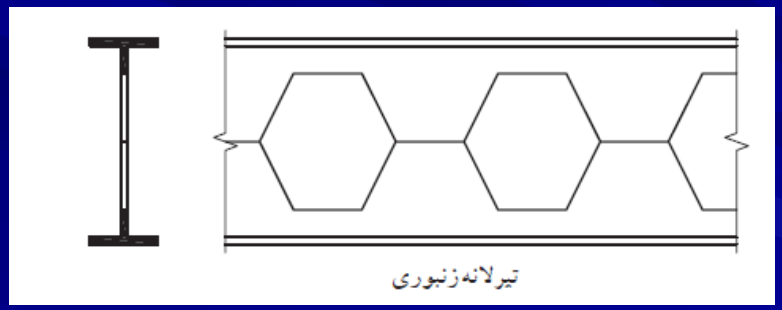
انواع تیرها

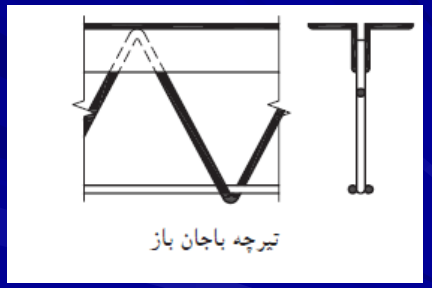
- شاه تیرها
- تیرهای پیرامونی
- تیرچه

نیمرخ های مناسب جهت تیر

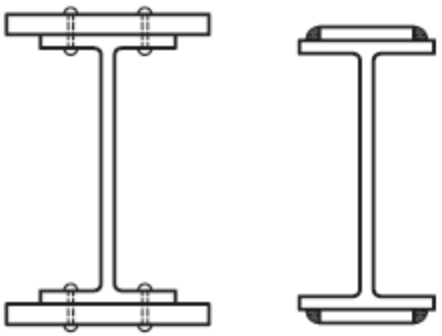




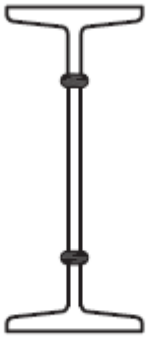




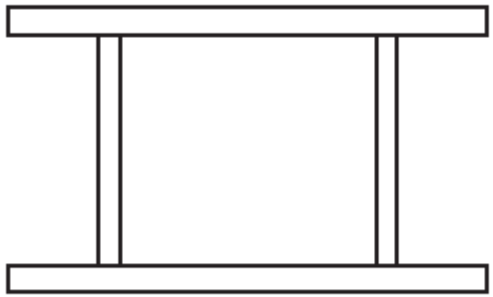
نیمرخ های تقویت شده برای تیرها



نیم‌رخ‌های تقویت شده



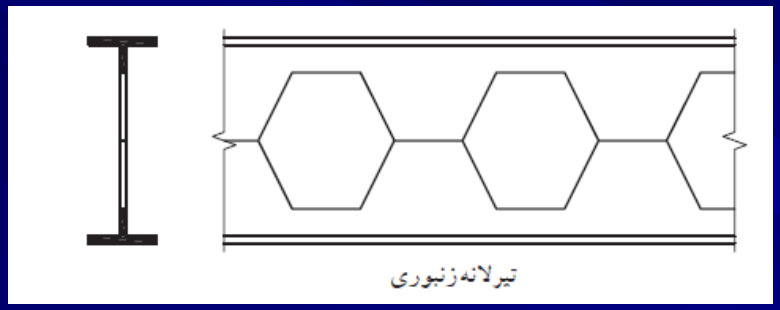
نیم‌رخ تقویت شده با ورق جان



تیر جعبه‌ای

تیرهای لانه زنبوری

این تیر ها در مقابل برش ضعیف هستند و در محل اعمال بار های متمرکز مثل دو انتهای تیر بایستی جان را با ورق تقویتی پر نمود.

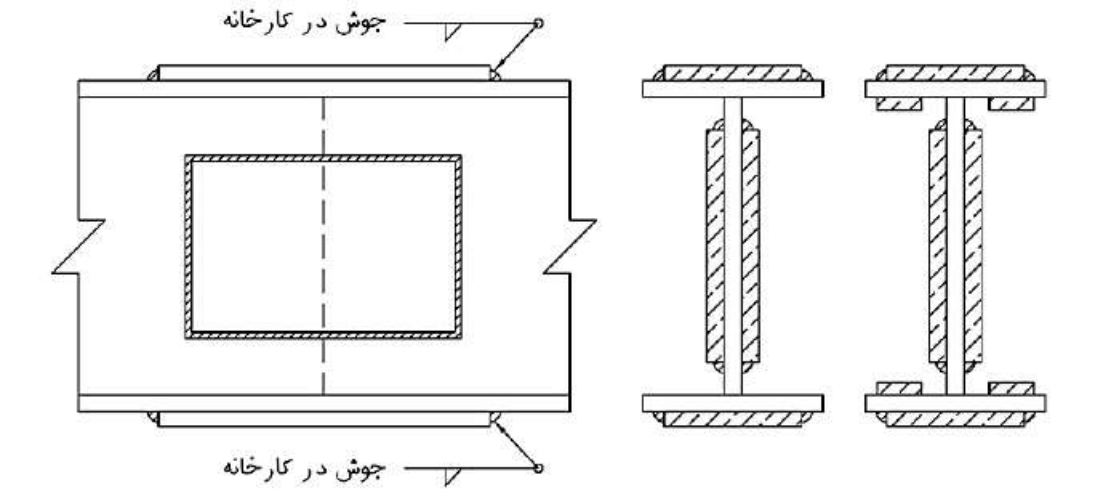


جزئیات اجرایی وصله تیرها

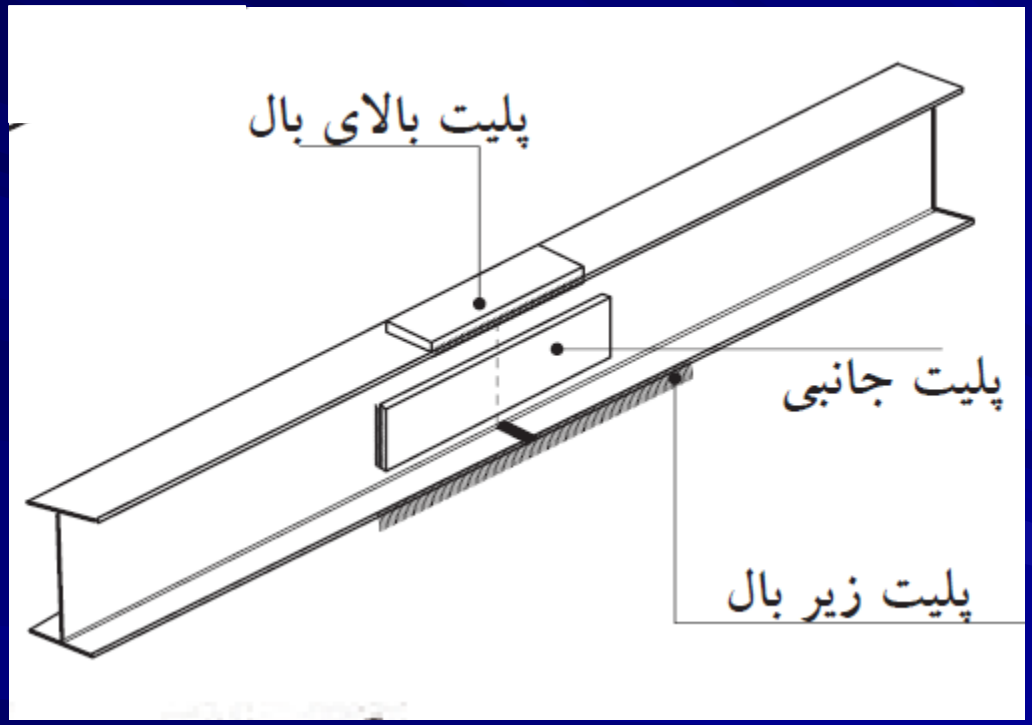
ابتدا در محل مناسب، دو تیرآهن (پروفیل) در امتداد یکدیگر به صورت ریسمانی قرار گرفته و برای جوشکاری کامل بین دو تیرآهن، در هر یک از پروفیل ها درز یا پاسخ مناسب ایجاد می شود؛ سپس جوشکاری با نفوذ لازم انجام می شود و پس از آن سطح جوش سنگ زنی شده و بلافاصله با ورق درز پوشانده شده و اطراف آن جوش دور تا دور داده می شود. اندازه وصله اتصال و طول جوش مورد نیاز باید محاسبه شود.
بهترین محل ورق برای وصله کردن، ناحیه نقطه عطف لنگر خمشی و تنش برشی است (که مقادیر این نیروها کمینه می باشد) و باید از اتصال ورق در ناحیه برش (نزدیک تکیه گاه) و لنگر حداکثر (وسط دهانه) پرهیز کرد. باید علاوه بر جان تیرآهن (پروفیل) بال ها را به نحو مطلوب با ورق اتصال جوشکاری کرد. چنانچه ورق تقویتی از بال تیر عریض تر باشد، جوش اتصال به بال باید در انتها قطع شده و به صورت قلاب در نیاید.

روش های اجرای وصله تیرها
- چهار ورقی
- سه ورقی
- روش مستقیم

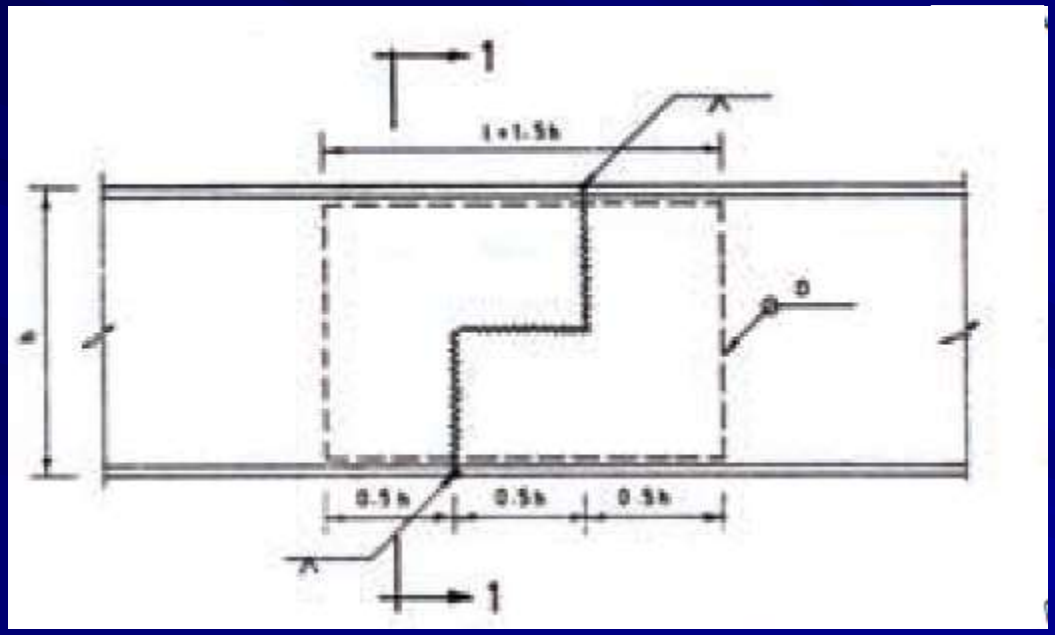
چهار ورقی

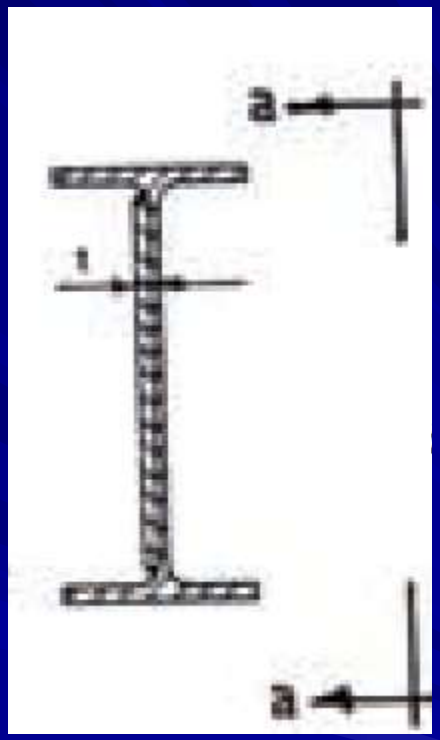


سه ورقی

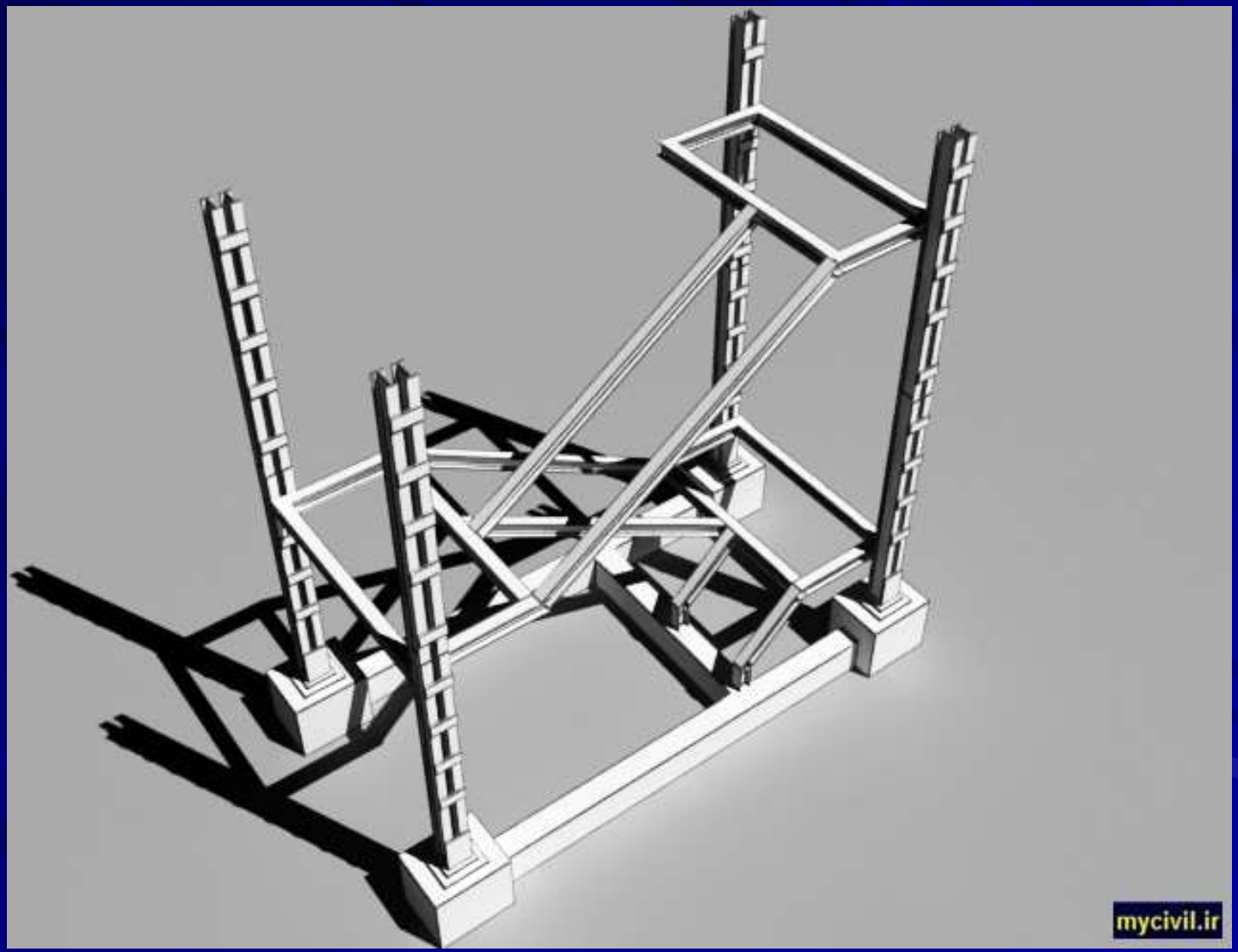


روش مستقیم

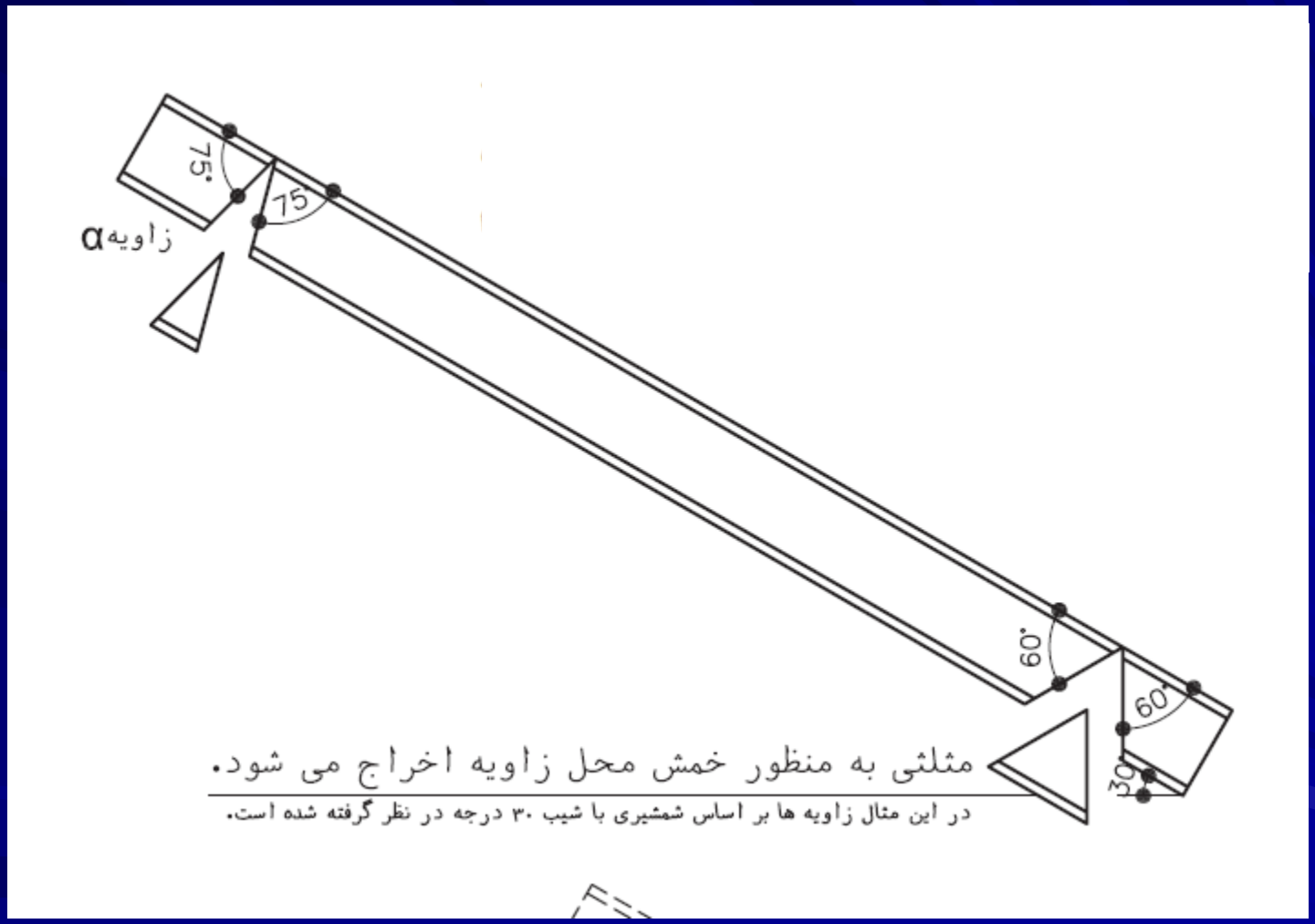


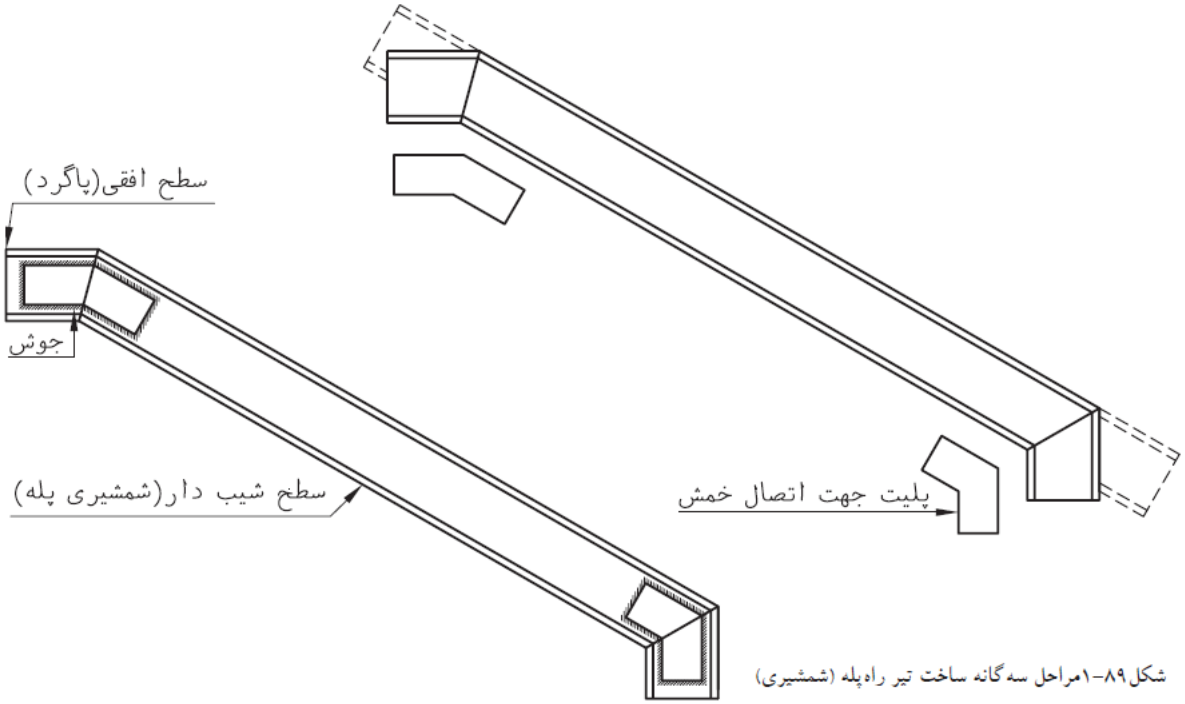


اجرای پله فلزی



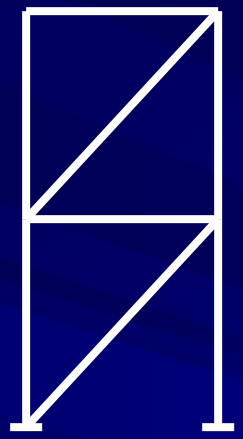
تیر پله


75°
75
زاویه α
60°
60°
30°
مثلثی به منظور خمش محل زاویه اخراج می شود.
در این مثال زاویه ها بر اساس شمشیری با شیب ۳۰ درجه در نظر گرفته شده است.

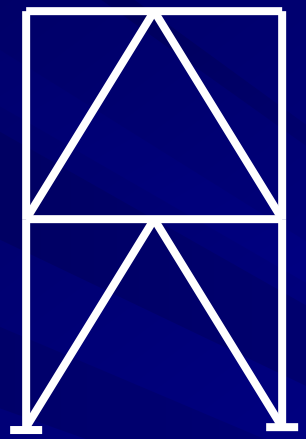


شکل۸۹-۱مراحل سه‌گانه ساخت تیر راه‌پله (شمشیری)

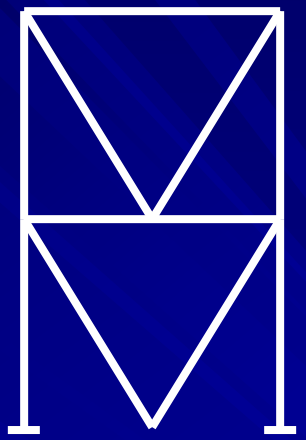
انواع بادبندهای CBF



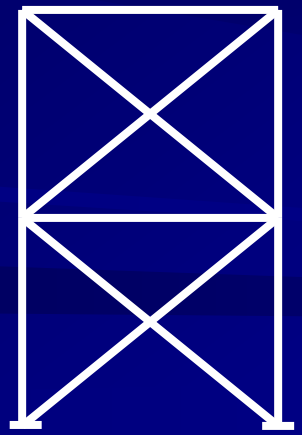
Single Diagonal



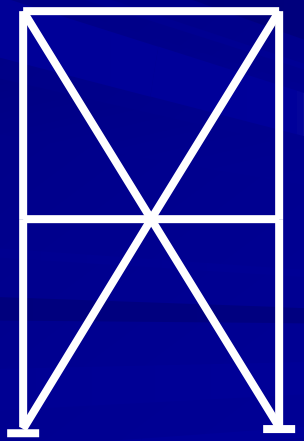
Inverted V- Bracing



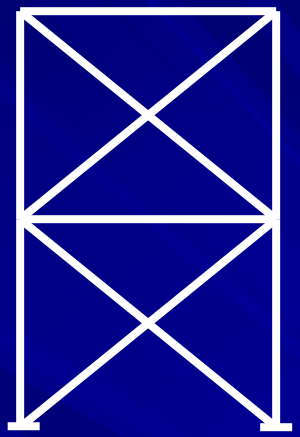
V- Bracing



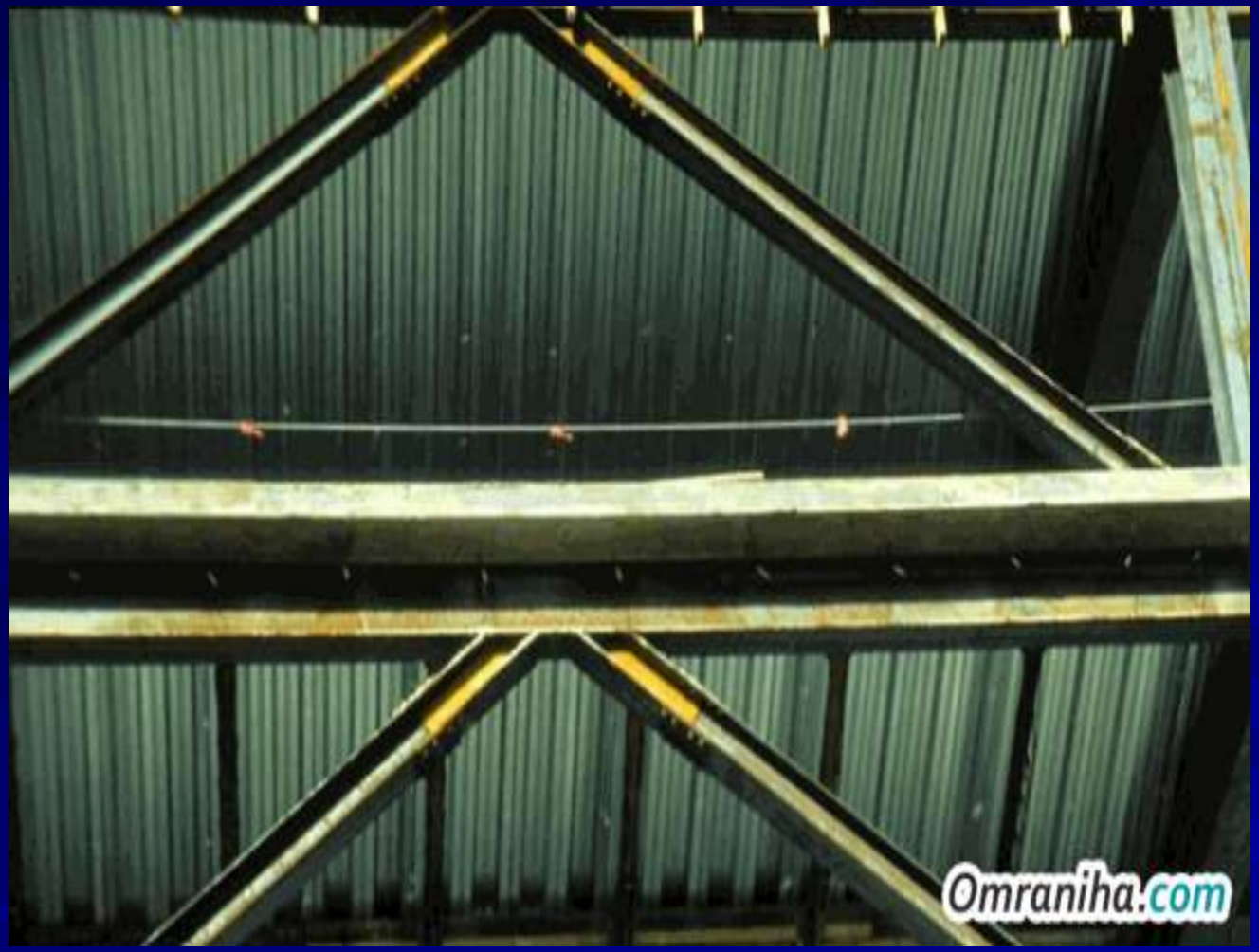
X- Bracing

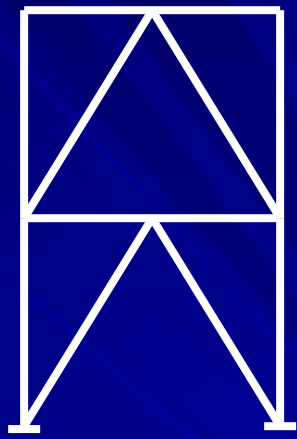


Two Story X- Bracing



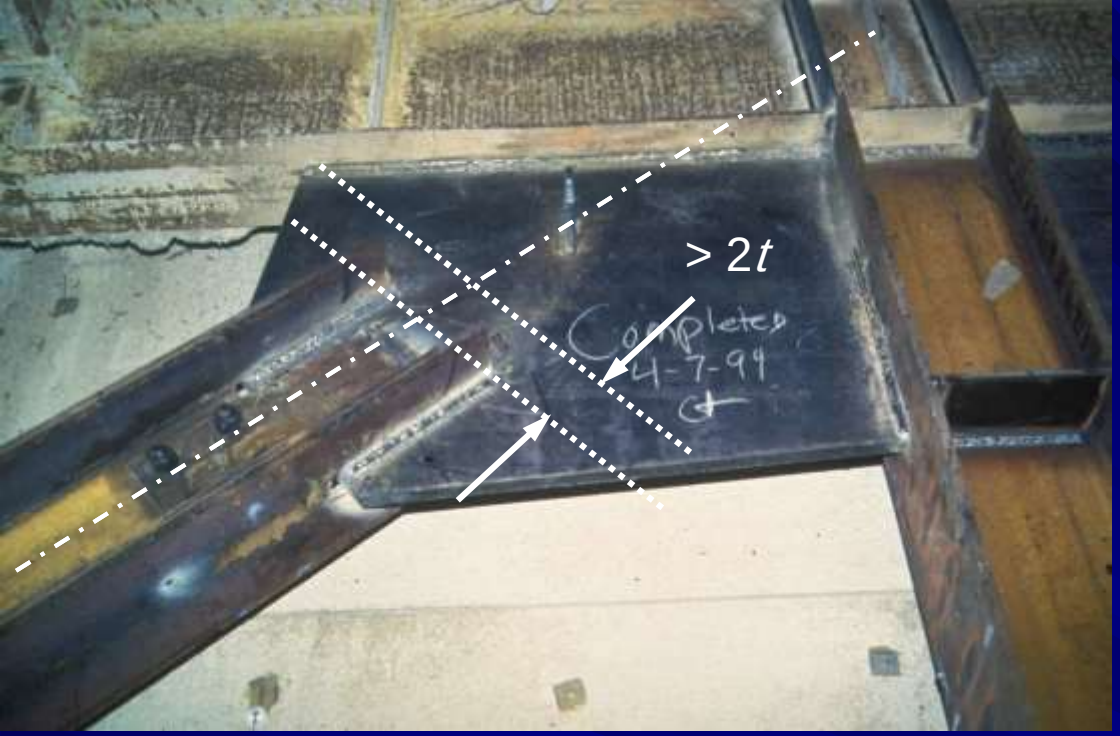
X- Bracing

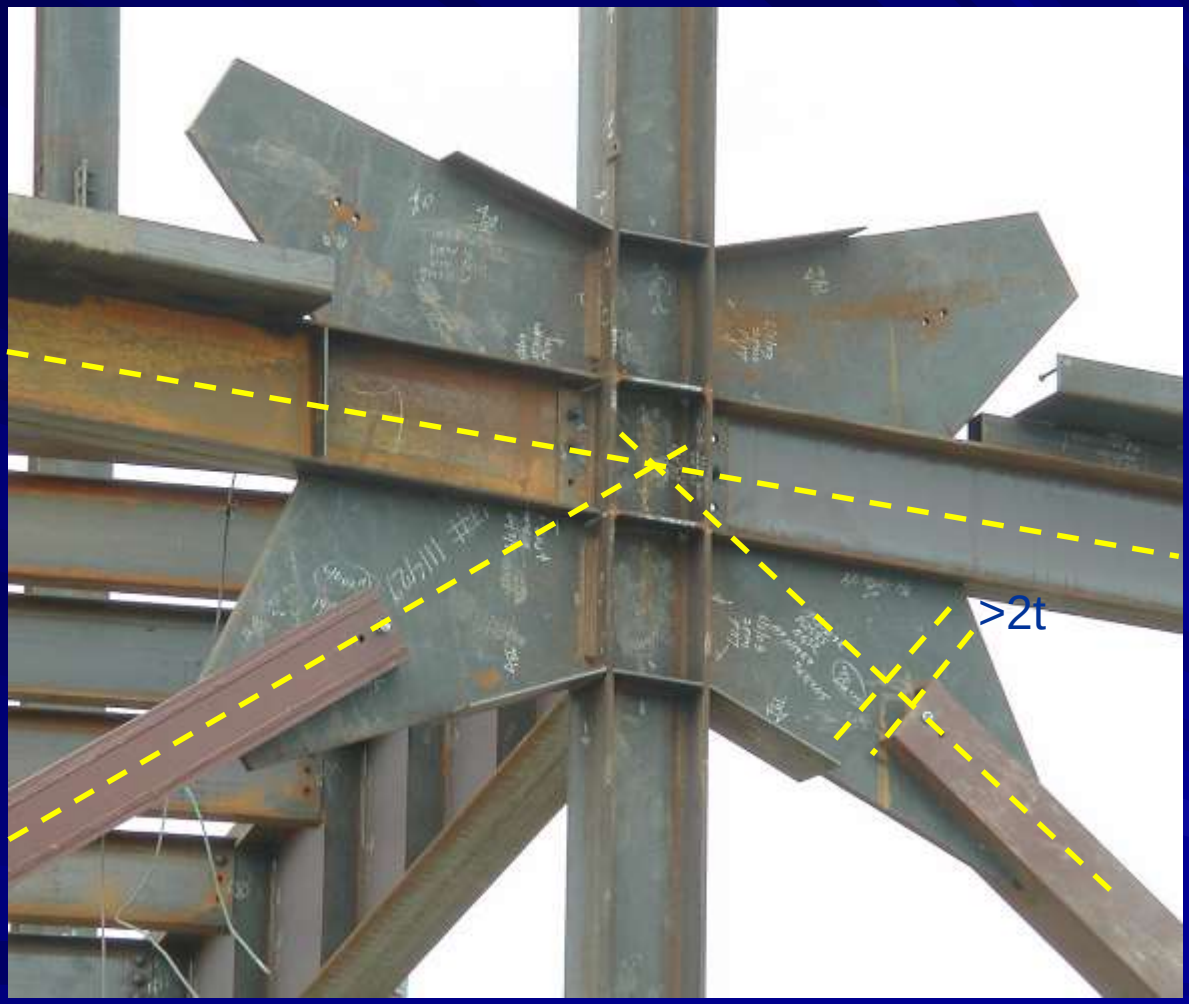




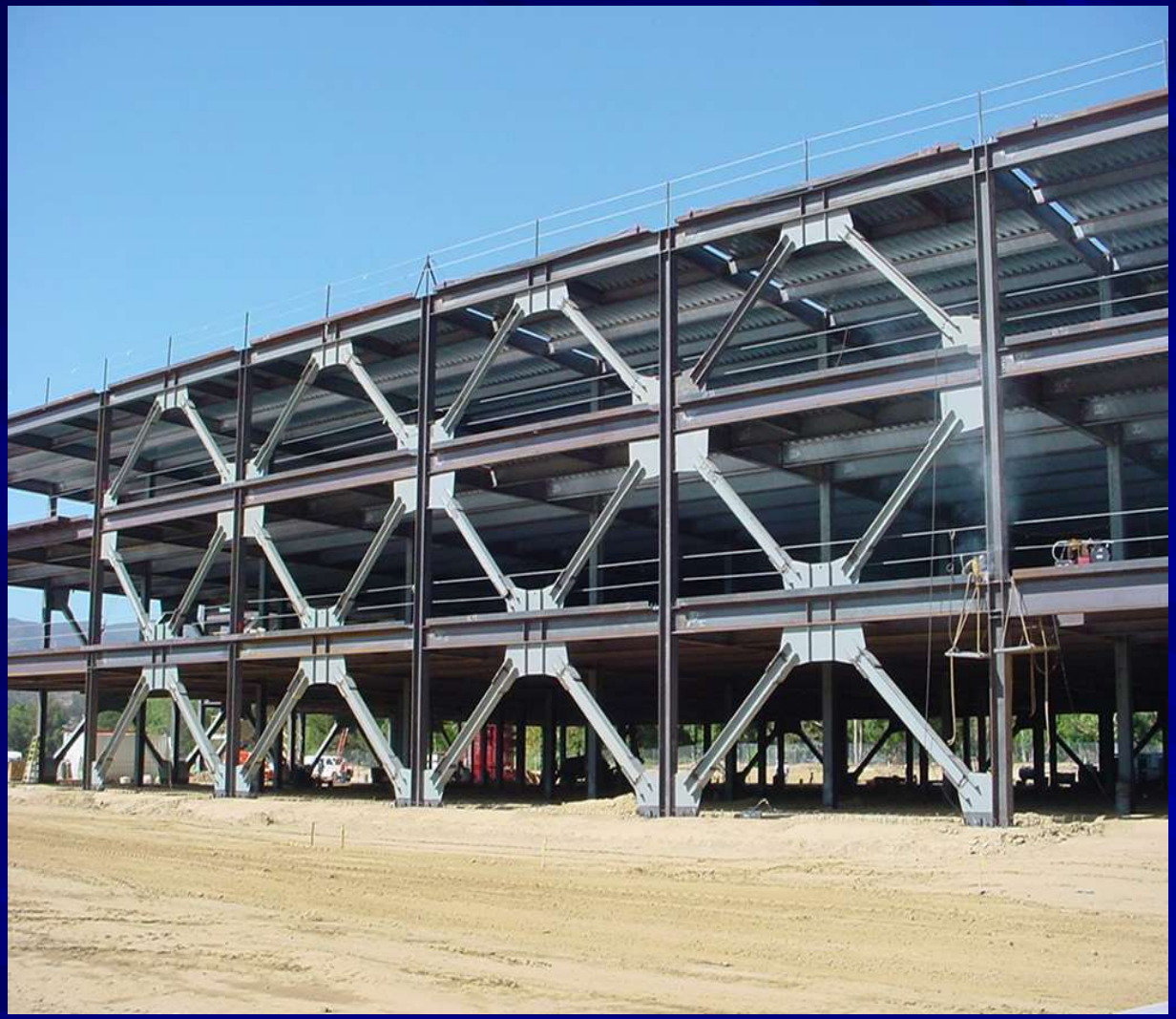
Inverted V- Bracing

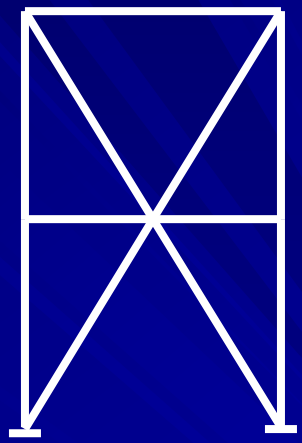
اتصال بادبند به ستون




>2t

اتصل بادبندها





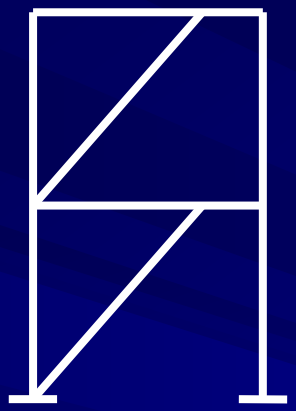
Two Story X- Bracing

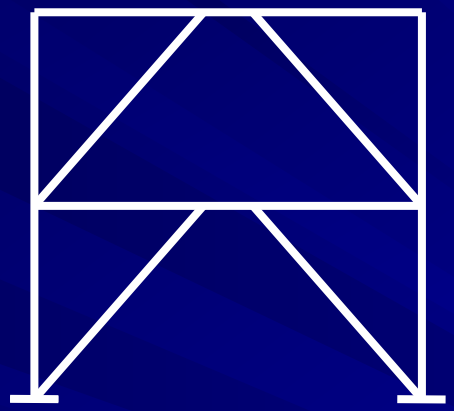
بادبندهای واگرا

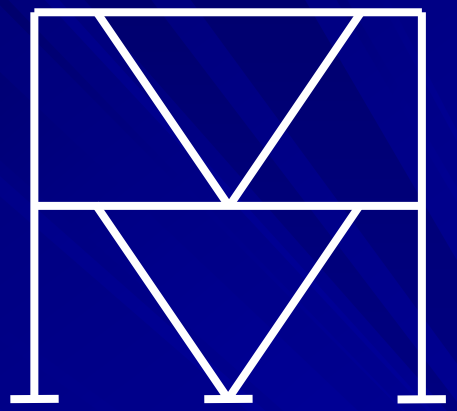
در سیستم مهاربندی واگرا (ذوزنقه) علاوه بر توجه کافی به مشخصات لازم برای اعضای مهاربند بایستی به محل اتصال این اعضا به تیر و مقاومت خود تیر دقت نمود. اغلب دیده می شود که برای تامین بازشو بزرگتر زاویه مهاربند ها با افق زیاد شده و نه تنها از راندمان سیستم مقاوم جانبی در تحمل بارهای جانبی می کاهد بلکه نیروی برشی بزرگتری را به تیر پیوند تحمیل می نماید درضمن بدین ترتیب تیر پیوند به صورت خمشی عمل خواهد نمود.در صورتیکه بهتر است تحت نیروی برشی به محدوده تغییر شکل های غیر ارتجاعی وارد شده و انر ژی زلزله را مستهلك می نماید.

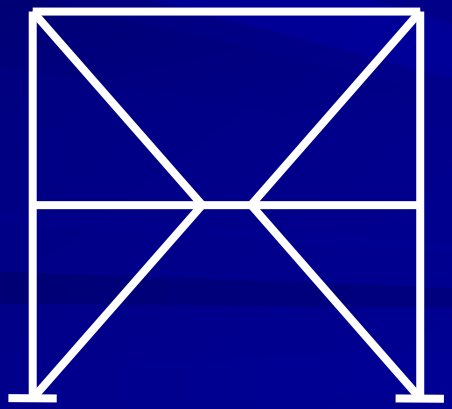
متاسفانه در خیلی از ساختمان های فولادی در حال اجرا با سیستم مهاربندی واگرا از یك تیر لانه زنبوری بعنوان تیر پیوند استفاده می گردد.که به هیچ وجه جوابگوی ضوابط طراحی در خصوص جاری شدن برش جان تیر پیوند نمی باشد

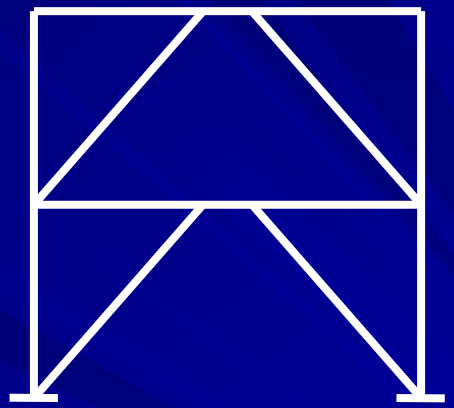
انواع بادبندهای EBF





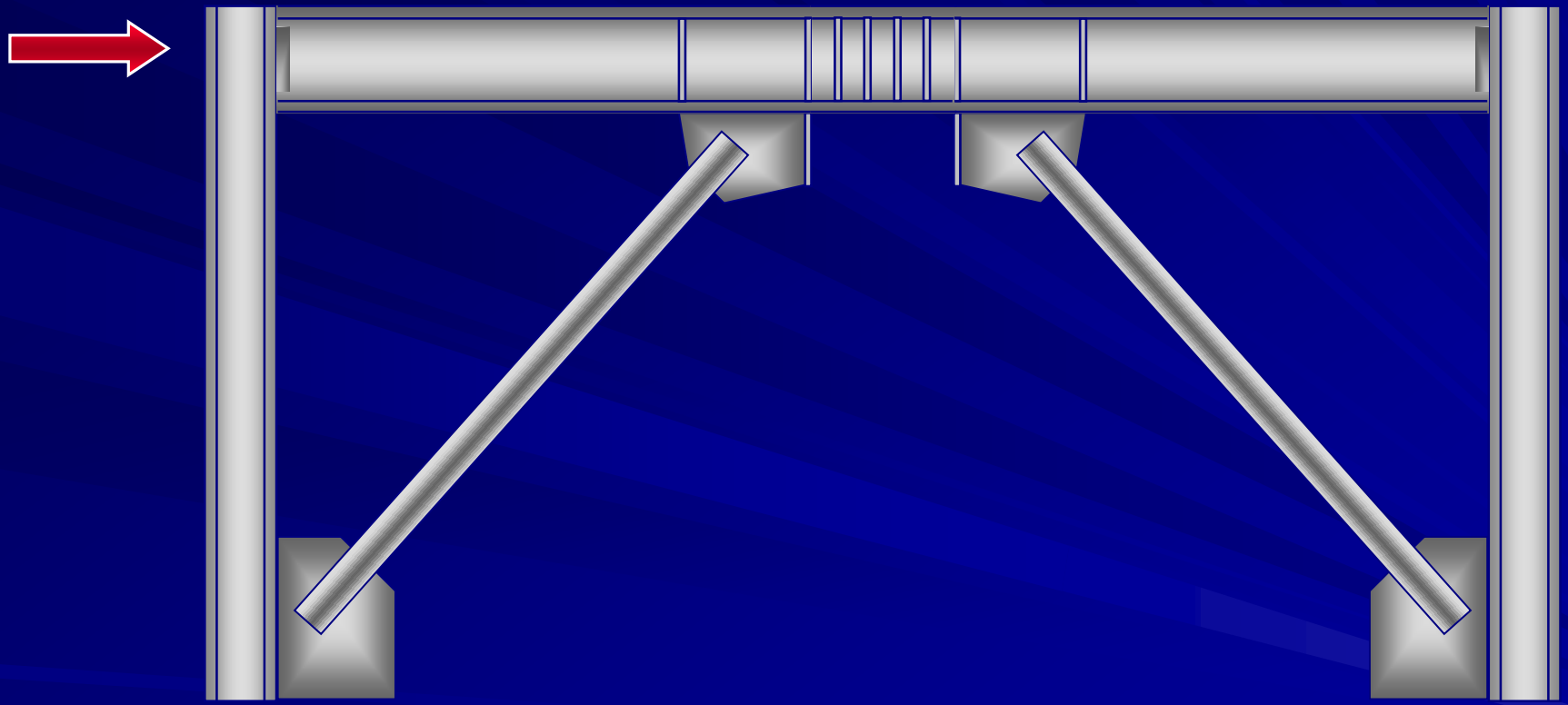


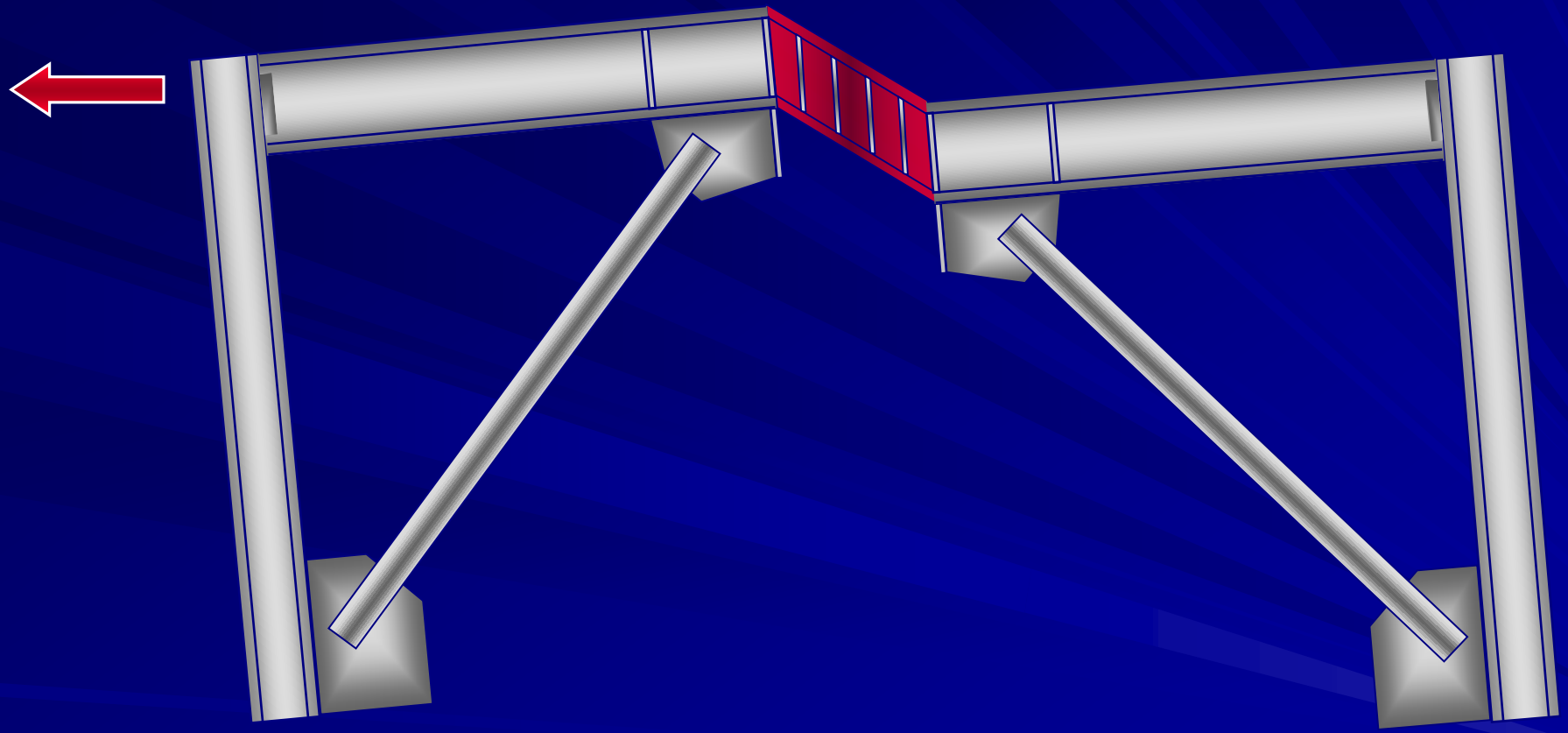


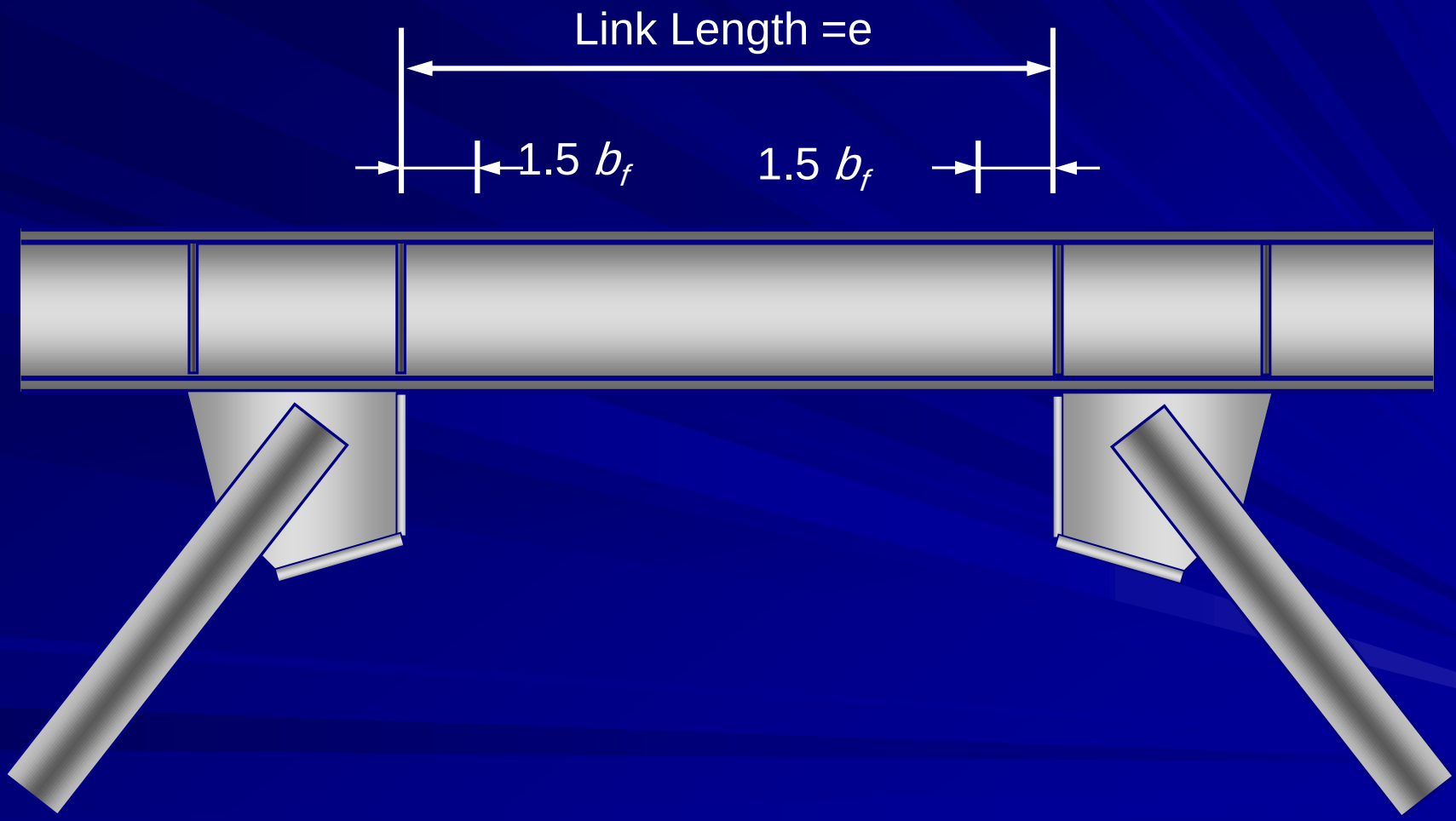


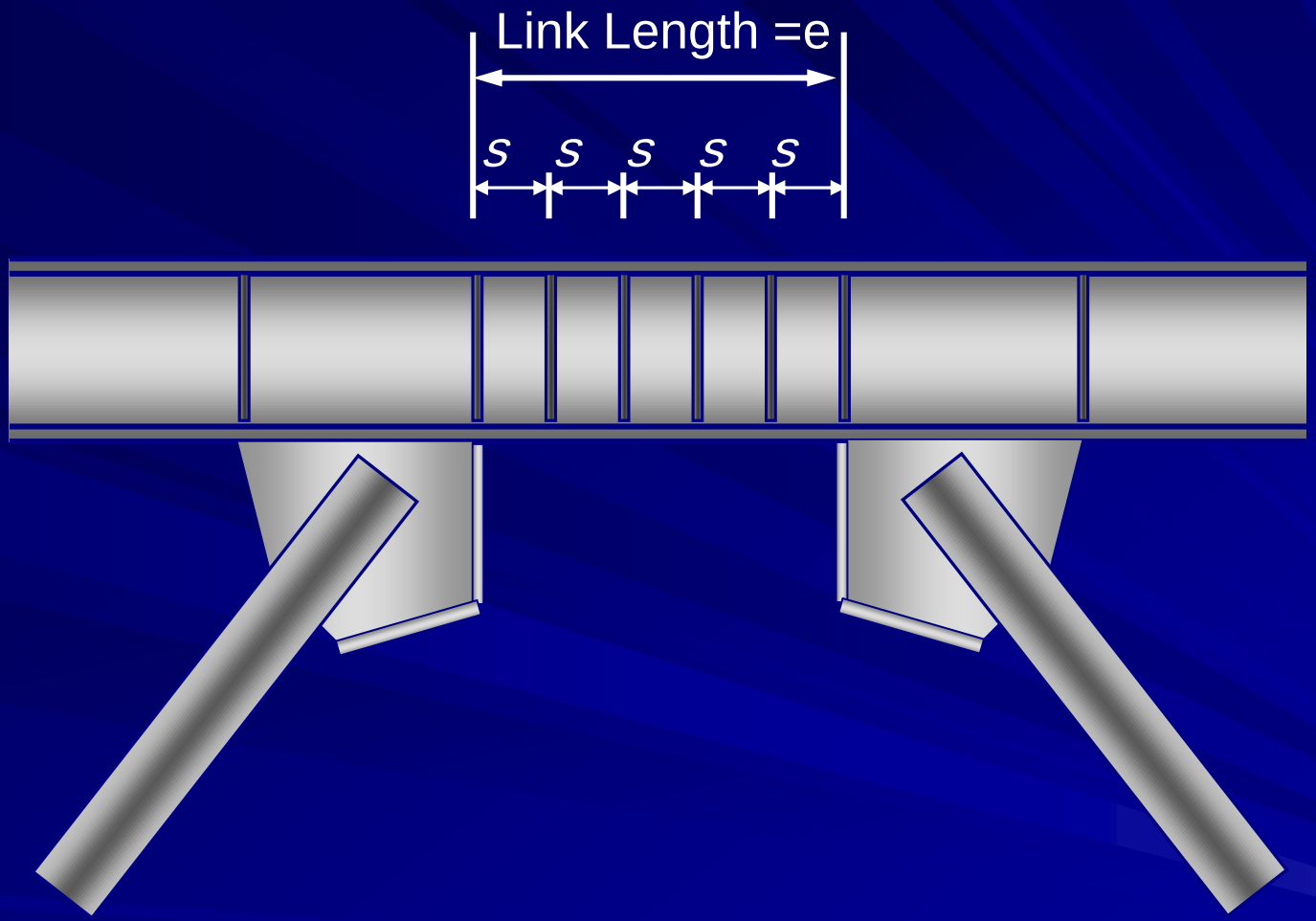
C
BB
BB

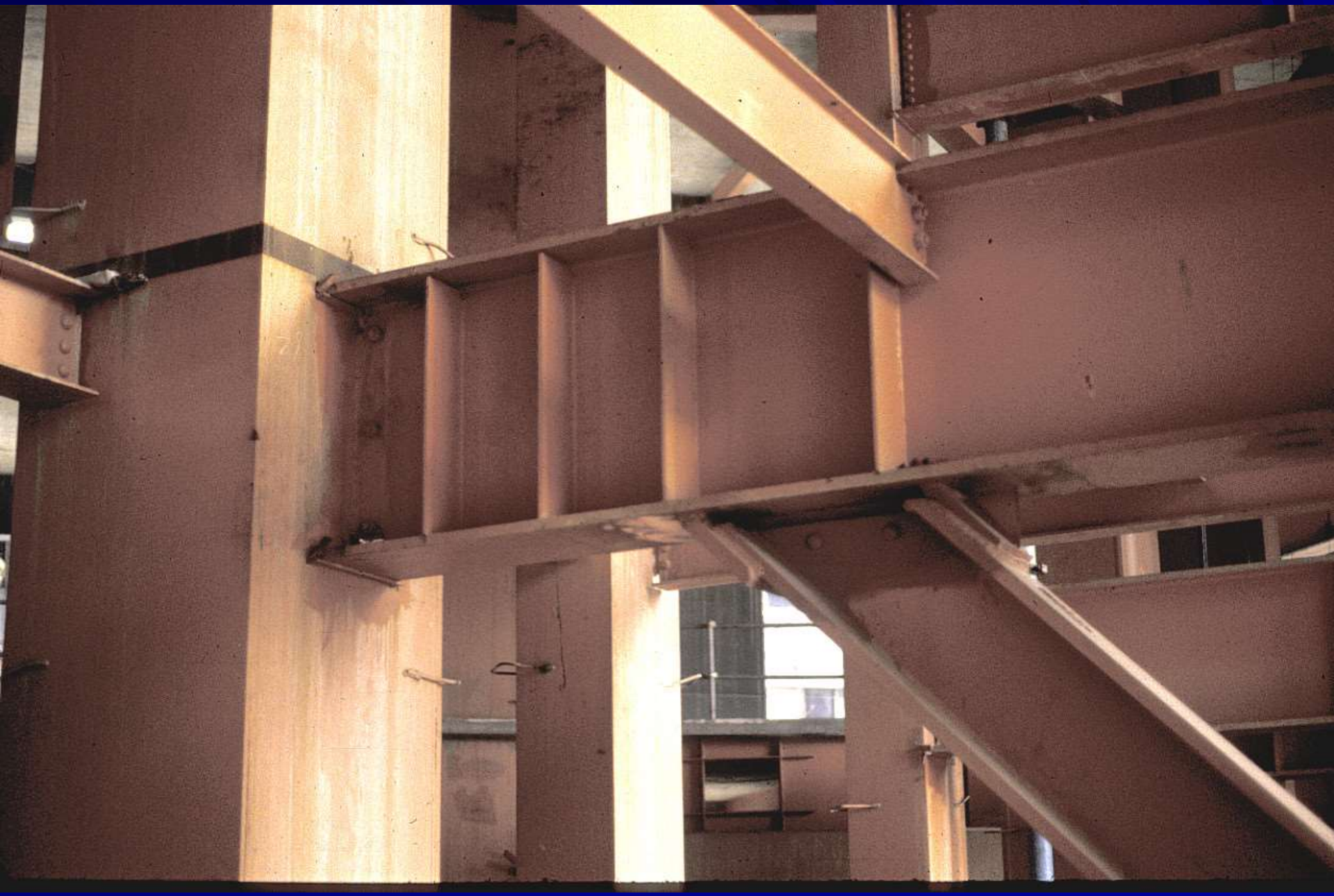
عملکرد تیرپیوند

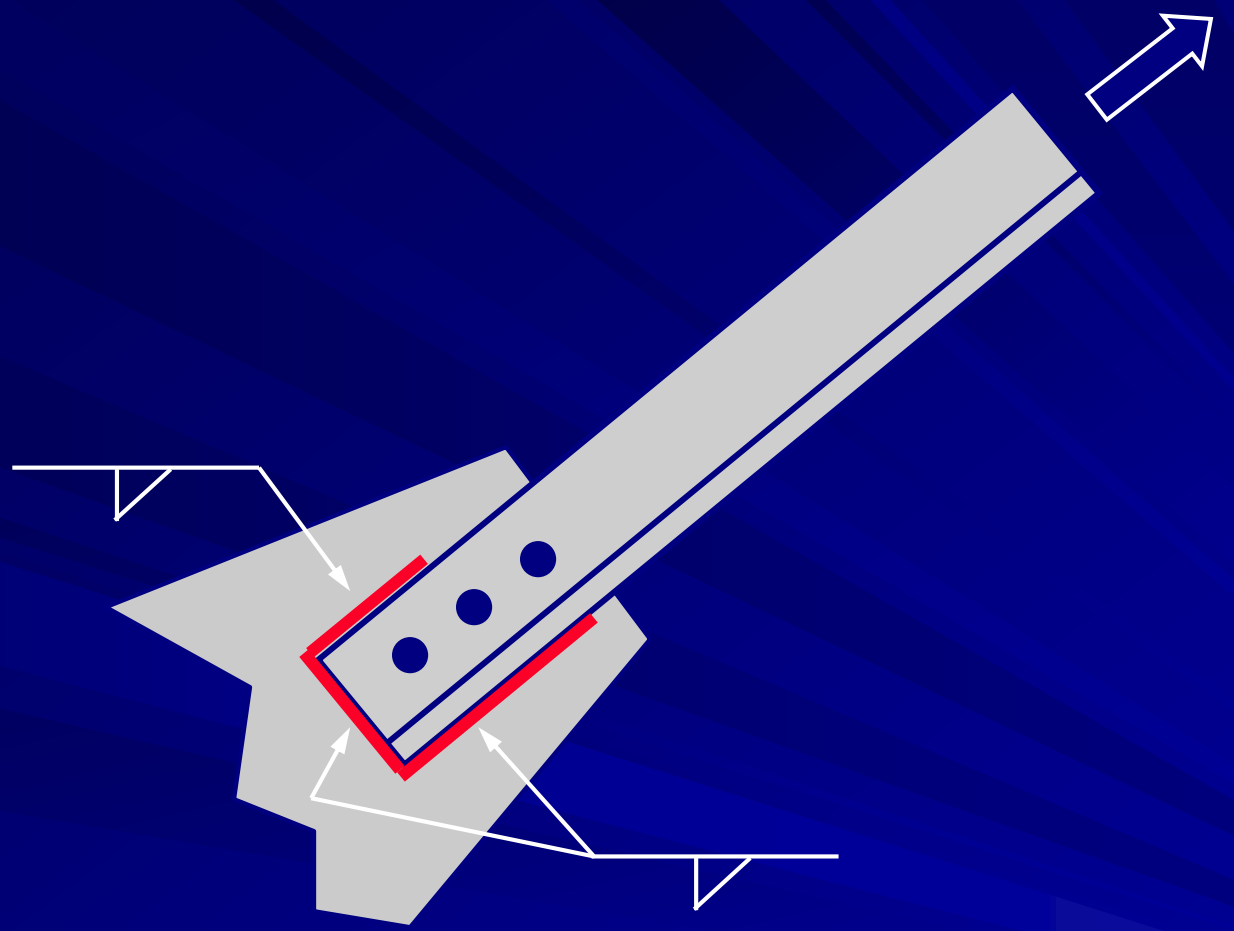




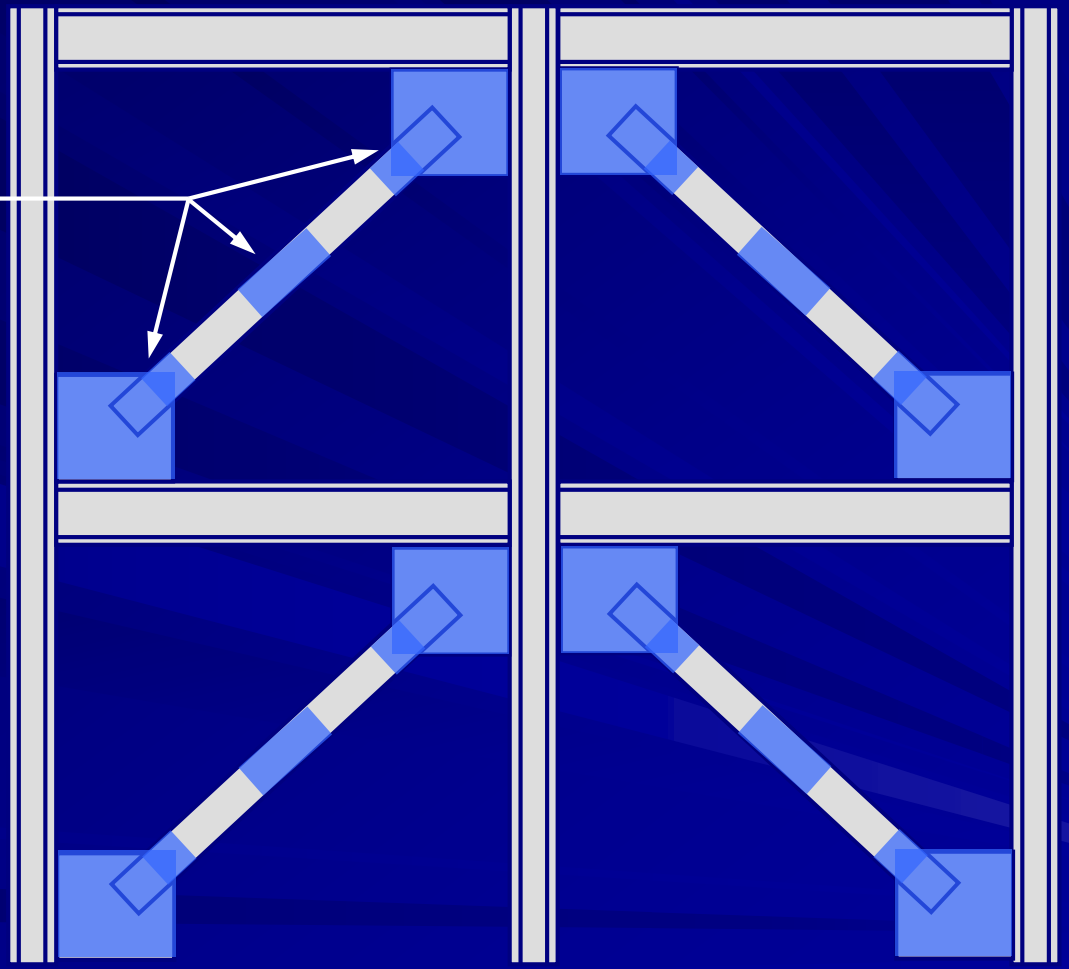

Link Length =e
1.5 b_f
1.5 b_f

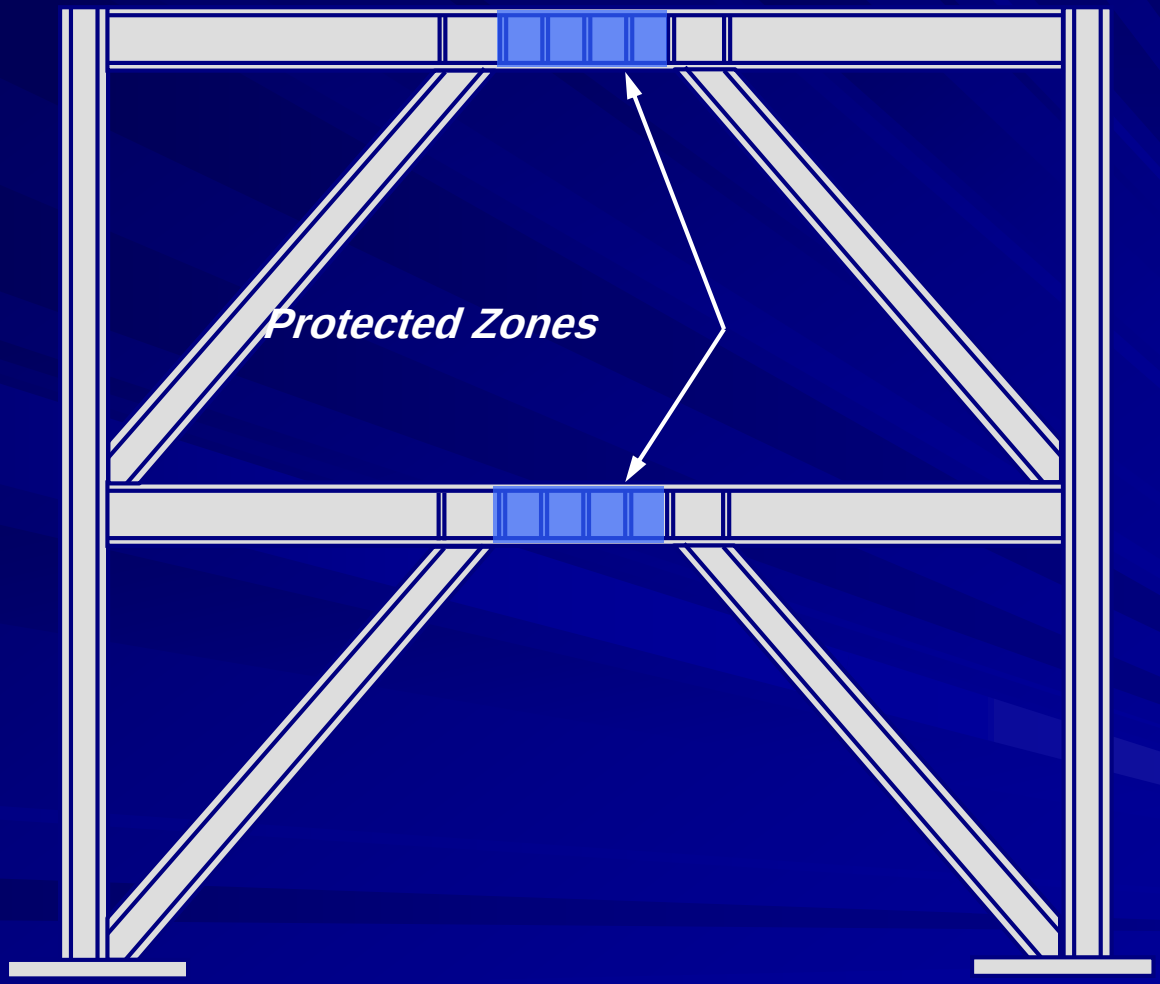

Link Length =e
s
s
s
s
s





Protected Zones



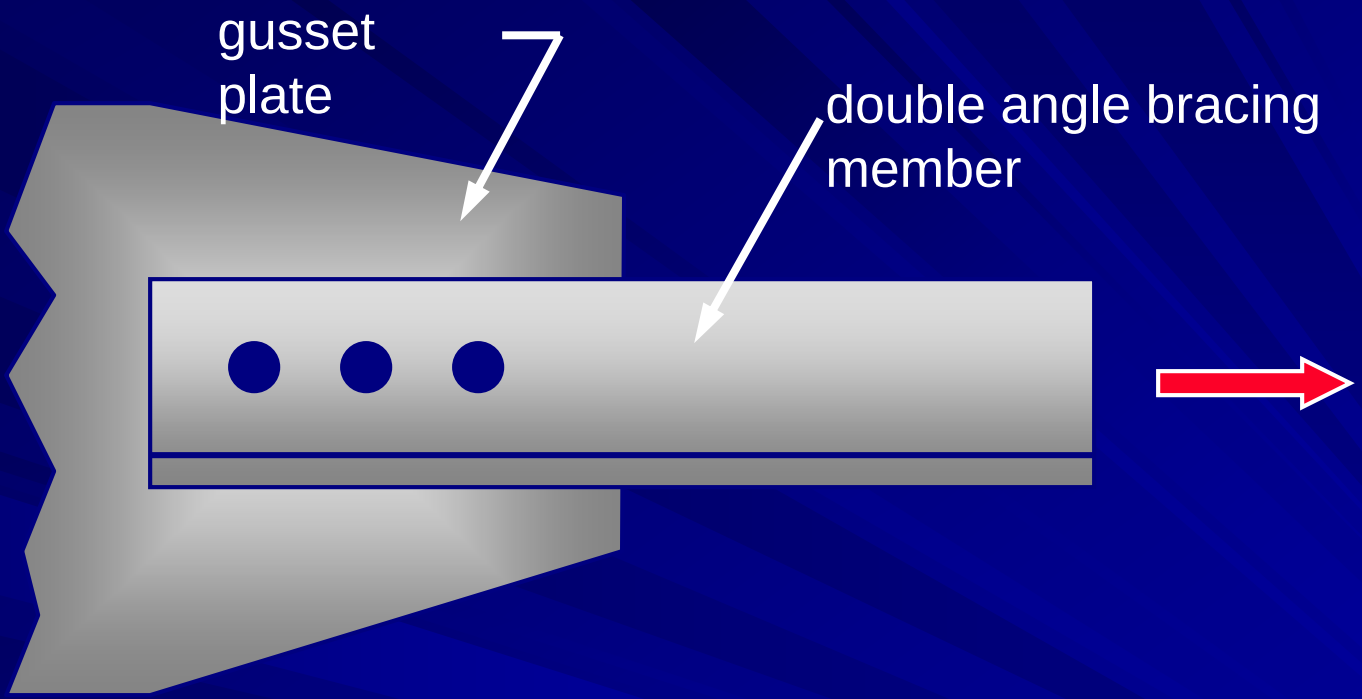

Protected Zones

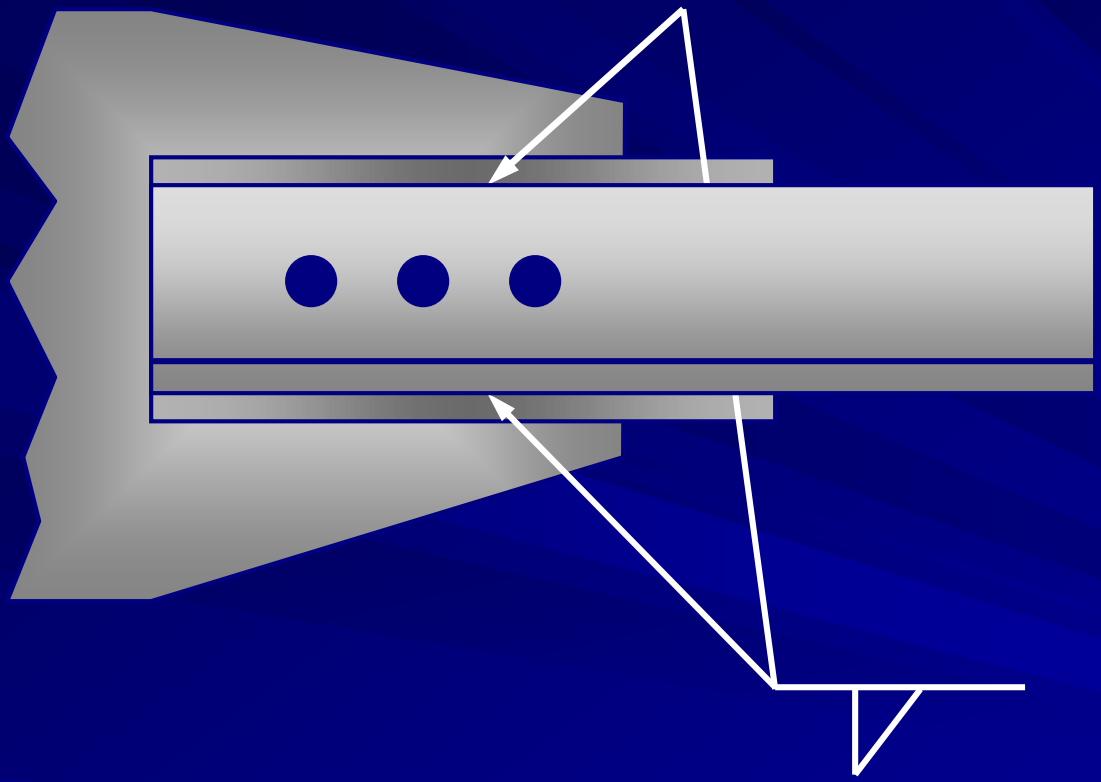
Local buckling of a moment frame beam.....

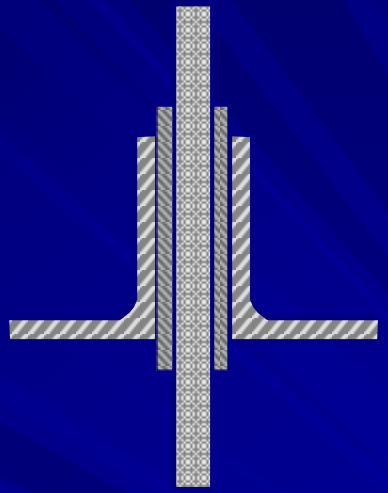
Local buckling of an EBF link.....

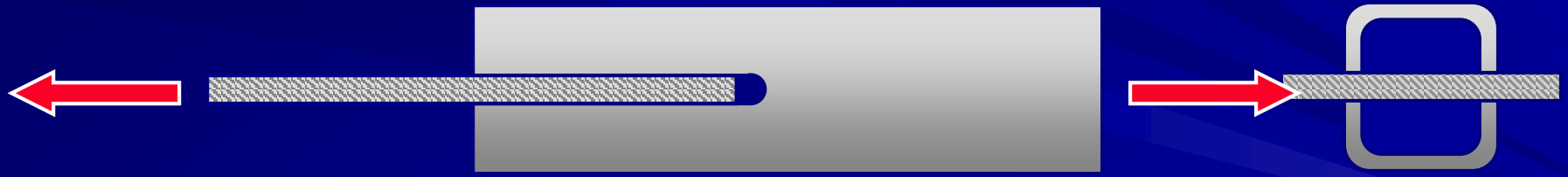
Eccentrically Braced Frames with Removable Links

2KV
TF8CF

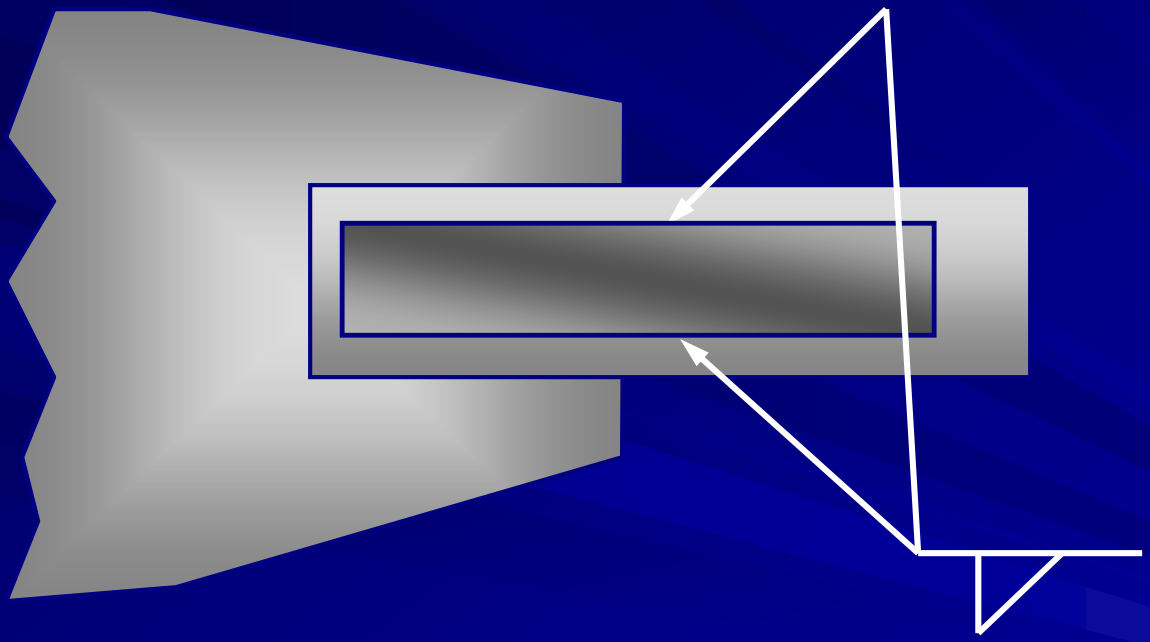

gusset
plate
double angle bracing
member

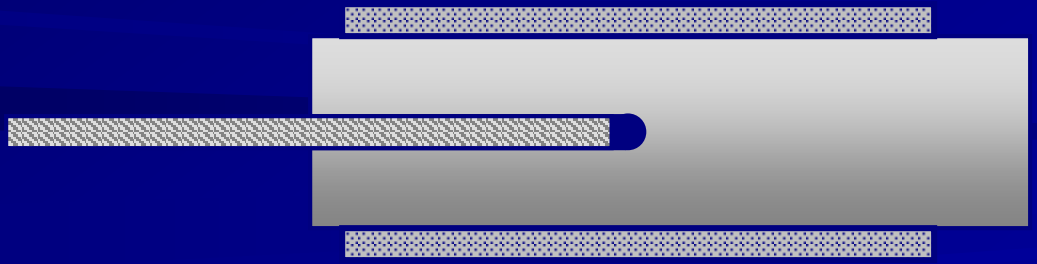






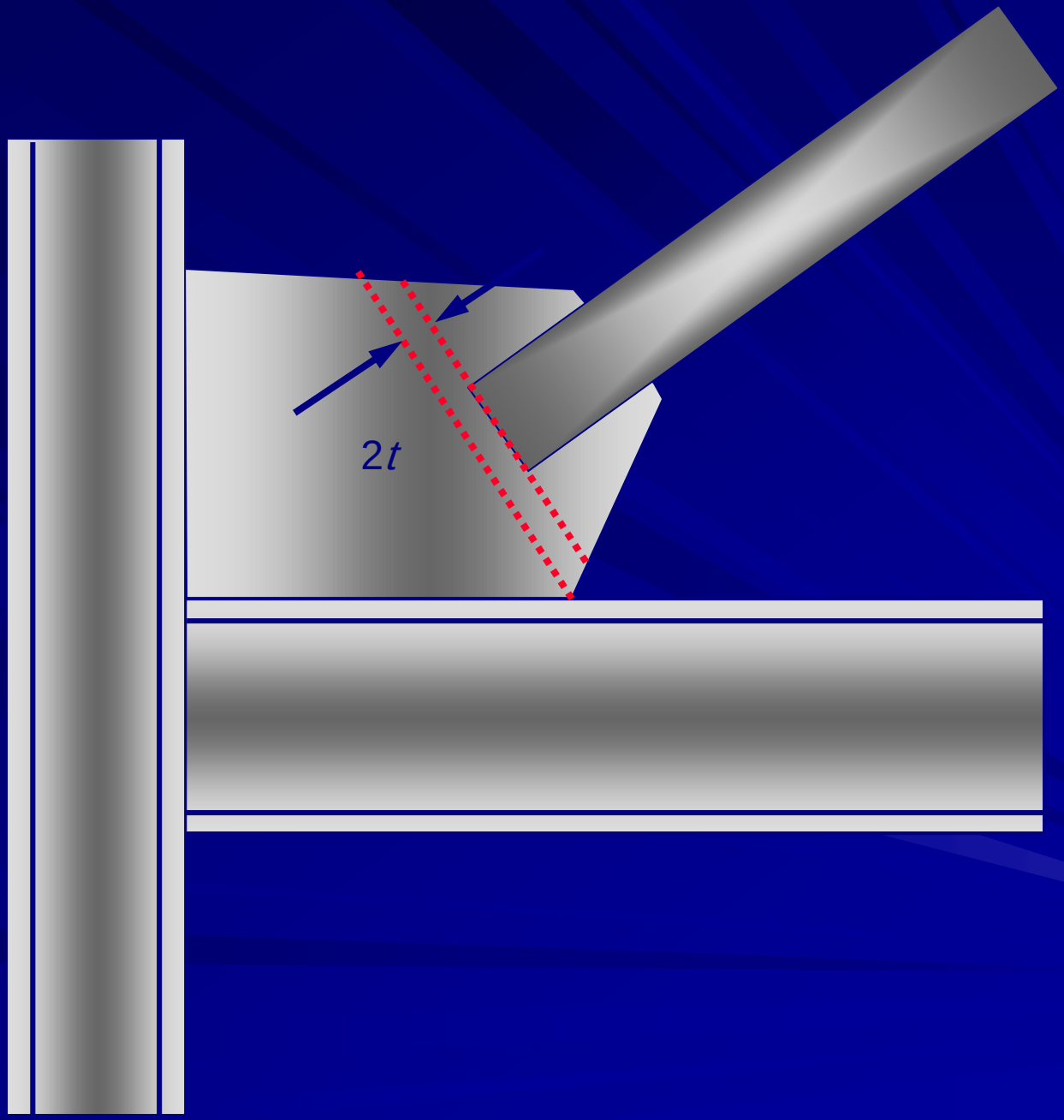
13A

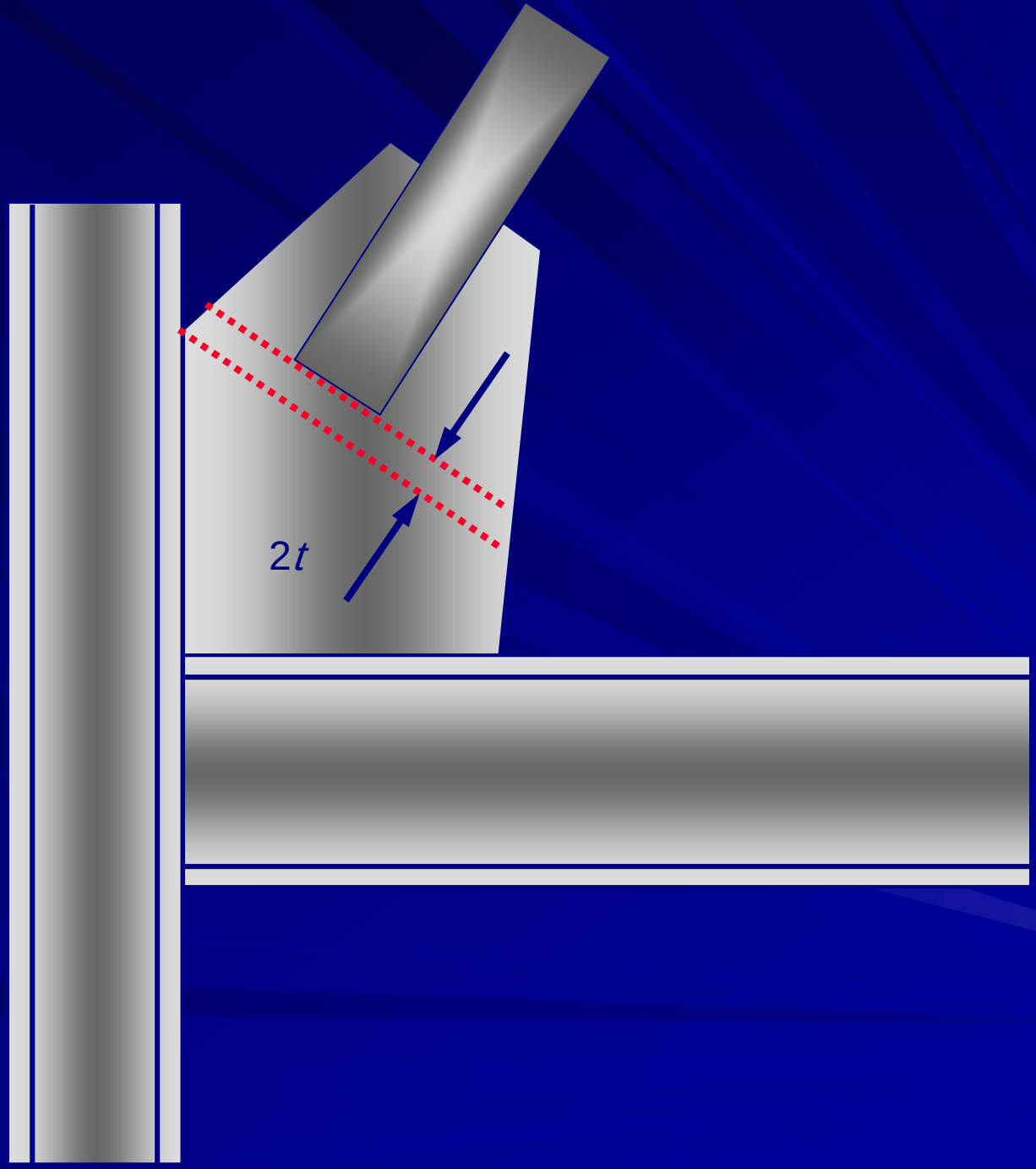


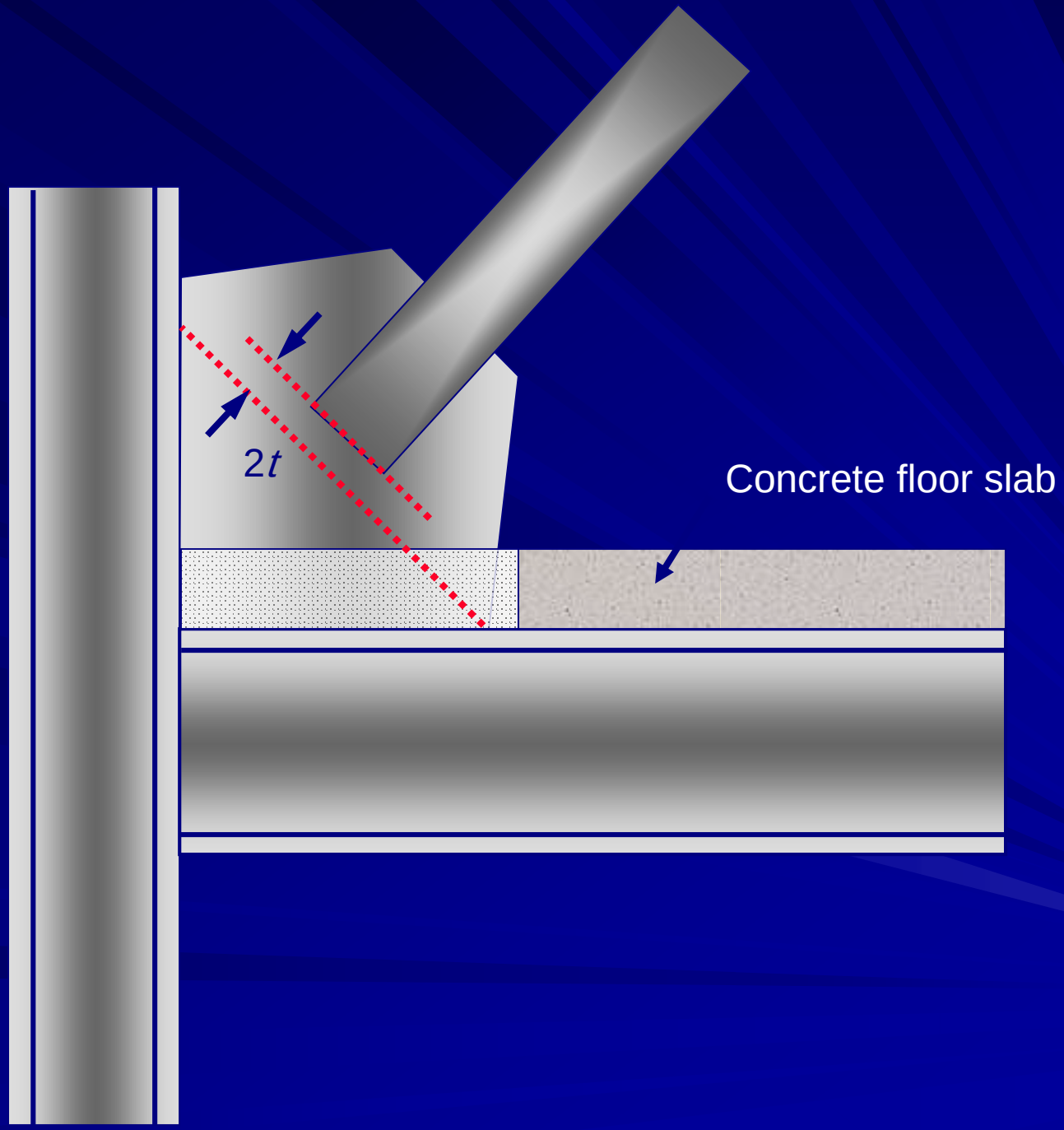


1.1 R_y $M_{p\text{-}brace}$

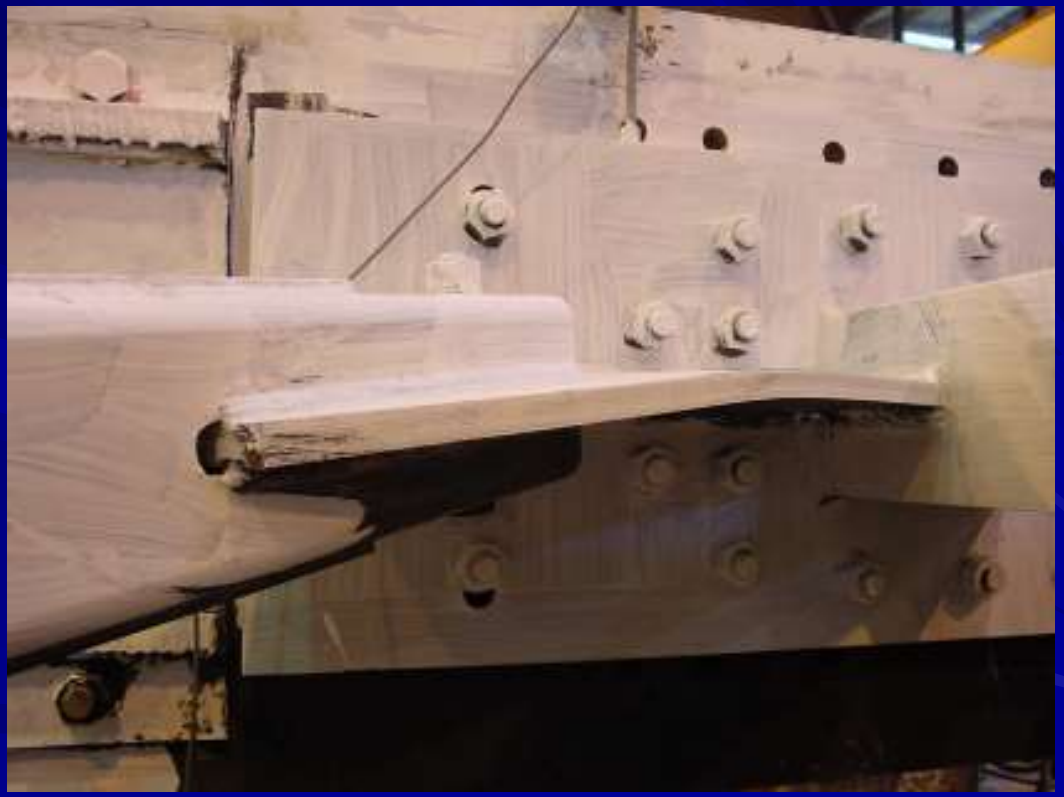
3314T


2t


2t


2t
Concrete floor slab

05DI



Herrick
KEEP OUT
KEEP OUT

E&E STEEL CO
E&E STEEL CO

۱۰ ـ ۴ ـ ۳ مشخصات فولاد مصرفی

کلیه فولادهای مصرفی اعم از ورق، تیرآهن، ناودانی، نبشی، تسمه و غیره باید از انواع مذکور در فصل‌های ۱۰ ـ ۰ تا ۱۰ ـ ۳ باشد.

قطعات فولادی باید از معایبی که به‌مقاومت و یا شکل ظاهری آن لطمه می‌زند عاری باشند. به‌کار بردن فولادهای مصرف‌شده باید با اجازهٔ ناظر و بعداز انجام آزمایش‌های لازم باشد.

قطعات فولادی اعم از اجزای قاب، ستون‌ها و شاهتیرها باید حتی‌الامکان یکپارچه بوده و از وصله کردن قطعات کوتاه خودداری گردد، مگر آنکه محل وصله در نقشه‌های اجرایی مشخص شده باشد یا موافقت مهندس طراح برای اتصال مورد نظر جلب گردد.

هرگاه ناظر از مشخصات فولادهای واردشده به‌کارخانه اطمینان نداشته باشد می‌تواند از هر ۱۰ تن نیمرخ فولادی مشابه به‌تعداد ۳ نمونه اتفاقی انتخاب و انجام آزمایش‌های زیر را مطابق استانداردهای ملی و یا ISO در مورد آنها تقاضا نماید:

- آزمایش مقاومت کششی با اندازه‌گیری تغییرشکل نسبی
- آزمایش شارپی روی نمونهٔ زخم‌دار.
- آزمایش خمش سرد
- آزمایش متالوگرافی و تعیین ترکیب شیمیایی

کارخانهٔ سازنده باید با عرضه شماره و عنوان مصالح، مشخصات فنی مربوطه طبق مدارک رسمی و همچنین گزارش آزمایش‌های مصالح، ثابت کند که مصالح مناسب پیش‌بینی شده، مورد استفاده قرار گرفته است.

۱۰ ـ ۴ـ۴ ساخت قطعات فولادی

۱۰ ـ ۴ ـ ۴ ـ ۱ کلیات

کارفرما نقشه‌های محاسباتی فولادی را در اختیار پیمانکار قرار می‌دهد. پیمانکار موظف است براساس نقشه‌های مذکور ابتدا نقشه‌های اجرایی را تهیه و به‌تصویب طراح سازه برساند. کنترل مهندس طراح درحد انطباق با نقشه‌های محاسباتی و مشخصات فنی بوده و مسئولیت هندسه برش‌ها و قطعات برعهدهٔ سازندهٔ اسکلت است.

نقشه‌های اجرایی باید کلیه اطلاعات و جزییات لازم برای برش و ساخت قطعات اعم از ابعاد و اندازه‌ها، آماده‌سازی لبه‌ها برای جوشکاری، جزییات جوش و اندازهٔ پیچ‌ها و سوراخ‌های آنها را شامل شود.

نقشه‌های اجرایی، باید جوش‌های کارخانه‌ای را از جوش‌های کارگاهی متمایز کرده و نوع اتصال با پیچ‌ها (اتکایی یا اصطکاکی) و نیز حد سفت کردن آنها را به‌وضوح معین نموده باشد.

قبل از شروع به‌ساختن و نصب قطعات باید اندازه‌های مندرج در نقشه‌ها به‌منظور تطبیق کامل و جلوگیری از بروز هرگونه اشکال در موقع ساخت و نصب توسط پیمانکار به‌دقت کنترل گردد.

هر قطعه پس از آنکه به‌اندازه و شکل مشخص شده در نقشه‌ها ساخته شد، باید شماره و علامت‌گذاری شود.

برش، مونتاژ، جوشکاری و متصل کردن قطعات به‌یکدیگر باید در کارخانهٔ سرپوشیده و مجهز ساخت اسکلت‌های فولادی توسط استادکاران و کارگران ماهر و زیر نظر متخصص فن انجام گردد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۴ ـ ۲ بریدن و سوراخ کردن

ابتدا قطعات باید به‌ابعاد و شکل‌های لازم به‌دقت بریده شده و در محل‌های لازم سوراخ گردند. برش ورق‌هایی که در ساختن قطعات فولادی مصرف می‌گردد باید توسط دستگاه برش شعلهٔ ریلی انجام گیرد. برای ورق‌ها با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۲ میلی‌متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می‌باشد.

در این حالت لبه‌ها باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواری‌های بیش از ۳ میلی‌متر باشد. ناهمواری‌ها و زخم‌های بیش از ۳ میلی‌متر را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد.

در نیمرخ‌های سنگین و قطعات ساخته‌شده با جوش به‌ضخامت بیش از ۴۰ میلی‌متر، باید قبل از برش گرمایی، پیش‌گرمایش تا دمای حداقل ۶۵ درجه سلسیوس انجام شود.

برش نیمرخ‌های فولادی (تیرآهن، ناودانی و نبشی) که برای ساخت مهارها، تیرها، ستون و اتصال آن مصرف می‌شوند، در صورت موافقت مهندس ناظر می‌تواند با اره یا برش دستی انجام گیرد. در هر صورت کلیه ناصافی‌هایی که بر اثر برش به‌وجود می‌آید باید با سنگ زدن برطرف شود.

سوراخ‌های نهایی ورق‌ها باید به‌کمک مته دوار انجام پذیرد. برای سوراخ‌های با قطر زیاد می‌توان ابتدا با قطر کوچکتر سوراخی توسط منگنه ایجاد نمود و بعد با مته سوراخ را به‌قطر دلخواه رساند. قطعاتی که با پیچ به‌هم متصل می‌گردند در صورت امکان باید همه به‌هم خال‌جوش شده و با هم سوراخ‌کاری شوند.

به‌کارگیری روش‌های گرم کردن موضعی و یا تغییرشکل مکانیکی برای ایجاد انحنا یا راست کردن قطعات با تأیید ناظر مجاز می‌باشد، ولی دمای موضع گرم شده نباید از ۶۵۰ درجه سلسیوس برای فولاد معمولی و ۵۶۵ درجهٔ سلسیوس برای فولاد پرمقاومت و آلیاژی بیشتر شود. این دما باید به‌کمک گچ‌های رنگی مخصوص که در دمای حدود ۶۰۰ درجه تغییر رنگ می‌دهند، مورد کنترل قرار گیرد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۴ ـ ۳ ساخت و آماده کردن قطعات قبل از مونتاژ

قطعات فولادی باید طوری ساخته شوند که هیچ نوع تغییرشکلی غیر از آنچه در نقشه مشخص شده در آنها به‌وجود نیاید. انحنا و تغییرشکل‌هایی که طبق نقشه و یا دستور مهندس ناظر لازم باشد، هنگام ساختن قطعات ایجاد می‌شود.

پخزنی و آماده کردن لبهٔ قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش شعله، با زاویه دادن به‌سر مشعل یا با سنگ‌زنی‌های بعدی انجام پذیرد. استفاده از دستگاه‌های پخزن ضربه‌ای برای قطعات و ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۲ میلی‌متر مجاز نمی‌باشد. پخزنی و آماده کردن لبه‌ها باید مطابق جزییات اجرایی درزهای پیش‌پذیرفته بوده و قبلاً به‌تأیید ناظر رسیده باشد.

رواداری ها

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۱ رواداری‌های جوش

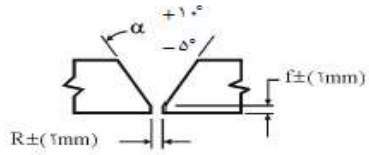
۱. قطعاتی که باید به‌وسیلهٔ جوش گوشه به‌یکدیگر جوش شوند، باید تا حد امکان در تماس نزدیک با یکدیگر قرار گیرند. *فاصلهٔ* ریشه (بازشدگی درز) نباید از ۵ میلی‌متر بزرگتر گردد. اگر فاصلهٔ ریشه از ۲ میلی‌متر بزرگتر شود، اندازهٔ ساق جوش مندرج در نقشه، باید به‌اندازهٔ آن افزایش یابد و یا سازنده به‌طریقی اثبات نماید که ضخامت مؤثر گلوی مورد نظر حاصل شده است.

بازشدگی بین سطوح در تماس جوش‌های انگشتانه و کام و همچنین فاصلهٔ بین تسمهٔ پشت‌بند با ورق در درزهای لب به‌لب نباید از ۲ میلی‌متر بزرگتر گردد. استفاده از مصالح پرکننده مجاز نیست مگر اینکه استفاده از آن در نقشه‌ها تصریح شده باشد و یا به‌تأیید مهندس طراح برسد.

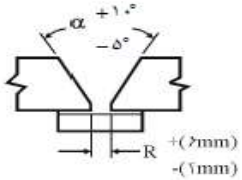
۲. قطعاتی که توسط جوش شیاری با نفوذ نسبی در امتداد طولی به‌یکدیگر متصل می‌شوند، باید تا حد امکان در تماس با یکدیگر قرار گیرند. فاصلهٔ ریشه بین دو قطعه نباید از ۵ میلی‌متر بزرگتر گردد.

۳. قطعاتی که با جوش شیاری به‌صورت لب به‌لب به‌یکدیگر متصل می‌شوند، باید با دقت با یکدیگر *همباد* و تراز شوند. حداکثر ناهمترازی بین دو قطعه، مساوی ۱۰ درصد ضخامت قطعهٔ نازکتر یا حداکثر ۳ میلی‌متر می‌باشد. برای اصلاح ناهمترازی نباید شیبی بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر به‌وجود آورد. اندازه‌گیری ناهمترازی باید برمبنای میانتار قطعات انجام شود، مگر اینکه در نقشه‌ها به‌نحو دیگری مشخص شود (شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۲).

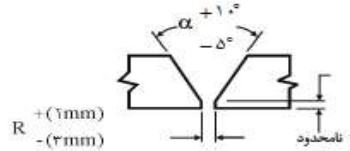
۴. رواداری‌های مربوط به‌زاویهٔ شیار، فاصلهٔریشه و ضخامت‌ریشه درشکل ۱۰ ـ۴ـ۱نشان داده شده است. در صورتی‌که ابعاد و اندازهٔ مقطع جوش اختلافی بیش از مقادیر ارایه‌شده در شکل (یا در ادامه) با اندازهٔ نشان داده‌شده در نقشه‌ها داشته باشد، درز با شرایط زیر قابل



(الف) جوش شیاری بدون پشت بند - بدون جوش پشت



(ب) جوش شیاری با تسمه پشت بند - بدون جوش پشت



(پ) جوش شیاری بدون پشت بند - با جوش پشت

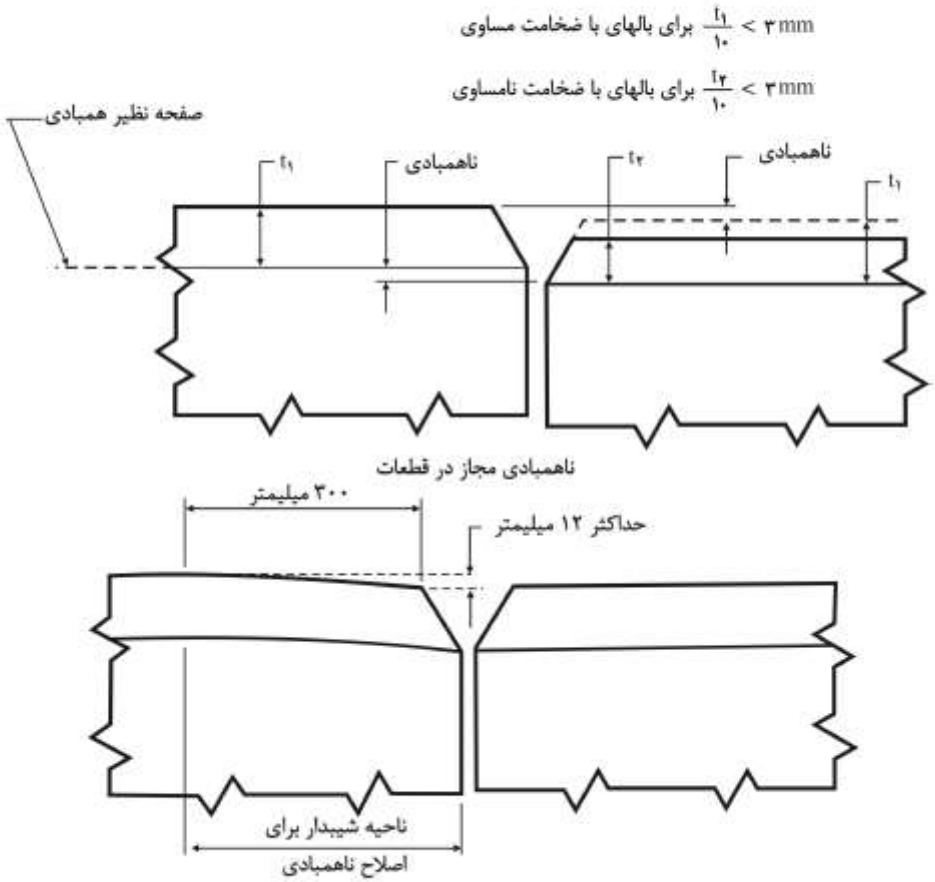
	جوش پشت	بدون جوش پشت
۱ ـ ضخامت ریشه	نامحدود	±۲mm
۲ ـ الف ـ فاصلهٔ ریشه بدون پشت‌بند	+۲mm −۳mm	±۲mm
۲ ـ ب ـ فاصلهٔ ریشه با پشت‌بند	کاربرد ندارد	+۶mm −۲mm
۳ ـ زاویهٔ شیار	+۱۰° −۵°	+۱۰° −۵°

توجه: کلیهٔ اندازه‌ها برحسب میلی‌متر.

شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱ رواداری‌های مونتاژ در درزها با جوش شیاری.

پذیرش است. در صورتی‌که اختلاف فاصلهٔ ریشه با مقدار نقشه بزرگتر از رواداری مجاز مذکور در شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱ باشد ولی از دو برابر ضخامت ورق نازکتر و یا ۲۰ میلی‌متر (هر کدام که کوچکتر باشند) بزرگتر نباشد، با استفاده از جوشکاری (قبل از جوشکاری درز اتصال) قابل اصلاح است.

۵. قطعاتی که به‌یکدیگر جوش می‌شوند، باید همباد یکدیگر قرار گرفته و به‌وسیلهٔ پیچ، گیره، گوه، قید و یا خال‌جوش در وضعیت خود تا اتمام جوشکاری تثبیت شوند. در صورت امکان استفاده از قید و قالب، توصیه می‌شود. لازم است آزادی‌های مناسب برای جمع‌شدگی و تابیدگی وجود داشته باشد.



شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۲ اصلاح ناهمبادی و ناهم‌محوری.

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ کنترل اعوجاج و جمع‌شدگی

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ـ۱ در مونتاژ و انجام جوش درزهای اعضای ساخته شده از ورق یا نیمرخ و همچنین تقویت نیمرخ‌ها، دستورالعمل و توالی جوشکاری باید طوری انتخاب شود که مقادیر اعوجاج و جمع‌شدگی حداقل گردد.

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ـ۲ تا حد امکان، توالی جوش‌ها باید طوری انتخاب شود که حرارت جوشکاری در حین پیشرفت جوشکاری، متعادل گردد.

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ـ۳ سازنده باید روش مونتاژ، دستورالعمل جوشکاری، و توالی جوشکاری را طوری انتخاب نماید که قطعهٔ به‌دست آمده منطبق بر ضوابط کنترل کیفی قطعه باشد. قبل از شروع جوشکاری، توالی جوشکاری و برنامهٔ کنترل اعوجاج باید جهت اطلاع و اظهار نظر به‌مهندس ناظر تسلیم گردد.

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ـ۴ مسیر پیشرفت جوشکاری یک عضو، باید از نقطه با گیرداری بیشتر به‌سمت نقطه با آزادی بیشتر باشد.

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ـ۵ در هنگام مونتاژ، درزهایی که در آنها انتظار انقباض بزرگتری می‌رود باید قبل از درزهایی جوش شوند که انتظار انقباض کمتری از آنها داریم. جوشکاری این درزها باید تا حد امکان با گیرداری کمی انجام شود.

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ـ۶ در ساخت اعضای ورقی و اعضای ساخته شده از ورق و نیمرخ، قطعه‌سازی باید قبل از مونتاژ انجام گردد. یعنی ابتدا باید ورق‌ها طبق طول و عرض نقشه‌ها سرهم گردند و سپس مونتاژ و جوش عضو انجام شود. اعضا با طول بلند را می‌توان به‌چند قطعه تقسیم نمود. در هنگام وصله کردن قطعات فوق در کارگاه یا کارخانه، جوش بال‌ها و جان باید نسبت به‌محورهای حداقل و حداکثر مقطع، متعادل باشد.

۱۰ـ۴ـ۶ـ۲ـ۷ در جوشکاری تحت شرایط گیرداری خارجی سخت در مقابل جمع‌شدگی، جوشکاری باید به‌طور پیوسته تا اتمام کل کار یا نقطه‌ای که دارای آزادی در مقابل ترک‌خوردگی است، انجام یابد. در حین جوشکاری نباید اجازه داده شود دمای درز کمتر از دمای مقرر برای پیش‌گرمایش یا دمای بین‌پاسی گردد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ رواداری‌های ابعادی

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۱ برای ستون‌ها و اعضای اصلی خرپا که با استفاده از جوش ساخته می‌شوند، بدون توجه به‌سطح مقطع، میزان انحراف مجاز در ریسمانی بودن عضو (انحراف محور عضو از خط راست) برابر است با (شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۳):

ـ برای اعضای با طول کمتر از ۹ متر:

$$۳\,mm \times \frac{\text{طول عضو برحسب متر}^{*}}{۳}$$

ـ برای اعضای با طول ۹ تا ۱۴ متر مساوی ۱۰ میلی‌متر

ـ برای اعضای با طول بزرگتر از ۱۴ متر:

$$۱۰\,mm + ۳\,mm \times \frac{\text{طول عضو برحسب متر} - ۱۴}{۳}$$

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۲ برای تیرها و شاهتیرهای جوش شده، بدون توجه به‌مقطع، که در آنها هیچ انحنای خاص (نظیر پیش‌خیز) وجود ندارد، میزان انحراف مجاز از همراستایی (ریسمانی بودن) برابر است با:

$$۳\,mm \times \frac{\text{طول عضو برحسب متر}^{*}}{۳}$$

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۳ برای تیرها و شاهتیرها، (مختلط و غیرمختلط)، بدون توجه به‌سطح مقطع، میزان انحراف مجاز از انحنای پیش‌خیز عضو در پیش‌نصب قطعات عضو در کارخانه، برابر است با (شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۴):

---

* همان رواداری $\frac{S}{۱۰۰۰}$ می‌باشد. (S دهانهٔ تیر)

در وسط دهانه:

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۶

طول دهانه	انحراف مجاز
$<۲۰m$	$+۲۰mm$ تا -۰
$\geq ۲۰m$ و $\leq ۳۰m$	$+۳۰mm$ تا -۰
$\geq ۳۰m$	$+۴۰mm$ تا -۰

در تکیه‌گاه:

$\pm ۰mm$ برای تکیه‌گاه‌های انتهایی

$\pm ۳mm$ برای تکیه‌گاه‌های داخلی

برای نقاط میانی:

$$+\frac{۴a(۱-a/s)}{s}(b) \text{ و } -۰$$

که در آن:

a = فاصلهٔ نقطهٔ مورد نظر تا نزدیکترین تکیه‌گاه (متر)

s = طول دهانه (متر)

b = ۲۰ میلی‌متر برای دهانه‌های کوچکتر از ۲۰ متر،
۳۰ میلی‌متر برای دهانه‌های مساوی یا بزرگتر از ۲۰ متر و کوچکتر از ۳۰ متر،
۴۰ میلی‌متر برای دهانه‌های مساوی یا بزرگتر از ۳۰ متر

به‌جای استفاده از رابطه، می‌توان از جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۷ استفاده نمود.

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۷ رواداری‌های انحنای پیش‌خیز تیرها برای تیرهای غیرمختلط

دهانه	a/s				
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵
$\geq ۳۰ m$	۱۴	۲۵	۳۴	۳۸	۴۰
$۲۰ \leq L < ۳۰$	۱۱	۱۹	۲۵	۲۹	۳۰
$<۲۰m$	۷	۱۳	۷	۱۹	۲۰

یادآوری:

بدون توجه به‌چگونگی نمایش پیش‌خیز در نقشه‌ها، علامت (+) نشان‌دهندهٔ بالای منحنی و پیش‌خیز و علامت (-) نشان‌دهندهٔ پایین منحنی می‌باشد.

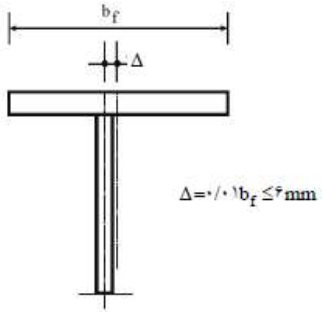
رواداری‌های ارایه شده در فوق برای تیرهایی که به‌صورت یکپارچه ساخته می‌شوند نیز اعمال می‌گردد. اندازه‌گیری‌های پیش‌خیز باید در حالت بدون بار انجام شود.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۴ برای تیرها با انحنای افقی، انحراف مجاز از منحنی در وسط دهانه برابر است با:

$$\pm\ ۳\,\text{mm} \times \frac{\text{طول دهانه برحسب متر}}{۳}$$

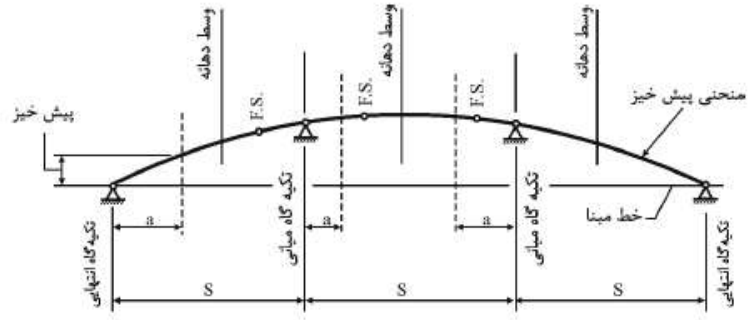
مشروط بر اینکه عضو دارای انعطاف‌پذیری کافی برای اتصال بادبندهای عرضی و قاب‌های عرضی بدون آسیب رساندن به‌اعضای سازه‌ای باشد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۵ برای اعضای ورقی (مثل مقطع H و I و T)، حداکثر اختلاف بین محور مرکزی جان و محور مرکزی بال در محل‌های تماس، مساوی $۰/۰۱\,b_f$ یا ۶ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۳).



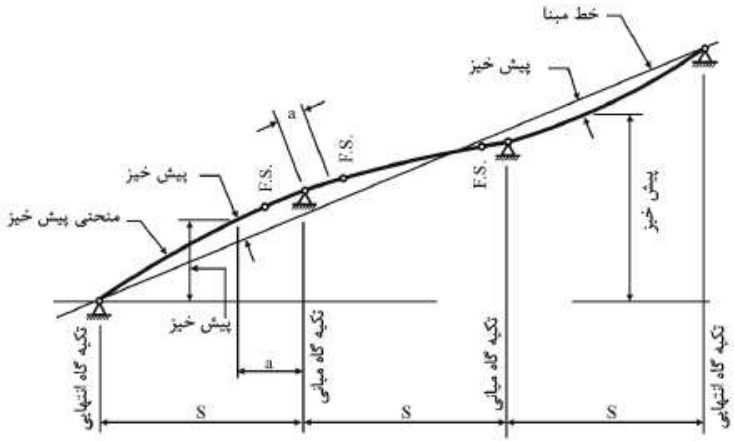
شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۳ رواداری محل اتصال جان به‌بال.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۶ برای تیرها، انحراف مجاز از صفحه‌ای بودن جان تیر مساوی $\frac{d}{۱۵۰}$ می‌باشد که d ارتفاع تیر می‌باشد.



F.S. وصلهٔ کارگاهی

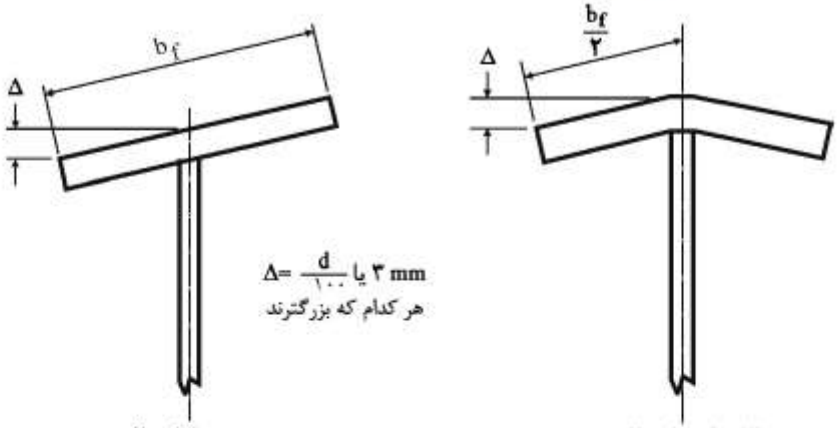
نمای جانبی پیش‌نصب تیر

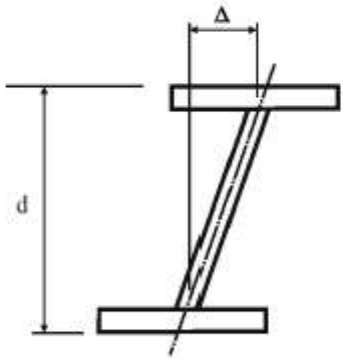


نمای جانبی پیش‌نصب تیر

شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۴ روش اندازه‌گیری پیش‌خیز تیرها.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۷ میزان رواداری چرخشی و انحنای بال در تیرورق‌های جوشی مطابق شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۵ می‌باشد:





$\Delta = \frac{d}{300}$ یا ۳ mm
هر کدام که بزرگترند

پ: اعوجاج مقطع

شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۵ رواداری‌های انحراف بال.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۳ ـ ۸ برای تیرورق‌های جوشی، رواداری مجاز پهنای بال مساوی ±۳ میلی‌متر برای پهنای کوچکتر یا مساوی ۳۰۰ میلی‌متر و ±۴ میلی‌متر برای پهنای بزرگتر

می‌باشد. رواداری مجاز در ارتفاع کل تیر که در صفحهٔ مرکزی جان اندازه‌گیری می‌شود، مطابق جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ می‌باشد.

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ رواداری مجاز ارتفاع تیرورق

ارتفاع تیر (میلی‌متر)	رواداری مجاز
≤۹۰۰	±۳
۹۰۰<h≤۱۸۰۰	±۵
>۱۸۰۰	+۸ و −۵

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۴ سخت‌کنندهٔ تکیه‌گاهی در محل بارهای متمرکز

انتهای سخت‌کنندهٔ تکیه‌گاهی باید نسبت به‌جان گونیا و در تماس کامل با بال باشد. حداقل باید ۷۵ درصد مساحت کل سخت‌کننده در تماس با بال باشد. سطح خارجی بال که بر صفحهٔ نشیمن فولادی تکیه می‌کند، در ۷۵ درصد سطح تصویر جان و سخت‌کننده‌ها باید در تماس با صفحهٔ نشیمن با حداکثر ۰/۲۵ میلی‌متر بادخور باشد. در ۲۵ درصد باقیمانده حداکثر بادخور ۱ میلی‌متر است. در صورتی‌که سخت‌کنندهٔ انتهایی موجود نباشد، حداکثر بلدخور در ۷۵ درصد سطح تصویر جان، ۰/۲۵ میلی‌متر و مساوی ۱ میلی‌متر در ۲۵ درصد سطح باقیمانده می‌باشد. در این حالت زاویهٔ بین بال تحتانی و جان ۹۰ درجه است. (شکل‌های ۱۰ ـ ۴ـ ۶ و ۱۰ ـ ۴ ـ ۷).

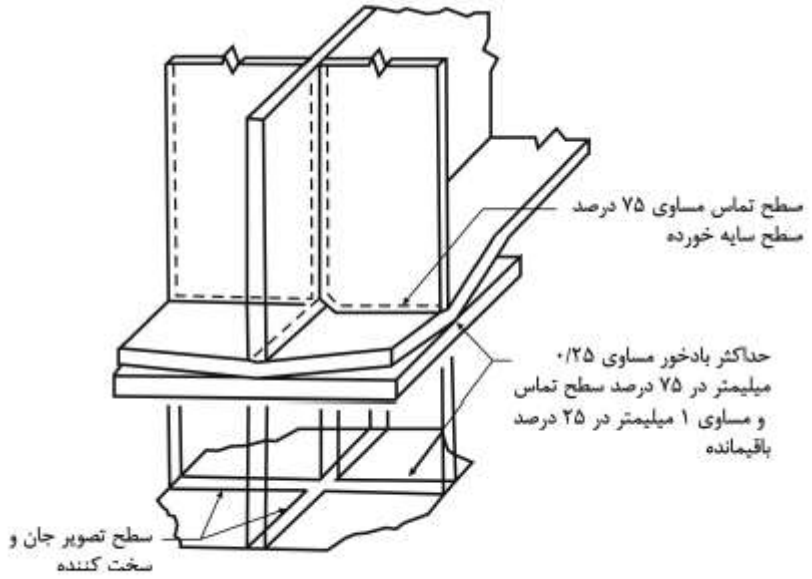
۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۵ ـ ۱ ***جفت شدن سخت‌کننده‌ها.*** در جفت شدن کامل سخت‌کنندهٔ میانی در حدفاصل دو بال، بادخوری در حد ۲ میلی‌متر پذیرفتنی است.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۵ ـ ۲ ***انحنای داخل و خارج از صفحهٔ لبهٔ سخت‌کننده‌های میانی.***

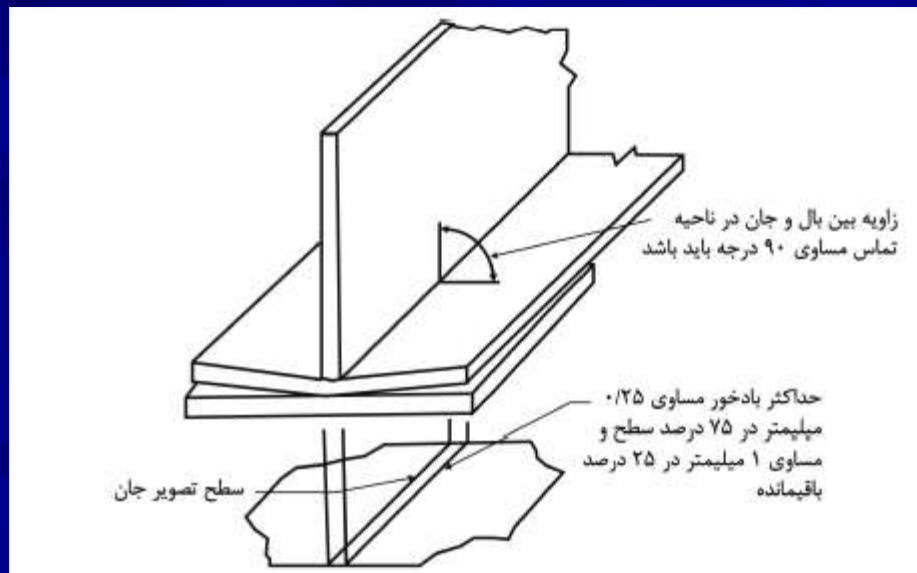
میزان حداکثر رواداری در ناراستایی سخت‌کنندهٔ میانی به‌شرح جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۹ است:

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۹ انحنای سخت‌کنندهٔ تکیه‌گاهی

رواداری (میلی‌متر)	ارتفاع تیرورق (میلی‌متر)
۱۳	≤۱۸۰۰
۲۰	>۱۸۰۰



شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۶ رواداری در محل تماس تیر با تکیه‌گاه ـ تیر با سخت‌کنندهٔ تکیه‌گاهی.



شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۷ رواداری در محل تماس تیر با تکیه‌گاه ـ تیر بدون سخت‌کنندهٔ تکیه‌گاهی.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۵ ـ ۳ *انحنای داخل و خارج از صفحهٔ لبهٔ سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی و جانمایی آن.* میزان حداکثر رواداری در ناراستایی سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی به‌شرح جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۰ است:

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۰ انحنای سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی

رواداری (میلی‌متر)	ارتفاع تیرورق (میلی‌متر)
۶	≤۱۸۰۰
۱۳	>۱۸۰۰

حداکثر رواداری محور مرکزی واقعی سخت‌کننده از محور مرکزی تئوریک (نظری) مساوی $\pm t/۲$ می‌باشد که t ضخامت سخت‌کننده است.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۶ مقطع جوش

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۶ ـ ۱ در شکل‌های ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ الف و ب، مقاطع مطلوب قابل پذیرش و در شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ ـ پ، مقاطع غیرقابل پذیرش جوش‌های گوشه نشان داده شده است. همان‌طورکه شکل‌های الف و ب، نشان می‌دهد، سطح جوش گوشه تا مقدار محدودی می‌تواند محدب یا مقعر باشد (بدون فرورفتگی ناگهانی).

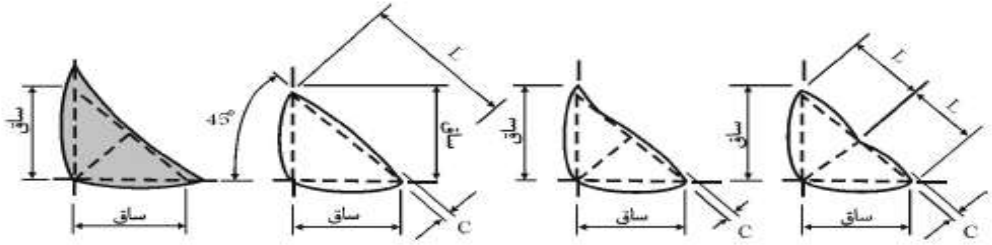
۱ ـ به‌استثنای جوش خارجی در اتصال گونیا، مقدار تحدب سطحی جوش گوشه (C) نباید از مقادیر مندرج در شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ تجاوز نماید.

۲ ـ به‌استثنای عیوب مربوط به‌بریدگی پای جوش، وجود سایر عیوب در دو انتهای جوش‌های منقطع، خارج از طول مؤثر جوش، مهم نمی‌باشد.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۶ ـ ۲ ـ جوش‌های شیاری ترجیحاً باید با حداقل تحدب (R) اجرا شوند. در درزهای لب به‌لب یا اتصالات گونیا، حداکثر تحدب R مساوی ۳ میلی‌متر می‌باشد و باید دارای انتقال تدریجی با سطح فلز پایه باشد (شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ ـ ت). کلیه جوش‌های شیاری نشان داده شده در شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ ـ ث، به‌علت داشتن ناپیوستگی سطحی غیرقابل پذیرش می‌باشند.

ساق جوش را پای جوش نیز گویند.

اندازه جوش همان اندازه ساق می باشد.

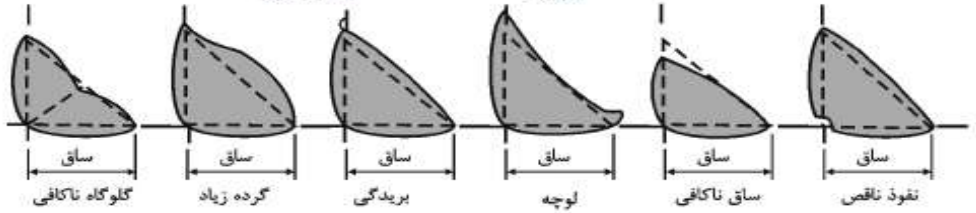


(ب) مقاطع قابل پذیرش جوش گوشه

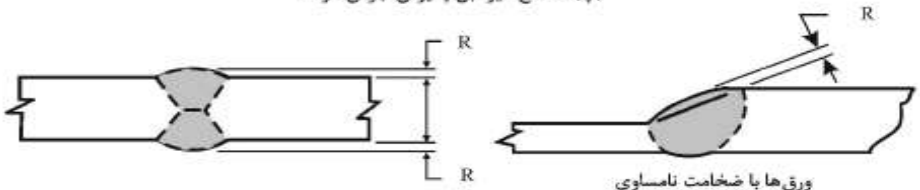
(الف) تعریف مقطع جوش گوشه

توجه: گرده جوش نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید

اندازهٔ ساق یا طول L	حداکثر گرده (mm)
L ≤ ۸mm	۱/۶mm
۸ < L < ۲۵	۳mm
L ≥ ۲۵mm	۵mm



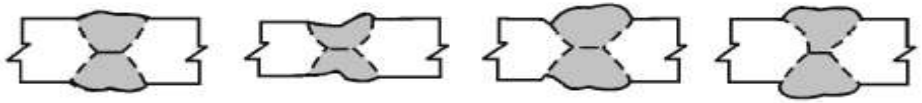
(پ) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش گوشه



ورق‌ها با ضخامت مساوی

ورق‌ها با ضخامت نامساوی
حداکثرگرده R مساوی3 میلی متراست

(ت) مقاطع قابل پذیرش جوش های شیاری



تحدب زیاد | گلوی ناکافی | گودافتادگی زیاد | لوچه

(ث) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش گوشه

شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ مقاطع قابل پذیرش و غیرقابل پذیرش جوش.

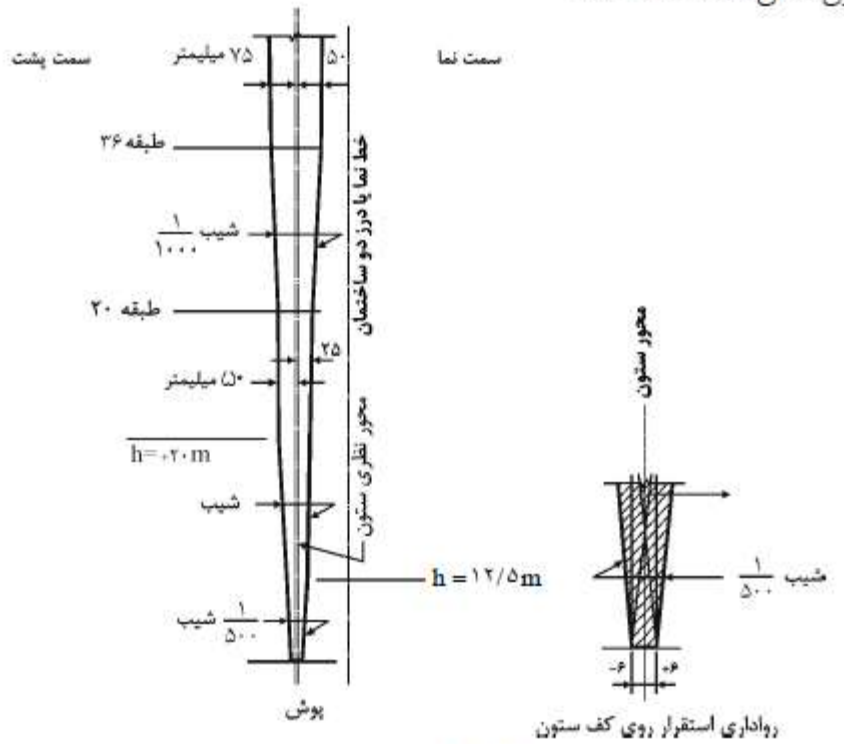
۱۰ـ۴ـ۶ـ۶ـ۳ در درزهای لب به‌لب در صورتی که سطح تخت برای جوش مورد نظر باشد، ضخامت جوش حاصل نباید بیش از ۱ میلی‌متر یا ۵ درصد ضخامت (هر کدام که کمتر باشد)، از ضخامت ورق نازکتر یا جوش، کمتر گردد. تحدب بیش از ۱ میلی‌متر نیز باید برداشته شود. در صورتی که جوش در فصل مشترک (سطح تماس) دو ورق قرار گیرد، تمام تحدب جوش باید برداشته شود. هرگونه تحدب باید دارای انتقال تدریجی به‌سطوح ورق باشد. برای حذف تحدب می‌توان از سنگ‌زنی استفاده نمود.

۱۰ ـ ۴ ـ ۶ ـ ۷ ناشاقولی ستون‌ها

۱. میزان حداکثر جابه‌جایی محور ستون از محل فرضی مساوی ± ۶ میلی‌متر می‌باشد.

۲. حداکثر ناشاقولی مجاز ستون‌ها، تا طبقهٔ بیستم به‌ازای هر طبقه مساوی $\frac{۱}{۵۰۰}$ ارتفاع و حداکثر ۲۵ میلی‌متر به‌سمت نما و ۵۰ میلی‌متر به‌سمت داخل ساختمان می‌باشد.

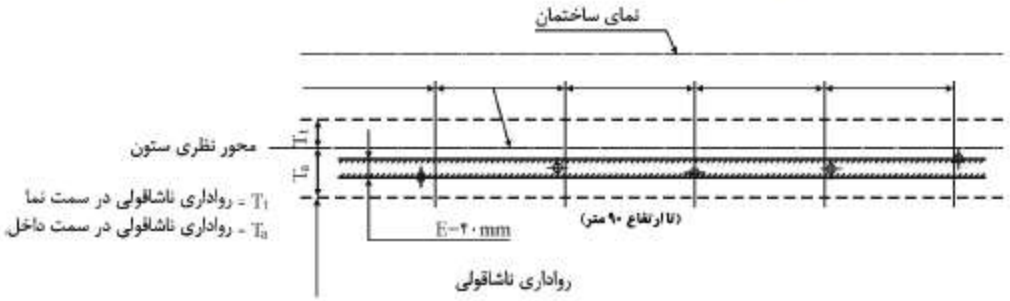
۳. در شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۹ پوش رواداری ناشاقولی ستون در سمت نما و در سمت داخل ستون نشان داده شده است.



شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۹ پوش بدشاقولی ستون.

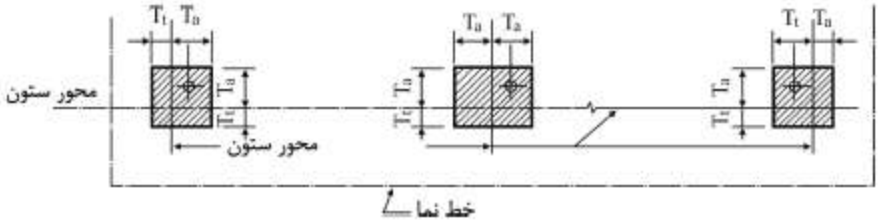
۴. در شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۰ پوش رواداری ناریسمانی ستون‌های محور نمای ساختمان نشان داده شده است. در مورد ستون‌های داخلی، ناراستایی در محدودهٔ پوش بدشاقولی مجاز می‌باشد (شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۱).

۵. رواداری ابعادی عرض و ارتفاع مقطع ستون ۴± میلی‌متر می‌باشد.



برای ارتفاع بالاتر از ۹۰ متر، به‌ازای هر ۳۰ متر، ۱۳ میلی‌متر به‌رواداری اضافه می‌شود تا حداکثر $E = ۷۵$ میلی‌متر.

شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۰ ناریسمانی ستون‌های محور خارجی.



شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۱ ناریسمانی ستون‌های داخلی.

رواداری سوراخ پیچ ها

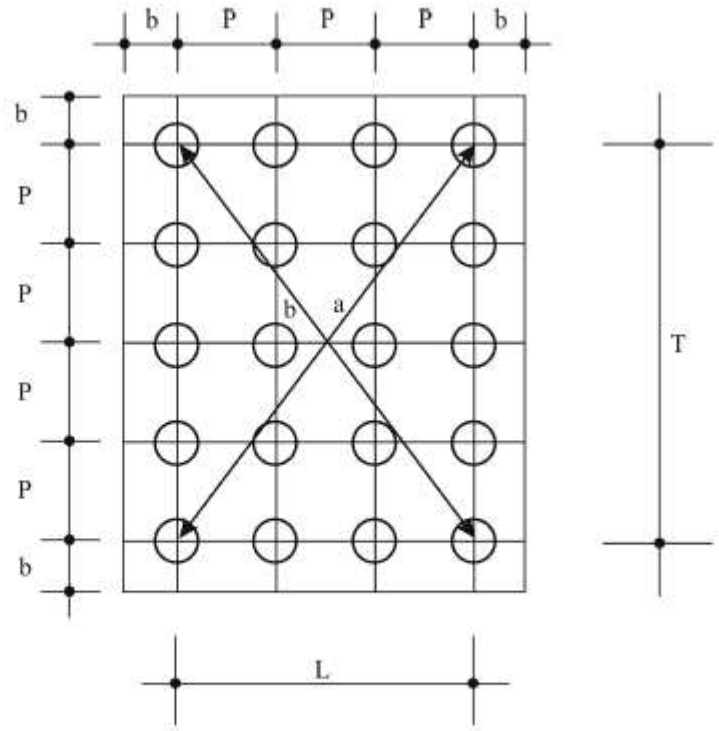
$\Delta p = \pm 0.2\,mm$

$\Delta b = \pm 0.3\,mm$

$\Delta L = \pm 0.3\,mm$

$\Delta T = \pm 0.3\,mm$

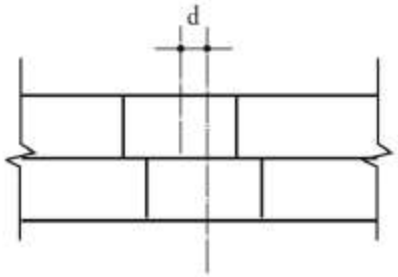
$|a - b| \leq 0.3\,mm$



شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۲ رواداری سوراخ‌های پیچ

۲. هم‌محور بودن سوراخ پیچ‌ها در دو مقطع اتصالی

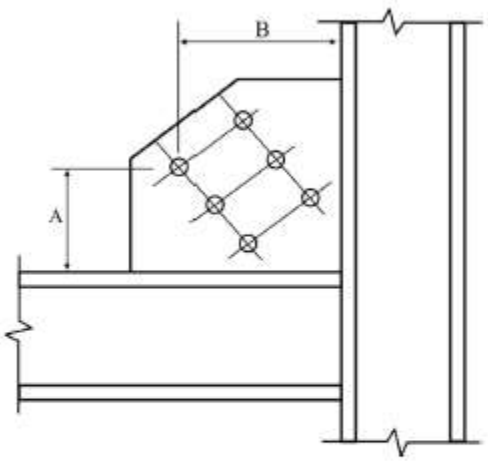
$d \leq ۲ mm$



۳. مختصات سوراخ

$\Delta B = \pm ۲ mm$

$\Delta A = \pm ۲ mm$



شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۱۴