فصل ۳

دانش فنی، اصول، قواعد، قوانین و مقررات

فهرستی از وظایف و امور مهم برای مجریان پروژه‌ها

در ذیل فهرستی از عناوین فعالیت‌های مهم در پروژه‌ها به‌عنوان ابزاری کمکی برای مسئولان و مجریان پروژه‌ها ارائه شده است. لازم به‌ذکر است براساس شرایط و نوع قرارداد هر پروژه ممکن است رعایت برخی از این آیتم‌ها ضرورت نداشته باشد. ضمناً این فعالیت‌ها به‌طور معمول در حوزهٔ وظایف مدیران پروژه‌ها تعریف می‌گردند؛ لکن با توجه به دیدگاه شرکت‌ها و نیز چارت سازمانی هر پروژه ممکن است در پست‌های شغلی مختلف تقسیم گردند.

- مطالعه و بررسی اسناد و مستندات پیمان قرارداد، قبل و بعد از ابلاغ پیمان
- مطالعه و بررسی نقشه‌ها، قبل و بعد از ابلاغ پیمان
- پیگیری تهیه ضمانت‌نامه اقساط پیش‌پرداخت‌ها و ارائه به کارفرما
- پیگیری تهیه ضمانت انجام تعهدات و ارائه به کارفرما
- بازدید از محل پروژه و سایت کارگاه قبل از تحویل زمین
- بررسی امکانات محلی نظیر ماشین‌آلات، نیروی انسانی، منابع و معادن محلی
- بررسی شرایط اقلیمی منطقه
- بررسی اجاره بهای زمین، مسکن، خودرو و...
- تحویل زمین پروژه و سایت تجهیز کارگاه
- انتخاب منابع قرضه، معادن شن و ماسه و...
- فراهم نمودن مقدمات اعزام و استقرار پرسنل و ماشین‌الات آماده به‌کار
- ارسال کانکس‌های موقت به محل پروژه جهت شروع تجهیز کارگاه
- ارائه پلان تجهیز کارگاه به مشاور و اخذ تأییدیه آن
- آغاز عملیات ساخت انبار سرپوشیده و روباز
- آغاز عملیات اجرایی ساخت و تجهیز کارگاه شامل: ■ کانکس یا ساختمان‌ها، ■ منابع آب و سوخت، ■ تعمیرگاه ماشین‌آلات ■ پست برق (برق شبکه یا موتور برق)، ■ ساخت و تأمین تأسیسات آب و فاضلاب، ■ تأسیسات برق، ■ تأسیسات مخابرات، ■ ساخت و راه‌اندازی سنگ‌شکن، ■ ماسه‌شور، ■ بچینگ پلانت، ■ تأمین سیلوهای سیمان، ■ ساخت کارگاه‌های آهنگری، نجاری، سکوها و...
- بررسی برنامه زمان‌بندی تفصیلی
- بررسی هیستوگرام‌های منابع پروژه و ریزفعالیت‌های پروژه و تعیین درصد وزنی و مالی منابع پروژه (WBS)
- ارائه برنامه زمان‌بندی پروژه به مشاور و اخذ تأییدیه آن
- اخذ تسهیلات اعطایی کارفرما
- اخذ مجوزهای محلی جهت استفاده از شبکه برق، آب، بهره‌برداری از منابع قرضه و معادن
- اخذ حواله‌جات و تسهیلات دریافت سیمان و سوخت و... از مراجع و نهادها و سازمان‌های دولتی و غیردولتی
- پیگیری تهیه بیمه‌نامه تمام خطر پروژه و ارائه به کارفرما
- پیگیری تهیه بیمه‌نامه ماشین‌آلات
- پیگیری تهیه بیمه‌نامه مسئولیت مدنی با شخص ثالث یا بدون شخص ثالث
- تهیه چارت سازمانی پروژه

- چیدمان نفرات مورد نیاز و استخدام و به‌کارگیری آنها
- معرفی نفرات کلیدی به مشاور و کارفرما و در صورت نیاز تأیید صلاحیت آنها از کارفرما
- تقسیم مسئولیت‌ها میان کلیه عوامل اجرایی با بهره‌گیری از نیروهای واجد شرایط با درنظر گرفتن امکان بهره‌وری بیشتر
- بررسی رفع معارض احتمالی پروژه (تملک اراضی کشاورزی، مسکونی، دولتی و...) دکل‌های برق، شبکه‌های مختلف تأسیسات شهری و محلی، انبار مصالح و اجناس دپو شده متعلق به کارفرما و یا مردم محلی در محدوده اجرای پروژه و اعلام به مشاور و کارفرما و پیگیری مستمر آنها
- تأمین و تدارک مصالح اصلی پروژه شامل سیمان، میلگرد و... با درنظر گرفتن بار مالی زیاد آنها و ضرورت پیگیری از مرکز یا کارخانه‌های مربوطه
- عقد قرارداد با پیمانکاران جزء و فروشندگان
- اخذ تأییدیه صلاحیت پیمانکاران جزء و فروشندگان از کارفرما در صورت لزوم
- تدارک ماشین‌آلات مورد نیاز پروژه با اولویت ماشین‌آلات در تملک شرکت، خرید یا اجاره
- بررسی روش‌های اجرایی و ارائه Quality Plan پروژه
- اعلام Quality Plan پروژه به مشاور و اخذ تأییدیه آن
- انتخاب و معرفی آزمایشگاه‌های واجد شرایط به مشاور و کارفرما
- اخذ تأییدیه صلاحیت آزمایشگاه‌های واجد شرایط از کارفرما (درصورتی که هزینه انجام آزمایشات در تعهدات پیمانکار باشد)
- پیاده نمودن سیستم مدیریت کنترل پروژه
- پیاده‌سازی سیستم اداری و پرسنلی
- پیاده‌سازی سیستم تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات سبک و سنگین
- سیستم مالی، هزینه کردن تنخواه و صندوق، پشتیبانی و خرید کالا
- پیاده نمودن سیستم انبارداری، تدارکات و حمل
- پیاده نمودن سیستم QC/QA مطابق با نیاز کارفرما
- پیاده نمودن سیستم ایمنی، حفاظت و بهداشت (HSE)
- کنترل فعالیت‌های مربوط به برنامه‌های زمان‌بندی و به‌هنگام نمودن آنها
- کنترل مصالح ورودی به کارگاه انبار و...
- کنترل صورت وضعیت کارکردهای شرکت و پیمانکاران جزء
- کنترل تأخیرات به‌وجود آمده و مستندسازی آنها
- پیگیری ادعاها
- کنترل هزینه‌ها و مقایسه هزینه‌های واقعی با هزینه‌های پیش‌بینی شده (آیتم‌های ضرر‌ده) و همچنین پرداخت حقوق
- کنترل صورت مجالس، دستور کارها، چک‌لیست‌ها و پیگیری اخذ مصوبات آنها از مشاور و یا کارفرما
- کنترل وظایف دفتر فنی در حوزه مستندسازی، گزارشات، مکاتبات
- کنترل عملیات اجرایی، بازبینی و یا اصلاح روش‌های اجرایی
- کنترل کمّی و کیفی عملیات اجرایی
- کنترل عوامل مختلف در منابع انسانی به جهت بررسی راندمان و بهره‌وری آنها در بخش‌های مختلف پروژه
- تشکیل جلسات هماهنگی با نظارت مشاور و کارفرما و اخذ صورت جلسات مورد نیاز پروژه
- پیگیری مستمر درخصوص مصوبات جلسات با کارفرما و مشاور
- پیگیری مطالبات مالی پروژه از ذی‌حسابی کارفرما

- شرکت در جلسات هماهنگی و مستمر سرپرست کارگاه با گروه‌های اجرایی و پیمانکاران جزء
- بررسی مشکلات مختلف پروژه از قبیل مشکلات قراردادی، اجرایی، حوادث قهریه، معارض موجود، نبود و یا عدم تأمین به‌موقع مصالح و مطالبات مالی پروژه و... که ناشی از عدم قصور پیمانکار است
- تهیه و تنظیم ادعاهای شرکت در ارتباط با مشکلات ناشی از عدم قصور پیمانکار و پیگیری آنها
- ارائه راهکارهای پیشنهادی برای حل مشکلات ایجاد شده در مسیر انجام پروژه
- بررسی امکان ایجاد روش‌های مهندسی ارزش، تهیه برآوردهای مالی و زمانی و ارائه طرح توجیهی به کارفرما و مشاور جهت جایگزینی با روش‌های موجود
- بررسی و تأمین امکانات و تسهیلات رفاهی، آموزشی و چندرسانه‌ای برای پرسنل کارگاه (در حد امکانات کارگاه)
- بررسی افزایش ۲۵ درصد مقادیر پروژه و کارهای جدید
- ارائه برآورد و آنالیز قیمت‌های جدید به مشاور و پیگیری اخذ مصوبات آنها
- بررسی لزوم تشکیل کمیسیون طبقه‌بندی خاک جهت تعیین درصد سنگ عملیات خاکی و سنگی
- پیگیری تشکیل کمیسیون پیش راه‌اندازی و اخذ مصوبه ابلاغ آن
- پیگیری تشکیل کمیسیون رفع نواقص و اخذ مصوبه ابلاغ آن
- پیگیری تشکیل کمیسیون تحویل موقت و اخذ مصوبه ابلاغ آن
- پیگیری تشکیل کمیسیون تحویل قطعی و اخذ مصوبات ابلاغ آن
- ارسال صورت وضعیت قطعی و جمع‌آوری کلیه مستندات جهت دفاع از ادعاها تا حصول نتیجه و پیگیری مصوبه آن
- پیگیری استرداد ضمانت‌نامه و سایر سپرده‌ها

مشخصات سه نوع دستگاه جوشکاری ۳۰۰ آمپری

مشخصات	موتور ژنراتور	یکسوکننده	ترانسفورماتور
مقدار متوسط بازده در بار کامل (درصد)	۶۰	۶۵	۸۵
توان ورودی متوسط بدون بار (وات)	۲۸۵۰	۱۰۵۰	۶۰۰
ایمنی	بسیار خوب	خوب	متعارف
تناسب و تطابق با الکترودهای مختلف	خوب	خوب	خیلی کم
هر سه الکترود (در شرایط مساوی)	استاندارد	استاندارد	صرفه‌جویانه
تغییرات شدید جریان خروجی با ولتاژ ورودی	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد
تغییرات شدید به علت گرم شدن	خیلی زیاد	کم	خیلی کم
انحراف قوس	زیاد	متوسط	کم
صدا	زیاد	کم	کم
عمر	خوب	مطالعه نشده	خیلی خوب
کیفیت جوش	خوب	خوب	خوب
هزینه نگهداری	خیلی زیاد	مطالعه نشده	خیلی کم

جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روکش‌دار (SMAW)

شکل ۱ـ الکترودهای روکش‌دار

در حال حاضر متداول‌ترین روش جوشکاری در کارگاه‌های متعارف ساختمانی روش SMAW می‌باشد. در این روش که موسوم به روش دستی می‌باشد از الکترودهای روکش‌دار استفاده می‌گردد. انواع الکترودهای مورد استفاده در این روش شامل روتیلی معمولی، روتیلی پودر آهن‌دار، سلولزی و کم‌هیدروژن می‌باشند و به‌ترتیب الکترودهای E۶۰۱۲، E۶۰۱۴، E۶۰۱۰ و E۷۰۱۸ نمونه‌هایی متناظر با هر یک از الکترودهای مذکور می‌باشد. الکترودها در قطرهای ۲/۲۵، ۳/۲۵، ۴ و ۵ میلی‌متر تولید می‌شوند.به‌طور معمول در اجرای سازه‌های فولادی قطر الکترودهای مصرفی با توجه به ضخامت قطعه، شکاف ریشه اتصال، وضعیت جوشکاری، بعد جوش و میزان مهارت جوشکار تعیین می‌گردد.

جدول مشخصات جوش ساختمانی و فلز مبنای سازگار با آن

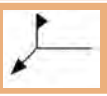
گروه	فلز مبنا	روش جوشکاری			
		جوش با الکترود (SMAW)	جوش زیر پودری (SAW)	جوش تحت حفاظ گاز (GMAW)	جوش با فلوس مغزی (FCAW)
I	ST37)Fy 2400)	AWS A5.1 یا A5.5 E60XX یا E70XX	AWS A5.17 یا AWS A5.23 F6X یا S7X_EXXX	AWS A5.18 E70S_X یا E70U_X	AWS A5.20 E60T_X
II	ST52)Fy=3600)	AWS A5.5.E70XX یا A5.1	AWS A5.17 یا AWS A5.23 S7X _EXXX	AWS A5.18 _E70S_X یا E70U_1	AWS A5.20 E70T_X (E70T_3 و E70T_2 استثنا)

شکل ۲ـ جوشکاری با الکترودهای روکش‌دار

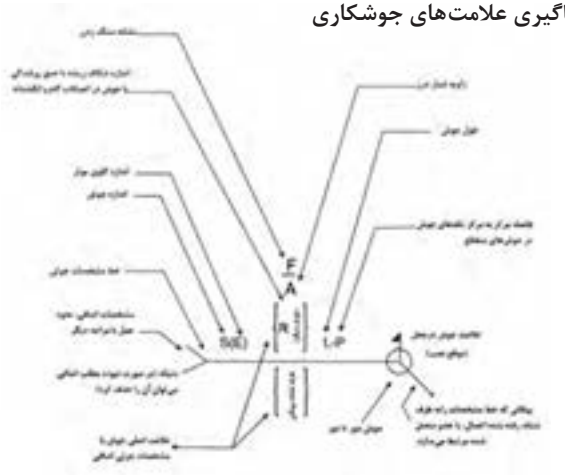
علائم اصلی جوش

شیاری							گوشه	کام یا انگشتانه	جوش پشت یا پشت‌بند
نیم جناغی گرد	جناغی گرد	نیم لاله‌ای	لاله‌ای	نیم جناغی	جناغی	ساده			

علائم تکمیلی جوش

شکل سطح جوش		جوش در محل (موقع نصب)	جوش دور تا دور
محدب	تخت		
			

محل قراردادی جاگیری علامت‌های جوشکاری



تذکر

اندازه، علامت، طول جوش و فاصلهٔ تکه‌های آن باید به‌همین ترتیب از جپ و راست روی خط مشخصات نوشته شود.

جهت خط مشخصات یا محل پیکان تغییری در این قاعده ایجاد نمی‌کند.

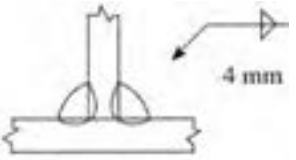
ساق قائم جوش‌های ، باید در طرف چپ قرار گیرد.

جوش‌های طرف نشانهٔ پیکان و طرف دیگر دارای یک اندازه می‌باشند، مگر اینکه خلاف آن ذکر شده باشد.

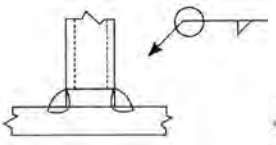
برای دیگر علائم اساسی به کتاب علائم قراردادی اتصالات در ساختمان‌های فلزی یا نشریات AWS مراجعه کنید.

نمونه‌هایی از کاربرد علائم جوشکاری

جوش‌های گوشه



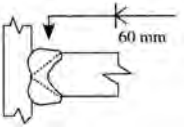
تصویر نشانگر این است که عدد نماینده اندازه ساق جوش، وقتی جوش‌های دو طرف یکی باشند، تنها در یک طرف گذارده می‌شود.



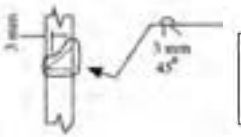
تصویر نشانگر آن است که جوش دور تا دور می‌باشد.

تصویر نشان‌دهنده این است که جوش‌ها یکی در میان بوده، تکه‌های جوش ۵ سانتی‌متری هستند و به فاصله مرکز به مرکز ۱۰ سانتی‌متری قرار دارند.

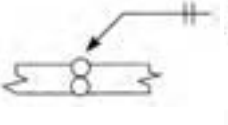
جوش‌های شیاری



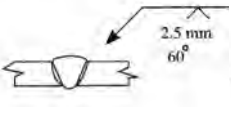
تصویر نشانگر جوش شیاری نیم‌جناغی دوطرفه می‌باشد.



تصویر نشانگر جوش نیم‌جناغی با شکاف ریشه ۳ میلی‌متر و با پخ ۴۵ درجه در قطعه بالایی و استفاده از جوش پشت‌بند می‌باشد.



تصویر نشانگر جوش شیاری از دوطرف ساده با جوشکاری می‌باشد.



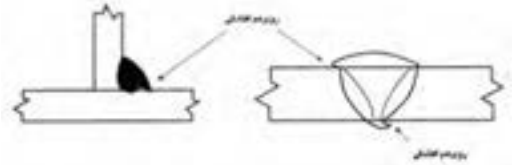
تصویر نشانگر جوش شیاری جناغی با زاویهٔ پخی ۶۰ درجه و شکاف ریشه ۲/۵ میلی‌متر می‌باشد.

عیوب جوش و پیچیدگی اعضای جوشی

به‌منظور دستیابی به یک جوش با کیفیت، متغیرهای جوشکاری باید به درستی انتخاب شده و به‌کار گرفته شود. برخی از این متغیرها شامل نوع الکترود متناسب با فلز پایه ازنظر نوع روکش و فلز پرکننده، تکنیک جوشکاری، وضعیت جوشکاری، ساختار اتصال و مشخصه‌های الکتریکی شامل قطبیت، آمپراژ و ولتاژ است. به‌طور خلاصه عیوب اصلی جوش به قرار ذیل می‌باشند:

۱ روی هم افتادگی (Overlap)

تعریف: نقصی در کنار یا ریشه جوش که به‌علت جاری شدن فلز برروی سطح فلز پایه و یا پاس جوش قبلی ایجاد می‌شود بدون اینکه ذوب و اتصال مناسب با آن ایجاد شود. این عیب می‌تواند اثری مانند بریدگی کناره جوش داشته باشد و یک منطقه تمرکز تنش ناشی از عدم یکنواختی در جوش ایجاد شود.

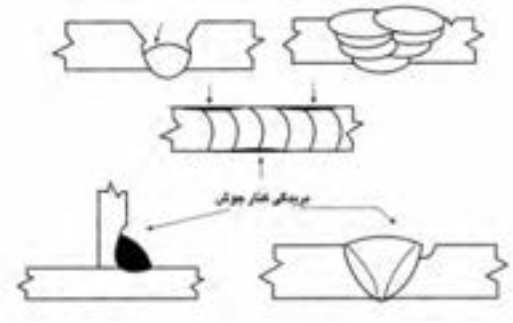


علت:

- سرعت حرکت کم جوشکاری
- زاویه نادرست الکترود

- استفاده از الکترود با قطر بالا
- آمپراژ خیلی کم

۲ بریدگی کنار جوش (Undercut)



تعریف: شیاری است غیریکنواخت به‌صورت کنگره‌ای در کنار یا ریشه جوش و یا لبه فلز پایه که ضمن کاهش سطح مقطع فلز پایه می‌تواند موجب ایجاد تمرکز تنش و یک منطقه مستعد برای ترک شود.

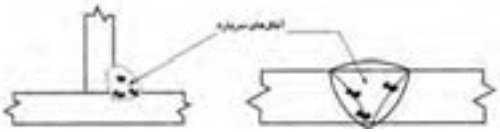
علت:

- آمپراژ زیاد
- طول قوس بلند
- حرکت موجی زیاد الکترود
- سرعت حرکت بسیار زیاد جوشکاری
- زاویه الکترود خیلی به سطح اتصال متمایل بوده است
- سرباره با ویسکوزیته زیاد

۳ آخال‌های سرباره (Slag inclusion)

تعریف: به هر ماده غیرفلزی که در یک اتصال جوش باقی بماند، آخال‌های سرباره می‌گویند. این آخال‌ها می‌توانند در مقطع جوش نقاط ضعیفی ایجاد کنند. آخال‌های سرباره استحکام سطح مقطع جوش را کاهش داده و یک منطقه مستعد ترک ایجاد می‌کنند.

علت:

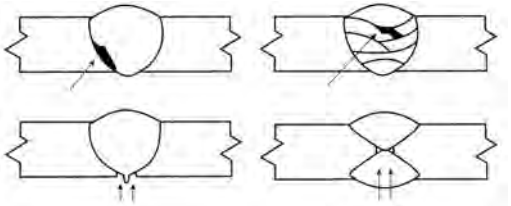


- پاک نشدن مناسب سرباره از پاس‌های قبلی
- آمپراژ ناکافی
- زاویه یا اندازه نادرست الکترود
- آماده‌سازی نادرست.

۴ ذوب ناقص (Lack of fusion, LOF)

تعریف: عدم اتصال بین فلز جوش و فلز پایه یا بین لایه‌های جوش که اتصال جوش را ضعیف کرده و یک منطقه مستعد ایجاد ترک خستگی ایجاد می‌شود.

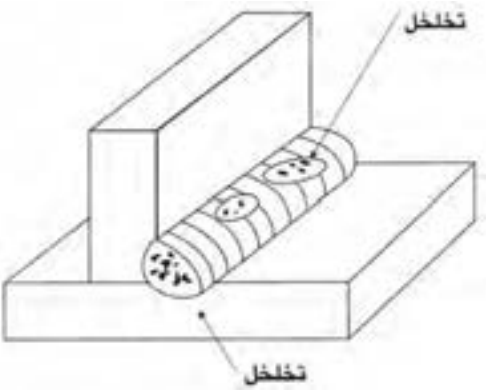
علت:



- استفاده از الکترودهای کوچک برای فولاد ضخیم و سرد
- آمپراژ ناکافی
- زاویه الکترود نامناسب
- سرعت حرکت بسیار زیاد جوشکاری
- سطح آلوده (پوسته نورد، لکه، روغن و ...)

۵ تخلخل (Porosity)

تعریف: تخلخل سوراخ یا حفره‌ای است که به صورت داخلی یا خارجی در جوش دیده می‌شود که به نام‌های «مک لوله‌ای»، «مک سطحی» یا «سوراخ‌های کرمی» نیز شناخته می‌شود که موجب



کاهش استحکام اتصال جوشی می‌شود. تخلخل سطحی به اتمسفر خورنده اجازه می‌دهد که فلز جوش را مورد حمله قرار دهد و موجب خوردگی آن شود.

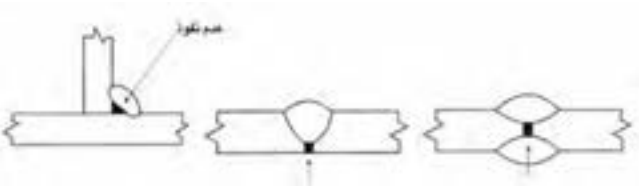
علت:

- سطح فلز پایه مرطوب و یا آلوده مثل آلودگی‌های روغن، غبار، لکه یا زنگار
- مرطوب بودن و یا شکستگی روپوش الکترود
- محافظت گازی ناکافی از قوس الکتریکی و حوضچه مذاب
- وجود مقادیر بالای گوگرد و فسفر در فلزات پایه.

۶ عدم نفوذ (نفوذ ناقص) (Lack of penetration, LOP)

تعریف: عدم نفوذ کامل فلز جوش در ریشه اتصال که موجب ضعف اتصال جوشی و ایجاد یک منطقه مستعد ترک خستگی می‌شود.

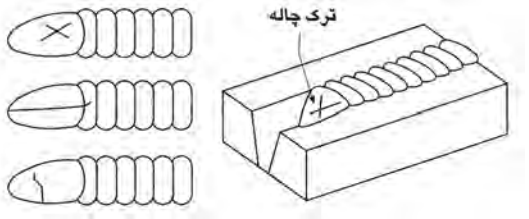
علت:



- آمپراژ بسیار پایین
- فاصله ریشه ناکافی
- استفاده از الکترود با قطر بالا در پاس ریشه
- سرعت حرکت زیاد جوشکاری

۷ چاله جوش (Crater)

چاله جوش، حوضچه‌هایی است که در انتهای جوش اتفاق می‌افتد و با ترک‌هایی از مرکز حوضچه به اطراف همراه است که گاهی به این ترک، ترک ستاره‌ای نیز گفته می‌شود. ترک چاله جوش، ترک انقباضی بوده و معمولاً از قطع ناگهانی قوس ناشی می‌شود. ترک چاله جوش معمولاً به سه صورت طولی، عرضی و ستاره‌ای دیده می‌شود.



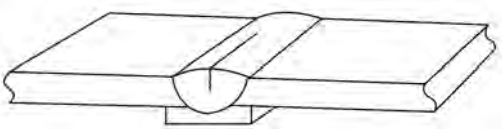
۸ پاشش (ترشح) یا جرقه زیاد (Spatter)

تعریف: قطرات مذاب که از منطقه قوس به اطراف پراکنده می‌شوند و در صورت قرار گرفتن در محل درز جوش می‌تواند باعث عدم ذوب فلز پایه شوند.

علت:

- آمپراژ زیاد
- طول قوس بلند
- استفاده از الکترود مرطوب
- وزش قوس.

۹ ترک در جوش (Crack)

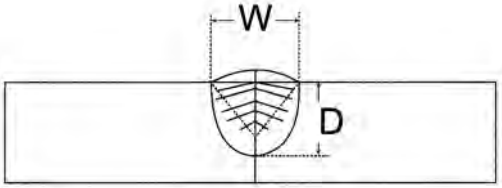


ترک مرکزی ناشی از جدایش و تفکیک

منظور از ترک، پدیده‌ای است که در اثر عواملی مانند انجماد سریع (ترد شدن منطقه جوش) و تنش‌های داخلی ناشی از انقباض جوش، ایجاد می‌شود. ترک‌ها از نظر زمان ایجاد به دو نوع ترک گرم و ترک سرد تقسیم‌بندی می‌شوند. ترک‌های گرم، ترک‌هایی هستند که در دماهای بالا رخ می‌دهند و ترک‌های سرد ترک‌هایی هستند که بعد از اینکه جوش به دمای محیط رسید، رخ می‌دهد. بیشتر ترک‌ها در اثر تنش‌های کششی ناشی از انقباض جوش ایجاد می‌شوند.

■ **الف) ترک به صورت خط مرکزی (طولی):** علت ترک مرکزی یکی از سه پدیده زیر است:

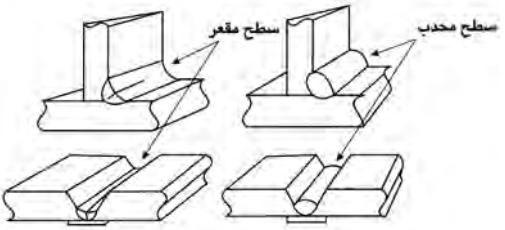
الف) ۱ ترکی که ناشی از جدایش و تفکیک است: ناخالصی‌هایی نظیر گوگرد، فسفر، روی، مس و قلع در فلز جوش یا فلز پایه می‌توانند با آهن ترکیباتی با نقطه ذوب پایین تشکیل دهند و در حین سرد شدن جوش به وسط جوش هدایت شده و باعث جدایش و در نتیجه ترک در مرکز جوش شود.



ترک مرکزی مربوط به شکل گرده جوش

۲ ترکی که مربوط به شکل گرده جوش است: این نوع ترک بیشتر در جوش‌های تک‌پاسه اتفاق می‌افتد. اگر یک پاس جوش دارای عمق بیشتری نسبت به عرض آن باشد و یا اینکه پهنای جوش زیاد ولی عمق نفوذ خیلی کم باشد، این نوع ترک اتفاق می‌افتد. توصیه می‌شود که نسبت پهنای جوش به عمق آن ۱ به ۱ یا ۱/۴ به ۱ باشد تا از ایجاد این ترک جلوگیری شود.

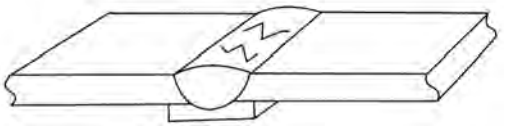
۳ ترکی که مربوط به شرایط سطحی جوش است: اگر جوش‌هایی با سطح مقعر ایجاد شود، تنش‌های ناشی از انقباض‌های داخلی کم می شود که سطح جوش تحت کشش قرار گرفته و موجب ایجاد ترک در خط مرکزی شود.



ترک مرکزی مربوط به شرایط سطحی جوش

ب) ترک عرضی: ترک عرضی، ترک متقاطع نیز نامیده می‌شود. ترکی است که در جهت عمود بر طول جوش ایجاد می‌شود. این نوع ترک، از انواعی است که اغلب در جوشکاری با آن مواجه می‌شویم و معمولاً در جوشی که دارای استحکام بالاتری در مقایسه با فلز پایه باشد و دارای چقرمگی کمی است دیده می‌شود. این نوع ترک با نفوذ زیادهیدروژن به منطقه جوش و افزایش تنش‌های پسماند و سرد شدن سریع جوش، تشدید می‌شود.

ج) ترک منطقه متأثر از حرارت جوش: این نوع ترک به صورت طولی در کنار نوار جوش روی فلز پایه اتفاق



ترک عرضی

می‌افتد و زمانی رخ می‌دهد که سه شرط زیر در محل اتصال برقرار باشد:
۱ـ نفوذ هیدروژن زیاد در منطقه جوش، ۲ـ افزایش تنش‌های پسماند، ۳ـ ترد شدن منطقه جوش (در اثر سرد شدن سریع جوش، وجود کربن زیاد در فلز پایه).

سطح مقطع کابل متناسب با شدت جریان مصرفی

شدت جریان حداکثر (آمپر)	سطح مقطع کابل (میلی‌متر مربع)
۲۰۰	۲۵
۳۰۰	۵۰
۴۵۰	۷۰
۶۰۰	۹۵

نمونه فرم مشخصات فنی روند جوشکاری

ملاک اجرای عملیات جوشکاری دستورالعمل جوش (WPS) است. یک بازرس می‌تواند دستورالعمل جوشکاری (WPS) مربوط به سازه فلزی موردنظر را تهیه و تدوین کند یا اینکه دستورالعمل جوشکاری توسط یک مهندس جوش تدوین و تأیید شده باشد و بازرس با در دست داشتن دستورالعمل مربوطه تمامی بندهای دستورالعمل را در شروع کار به اپراتور و کارشناسان پروژه توضیح داده و سپس مطابق آن کنترل‌های لازم را اعمال نماید.

مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)

پیش‌نویس ☐ با آزمایش تأیید صلاحیت شده ☐

نام شرکت: ..... تهیه‌کننده: ..... تاریخ: ..... شماره: .....

نام پروژه: ..... تأییدکننده: ..... تاریخ: .....

فرایند جوشکاری: ..... جوشکاری دستی ☐ جوشکاری ماشینی ☐

شماره PQR پشتیبان: ..... جوشکاری نیمه‌خودکار ☐ جوشکاری خودکار ☐

ساختار اتصال

نوع اتصال: ..... جوش یکطرفه ☐ جوش دوطرفه ☐

پشتبند دارد ☐ ندارد ☐

نوع مواد پشتبند: .....

تخلیه جوش از پشت انجام می‌شود ☐ نمی‌شود ☐

روش تخلیه جوش از پشت: .....

اندازه شکاف ریشه: ..... اندازه پیشانی ریشه: .....

زاویه شیار: ..... شعاع شیار (J/U‌های و نیم‌J/U‌های): .....

وضعیت جوشکاری

شماره: ..... گوشه: .....

وضعیت جوشکاری عمودی: سربالا ☐ سرازیر ☐

مشخصه‌های الکتریکی

نوع جریان: .....

AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐

مشخصات فلز پایه

مشخصات فلز پایه: .....

نوع و رده فولاد: .....

ضخامت فلز پایه: .....

تکنیک جوشکاری

جوش مستقیم ☐ جوش حلالی ☐ جوش زنجیری ☐

جوش یک پاسه ☐ چندپاسه ☐

تعداد الکترودها: ..... روش تمیزکاری بین پاس‌ها: .....

مشخصات فلز پرکننده

مشخصات الکترود مصرفی: .....

رده‌بندی الکترود: .....

نوع روکش: .....

پیش‌گرمایش

حداقل درجه حرارت پیش‌گرمایش: .....

و درجه حرارت بین عبورها: .....

حداکثر: .....

روند جوشکاری

جزئیات اتصال	سرعت حرکت	ولتاژ	جریان: آمپر	جریان: نوع و قطبیت	فلز پرکننده: قطر	فلز پرکننده: رده‌بندی	فرایند	شماره عبور

الف) حداقل اندازه و بعد جوش شیاری

در جوش شیاری نفوذ کامل معادل ضخامت ورق نازک‌تر و در جوش شیاری با نفوذ نسبی تحت شرایط زیر قابل‌قبول است:

ضخامت ورق (میلی‌متر)	بعد جوش (میلی‌متر)
۳ ـ ۵	۲
۵ ـ ۶	۳
۶ ـ ۱۲	۵
۱۲ ـ ۲۰	۶
۲۰ ـ ۳۸	۸
۳۸ ـ ۵۷	۱۰

شکل ۳ـ ابزار اندازه‌گیری بعد جوش

ب) بازرسی بعد و اندازه جوش گوشه

۱ بعد مؤثر گلوی جوش گوشه، کوتاه‌ترین فاصله از ریشه تا سطح هندسی تئوریک مقطع جوش است. در شکل‌های ۵ ـ ۱۴ تا ۵ ـ ۱۶ گلوی مؤثر در چندین حالت نشان داده شده است.

۲ حداکثر اندازه جوش گوشه در صورتی که ضخامت قطعه مساوی یا کوچک‌تر از ۷ میلی‌متر است، مساوی ضخامت قطعه می‌باشد.

۳ درصورتی که ضخامت قطعه بزرگ‌تر از ۷ میلی‌متر باشد، حداکثر اندازه جوش گوشه ۲میلی‌متر کوچک‌تر از ضخامت قطعه است.

حداقل اندازه جوش گوشه طبق استاندارد:

ضخامت ورق (میلی‌متر)	بعد جوش (میلی‌متر)
کمتر یا مساوی ۶	۳
۶ ـ ۱۲	۵
۱۲ ـ ۲۰	۶
بزرگ‌تر از ۲۰	۸

ج) جوش انگشتانه و کام

۱ حداقل قطر سوراخ جوش انگشتانه نباید کمتر از ضخامت ورق به علاوه ۸ میلی‌متر باشد. حداکثر قطر مساوی حداقل قطر به علاوه ۳ میلی‌متر است.

۲ حداقل فاصله مرکز به مرکز سوراخ‌های جوش انگشتانه ۴ برابر قطر سوراخ می‌باشد.

۳ طول شکاف جوش کام نباید بیش از ۱۰ برابر ضخامت ورقی باشد که در آن ایجاد می‌شود. عرض شکاف نباید کمتر از ضخامت ورق به‌علاوه ۸ میلی‌متر باشد. حداکثر عرض مساوی، حداقل عرض به علاوه ۳ میلی‌متر است.

۴ انتهای شکاف باید به صورت نیم‌دایره و یا در صورت گوشه‌دار بودن، دارای گردی با شعاع حداقل ضخامت ورق باشد.

۵ حداقل فاصله محور به محور شکاف‌ها در امتداد عرضی، چهار برابر عرض شکاف و حداقل فاصله مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد طولی، مساوی دو برابر طول شکاف است.

۶ در صورتی که ضخامت ورق مساوی و یا کوچک‌تر از ۱۶ میلی‌متر باشد تمام ضخامت سوراخ و یا شکاف باید با جوش پر شود. در صورتی که ضخامت ورق بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌متر باشد ضخامت جوش مساوی نصف ضخامت ورق و یا ۱۶ میلی‌متر (هر کدام که بزرگ‌تر است) می‌باشد.

بازرسی پیچیدگی و تغییر شکل‌های ناشی از جوشکاری

یکی از موارد بازرسی بعد از جوشکاری کنترل میزان پیچیدگی در سازه موردنظر است که باید پیچیدگی چه در طول یا عرض و یا پیچیدگی‌های زاویه درحد مجاز طبق استاندارد AWS D1.1 باشد.

بازرسی عملیات پس گرم کردن و تنش‌زدایی

در صورتی که در دستورالعمل جوشکاری انجام عملیات حرارتی الزام شده باشد بازرس باید درجه حرارت و زمان عملیات حرارتی و نحوه سرد شدن و نتایج پس از عملیات حرارتی را بر روی اتصال، کنترل و ثبت نماید.

آزمایش‌های غیرمخرب

این بازرسی‌ها پس از اتمام جوشکاری علاوه‌بر بازرسی چشمی صورت می‌گیرد که شامل آزمایش مایع نافذ PT ذرات مغناطیسی MT و پرتونگاری RT است که به‌طور خلاصه کاربرد و ویژگی هر کدام از روش‌های فوق در زیر آمده است:

الف) بازرسی چشمی (VT)

ب) آزمایش مایع نافذ (PT)

ج) آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)

د) آزمایش فراصوتی (UT)

هـ) آزمایش پرتونگاری (RT)

شکل ۴ـ ابزار بازرسی چشمی

بازرسی چشمی: اولین مرحله در آزمایش یک قطعه، بازرسی چشمی است. بازرس با چشم غیرمسلح فقط عیب‌های نسبتاً بزرگی را که به سطح قطعه می‌رسند نمایان خواهد کرد. با به‌کار بردن لوازمی مثل ذره‌بین و چراغ‌قوه می‌توان کارآیی بازرسی چشمی را افزایش داد. بازرسی چشمی نیازمند دیدی قوی و ورزیده و تجربه طولانی همراه اطلاعات و دانش و حضور ذهن می‌باشد.

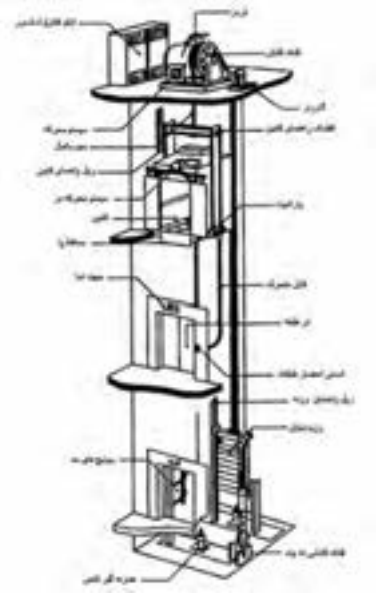
منتخبی از مشخصات کاربردی آسانسورها

آسانسور

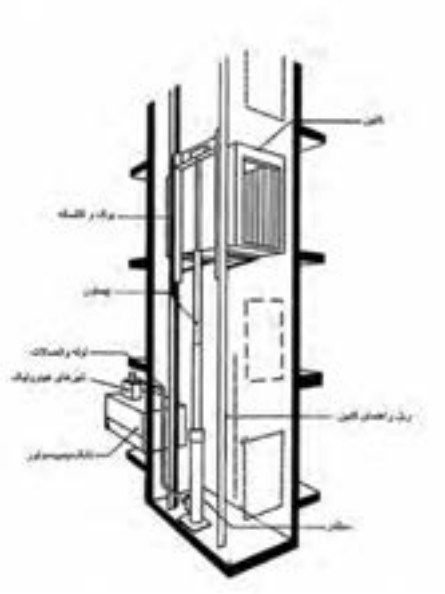
وسیله‌ای است متشکل از کابین و معمولاً وزنه تعادل و اجزای دیگر که با روش‌های مختلفی مسافر (نفر) یا بار یا هر دو را در مسیر بین طبقات ساختمان جابه‌جا می‌کند.

آسانسور کششی: آسانسوری است که حرکت آن بر اثر اصطکاک بین سیم بکسل و شیار فلکه کشش، به‌هنگام چرخش آن، توسط سیستم محرکه انجام می‌شود. (شکل ۵)

آسانسور هیدرولیکی: در این نوع آسانسور عامل حرکت کابین، سیلندر و پیستون هیدرولیکی است و ممکن است وزنه تعادل نیز داشته باشد و معمولاً برای ارتفاعات کم و سرعت‌های کم کاربرد دارد. (شکل ۶)



شکل ۵ـ آسانسور کششی



شکل ۶ـ آسانسور هیدرولیکی

بالاسری
فاصله قائم بین کف بالاترین توقف تا زیر سقف چاه آسانسور را بالاسری گویند. این فاصله برای جلوگیری از برخورد تعمیرکاران یا اجزای فوقانی کابین با سقف چاه پیش‌بینی می‌شود و اندازه آن متناسب با نوع و سرعت آسانسور از جدول‌های استاندارد به‌دست می‌آید.

تابلو کنترل آسانسور
مجموعه‌ای شامل مدارهای فرمان و قدرت که وظیفه کنترل حرکت کابین و پاسخگویی به احضار را به‌عهده دارد. قسمت فرمان در انواع قدیمی از رله‌های متعدد و در انواع جدید عموماً از ریزپردازنده‌ها و سایر قطعات الکترونیکی ساخته می‌شود.

تراز طبقه شدن
منظور هم‌تراز شدن کف کابین با کف تمام شده طبقه در محل ورودی به آسانسور است.

سیستم اضافه بار
در برخی آسانسورها برای جلوگیری از اضافه بار حسگری را به شیوه‌های مختلف تعبیه می‌کنند تا هنگام سوار شدن مسافر یا گذاشتن بار بیش از ظرفیت پیش‌بینی شده در کابین، ضمن اعلام خبر از حرکت آسانسور تا تخلیه بار اضافی جلوگیری شود.

سیستم ترمز ایمنی (سیستم پاراشوت)
سیستم مکانیکی که ترجیحاً در قسمت زیرین یا بالای چهارچوب (یوک) کابین و وزنه تعادل (در صورت لزوم) قرار می‌گیرد و در مواقع اضطراری با افزایش غیرعادی سرعت، فعال شده و سبب توقف کابین یا وزنه تعادل به‌وسیله قفل شدن کابین یا وزنه تعادل به ریل‌ها می‌شود، ترمزهای ایمنی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- آنی یا لحظه‌ای برای سرعت‌های تا ۰/۶۳ متر بر ثانیه
- آنی با ضربه‌گیر برای سرعت‌های تا ۱ متر بر ثانیه
- تدریجی برای سرعت‌هایی که بیشتر یا مساوی یک متر بر ثانیه می‌باشند.

چاه: فضایی است که ریل‌ها و برخی تجهیزات آسانسور در آن نصب می‌شوند و کابین و وزنه تعادل در این مکان حرکت می‌نمایند. معمولاً با دیوارها، درهای طبقات و درها و دریچه‌های اضطراری محصور می‌گردد، در آسانسورهای نما باز قسمتی از دیوارها ممکن است محصور نباشد.

چاهک
فاصله قائم بین کف پایین‌ترین توقف تا کف چاه آسانسور (به ابعاد چاه آسانسور) را چاهک می‌گویند. این اندازه مانند بالاسری از اهمیت زیادی برخوردار است و از جدول‌های استاندارد، متناسب با نوع و سرعت آسانسور انتخاب می‌شود.

درهای طبقات
درهایی هستند که در محل ورودی طبقات به کابین قرار می‌گیرند، درهای طبقات انواع مختلف دارند مانند درهای تلسکوپی (یک طرف بازشو)، درهای سانترال (وسط بازشو)، درهای آکاردئونی، درهای لولایی و ... انتخاب نوع و اندازه بازشوی درهای طبقات متناسب با نوع کاربری و مطابق با استانداردها و ضوابط مربوط صورت می‌گیرد.

درب کابین
دری است که در ورودی کابین قرار گرفته و معمولاً به‌طور خودکار باز و بسته می‌شود. سیستم محرکه باز و بسته کردن درهای خودکار طبقات معمولاً روی درب کابین وجود دارد و هنگامی که در طبقه موردنظر توقف می‌کند هم‌زمان با باز شدن یا بسته شدن درب کابین، درب خودکار طبقه نیز باز یا بسته می‌شود.

ریل‌های راهنما

اجزای فلزی با مقطع T هستند که برای هدایت کابین یا وزنه تعادل (در صورت وجود) به‌کار می‌روند.

زنجیر جبران (سیم بکسل جبران)

در ساختمان‌های مرتفع وقتی که کابین در بالا و یا پایین‌ترین طبقه قرار می‌گیرد مجموع وزن سیم بکسل‌ها که مقدار قابل ملاحظه‌ای است به یک سمت فلکه کششی منتقل می‌شود و مشکلاتی مانند سرخوردن روی فلکه کشش، گرم شدن موتور، مصرف انرژی زیاد را به‌وجود می‌آورد. برای جلوگیری از این موارد، سیم بکسل یا زنجیری، هم‌وزن سیم بکسل‌ها، از تیر پایین یوک کابین به تیر پایین وزنه تعادل متصل می شود که اضافه وزن به‌وجود آمده به‌وسیله سیم بکسل‌ها را جبران نماید و به آن سیم بکسل یا زنجیر جبران می‌گویند.

سرعت نامی

حداکثر سرعت کابین هنگام حرکت عادی را سرعت نامی می‌گویند.

سیستم‌های فراخوانی آسانسور

نحوه پاسخ به احضار مسافرین در آسانسور با توجه به نوع کاربری ساختمان می‌تواند متفاوت باشد و انتخاب صحیح سیستم کنترل اهمیت زیادی دارد.

انواع مرسوم سیستم‌های فراخوانی به شرح زیر می‌باشد:

۱ **ساده (پوش با تن):** در این نوع، آسانسور به اولین احضار پاسخ داده و تا انجام این فرمان، احضارهای بعدی بی‌تأثیر است. این سیستم که ساده‌ترین است برای مکان‌های کم ترافیک، آسانسورهای باربر و بیماربر (مخصوص حمل تخت یا برانکارد) با تعداد طبقات کم مناسب است. دکمه احضار در طبقات، تکی است.

۲ **جمع کن روبه پایین (کالکتیودان):** در این نوع، آسانسور در حین حرکت از بالا به پایین به کلیه احضارها پاسخ می‌دهد و برای ساختمان‌های مسکونی و پرجمعیت و ساختمان‌های اداری که در طبقات آن شرکت‌های مستقل از هم قرار دارند و کم ترافیک هستند مناسب می‌باشد، دکمه احضار در طبقات، تکی است.

۳ **جمع کن روبه بالا (کالکتیوآپ):** شبیه جمع‌کن روبه پایین است و به احضارهای از پایین به بالا پاسخ می‌دهد و برای ساختمان‌های کم ترافیک که طبقه اصلی در بالا و سایر طبقات در پایین است مناسب می‌باشد. دکمه احضار در طبقات، تکی است.

۴ **جمع کن انتخابی (کالکتیو سلکتیو):** در این نوع، آسانسور به احضارهای در جهت حرکت کابین پاسخ داده و در نتیجه از توقف‌های غیرضروری در پاسخ به احضارهایی که خلاف جهت حرکت کابین است جلوگیری به‌عمل می‌آید. در هر طبقه دو دکمه با علامت بالا و پایین (به‌غیر از طبقات انتهایی بالا و پایین که یک دکمه می‌باشد)، وجود دارد. این نوع کنترل برای ساختمان‌های اداری پر ترافیک توصیه می‌شود.

۵ **فراخوانی گروهی:** اگر کنترل به صورت دوتایی، سه‌تایی یا بیشتر باشد دو، سه یا چند آسانسور با یک فرمان کنترل شده و نزدیک‌ترین کابین هم‌جهت به احضار پاسخ می‌دهد. در این سیستم زمان انتظار مسافرین حداقل خواهد بود و برای برج‌های مرتفع، هتل‌ها و مؤسسات بزرگ که از چند دستگاه آسانسور نزدیک به‌هم استفاده می‌نمایند مناسب می‌باشد.

سطح مفید کابین

سطح مفیدی است که برای ایستادن مسافر و یا گذاشتن بار به‌کار گرفته می‌شود و مقدار آن متناسب با ظرفیت بار یا مسافر محاسبه می‌شود.

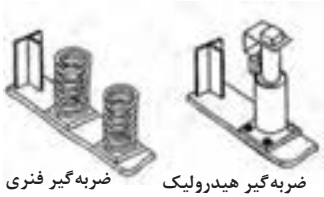
شیر اطمینان

شیر هیدرولیکی است که هنگام سقوط یا افزایش ناگهانی سرعت در آسانسورهای هیدرولیک به‌کار می‌رود و هنگام افزایش جریان روغن بیش از حد مجاز، بسته شده و از سقوط یا افزایش سرعت کابین جلوگیری می‌نماید.

ضربه‌گیر (بافر)

وسیله‌ای ارتجاعی است که برای جلوگیری از اصابت کنترل نشده کابین و یا وزنه تعادل به کف چاهک به‌کار می‌رود و طوری طراحی و انتخاب می‌شود که قسمتی از انرژی جنبشی کابین را مستهلک کند. ضربه‌گیر لاستیکی تا سرعت یک متر در ثانیه ضربه‌گیر فنر حلقوی تا سرعت ۱/۶ متر بر ثانیه و ضربه‌گیر هیدرولیک برای هر سرعتی قابل استفاده است. (شکل ۷)

باید توجه داشت که ضربه‌گیر برای متوقف کردن کابین در سقوط آزاد طراحی نشده است.



شکل ۷ـ ضربه‌گیر (بافر)

طبقه اصلی ورودی

منظور طبقه‌ای است که ورودی افراد پیاده به ساختمان از آن طریق انجام می‌شود و معمولاً هم‌تراز خیابان است. چنانچه در ساختمانی دسترسی‌های اصلی مختلفی به یک آسانسور وجود داشته باشد پایین‌ترین آنها طبقه اصلی محسوب می‌شود.

طول مسیر حرکت

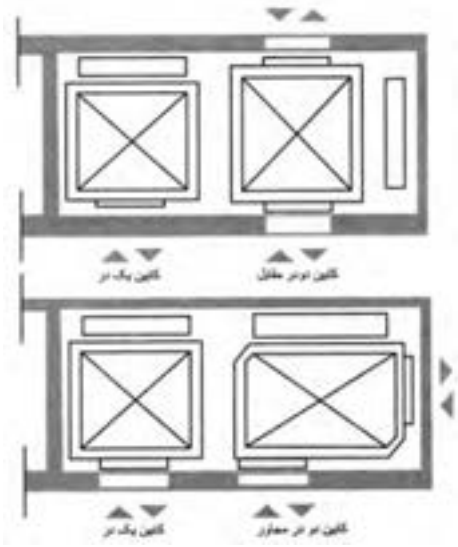
ارتفاع بین کف طبقه اصلی و ورودی تا کف بالاترین طبقه توقف آسانسور طول مسیر حرکت نامیده می‌شود.

کابین

جزئی از آسانسور است که مسافر، بار یا هر دو را در خود جای می‌دهد. کابین دارای کف برای ایستادن، دیوارهایی برای حفاظت مسافرین یا بار، سقف و معمولاً دارای در می‌باشد.

کابین دو در

کابینی است که دو در دارد، در صورتی که این دو در، در دو ضلع روبه‌رو باشند کابین دو در روبه‌رو و در صورتی که در دو ضلع مجاور باشند کابین دو در مجاور نامیده می‌شود (شکل ۸)



شکل ۸ـ پلان

کلید آتش‌نشان

کلیدی است که در مواقع ضروری، توسط آتش‌نشان فعال شده و کنترل آسانسور فقط توسط آتش‌نشان (راهبر داخل کابین) صورت می‌گیرد و به سایر احضارها پاسخ داده نمی‌شود تا کارآیی آسانسور با حذف توقف‌های غیرضروری بیشتر شود.

کنترل‌کننده مکانیکی سرعت (گاورنر)

وسیله‌ای مکانیکی است که از طریق سیم بکسل یا زنجیر به سیستم ترمز ایمنی (پاراشوت) کابین یا وزنه تعادل (در صورت وجود) وصل است تا در موقع افزایش سرعت از حد تعیین‌شده توسط استانداردهای معتبر قفل کرده و ضمن فرمان قطع برق موتور آسانسور، سیستم ترمز ایمنی را فعال نماید.

موتورخانه

فضایی است که موتور گیربکس یا سیستم رانش آسانسور و تابلو کنترل و غیره را در خود جای می‌دهد و ابعاد آن به‌ازای ظرفیت‌های مختلف در جدول‌های استاندارد قید شده است. در برخی سیستم‌ها موتورخانه در بالا یا کنار چاه آسانسور حذف و سیستم رانش آسانسور به داخل چاه آسانسور منتقل شده است.

نگهدارنده ریل‌ها

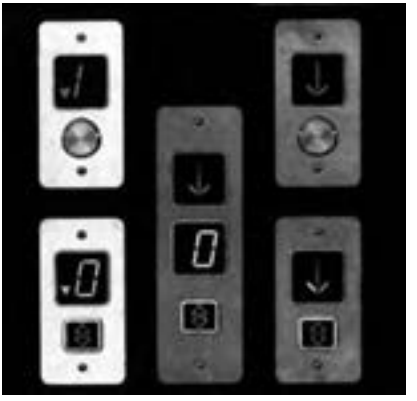
رابطی است که ریل‌ها را به سازه و دیواره چاه آسانسور متصل می‌کند و برای اتصال آن از بست مخصوص و پیچ‌ومهره استفاده می‌شود.

وزنه تعادل

وزنه یا ترکیبی از وزنه‌ها است که برای متعادل کردن وزن کابین و بخشی از ظرفیت آسانسور به‌کار می‌رود.

یوک کابین

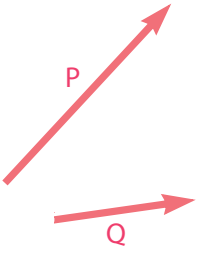
قاب نگهدارنده‌ای است که کف کابین، ترمزهای ایمنی، کفشک‌ها و سیم بکسل‌ها به آن متصل می‌شوند.



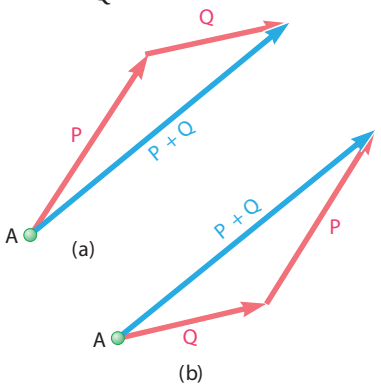
شکل ۹ــ انواعی از پوش‌پاتن

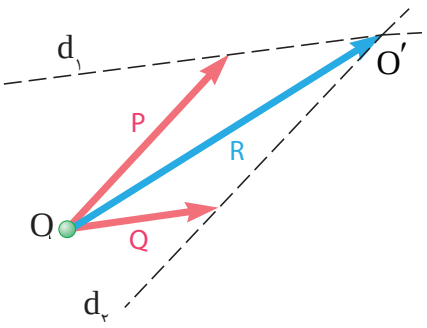
شکل ۱۰ــ تصاویری از بالابر معلولین

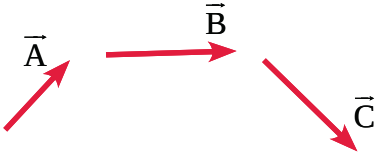
شکل ۱۱ــ تصویری از آسانسور اکسپوز

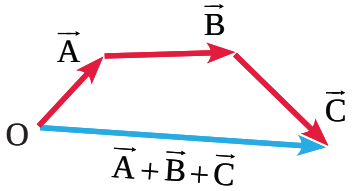


$\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q}$

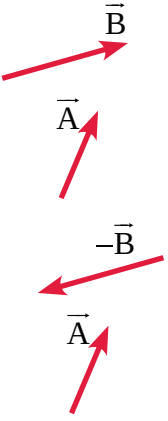


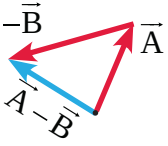




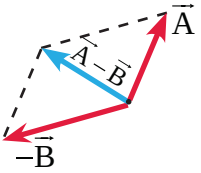


$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$

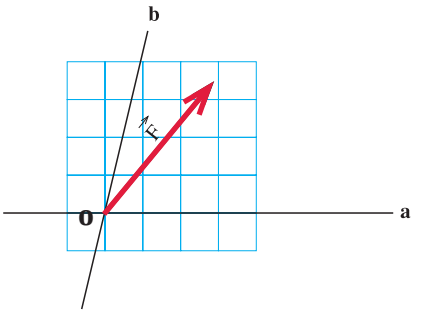


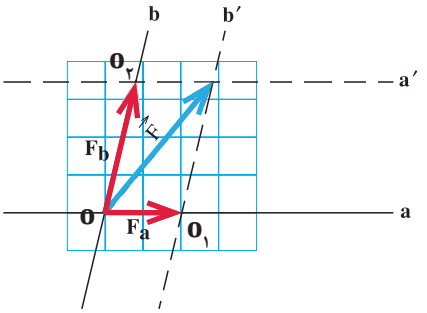


تفاضل بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{B}$ به روش مثلث

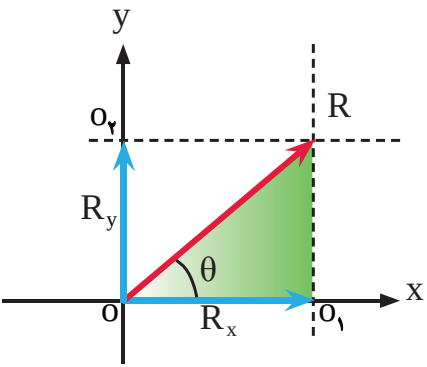


تفاضل بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{B}$ به روش متوازی‌الاضلاع





اندازه یا مقدار مؤلفه‌های R_x و R_y با استفاده از روابط مثلثاتی در مثلث رنگ شدهٔ شکل روبه‌رو به شکل زیر محاسبه می‌شوند:

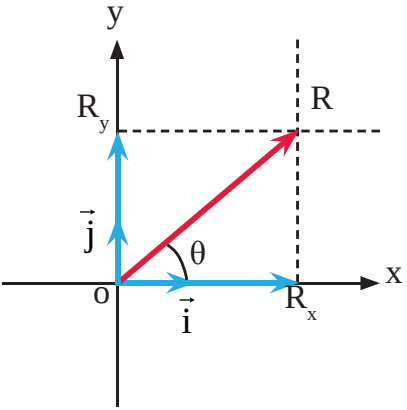


$$\cos\theta = \frac{R_x}{R} \Rightarrow \quad R_x = R.\cos\theta$$

$$\sin\theta = \frac{R_y}{R} \Rightarrow \quad R_y = R.\sin\theta$$

نمایش برداری یک بردار در دستگاه مختصات دکارتی

$$\vec{R} = R_x\vec{i} + R_y\vec{j}$$



که در رابطهٔ فوق R_x مؤلفهٔ $\vec{R}$ روی محور x و R_y مؤلفهٔ $\vec{R}$ روی محور y می‌باشد.

مقدار گشتاور حول یک محور عبارت است از حاصل ضرب نیرو (F) در کوتاه‌ترین فاصله نیرو یا امتداد آن تا محور موردنظر (d). گشتاور را با M نمایش می‌دهند و رابطهٔ آن به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$M = F.d$$

شرط تعادل نقطه مادی آن است که برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد یعنی:

$$\Sigma\vec{F} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \Sigma\vec{F}_x = 0 \\ \Sigma\vec{F}_y = 0 \end{cases}$$

شرایط تعادل جسم صلب عبارت است از:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum M = 0 \end{cases}$$

مراحل تحلیل خرپا در این روش عبارت است از:

۱ محاسبه عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی ←
۲ ترسیم پیکر آزاد هر گره ←
۳ اعمال شرایط تعادل هر گره (نقطهٔ مادی) یعنی: $\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$ ←
۴ حل معادلات تشکیل‌شده و محاسبهٔ مجهولات موردنظر

گشتاور اول سطح (ممان استاتیک)

حاصل ضرب مساحت در فاصلهٔ مرکز آن تا محور موردنظر.

گشتاور اول (ممان استاتیک) سطوح مرکب

$$Q_x = \sum_{i=1}^{n} A_i \bar{y}_i$$

$$Q_y = \sum_{i=1}^{n} A_i \bar{x}_i$$

مرکز سطح سطوح مرکب

$$\bar{X} = \frac{\sum A_i \bar{x}_i}{\sum A_i}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i \bar{y}_i}{\sum A_i}$$

ممان اینرسی یک سطح نسبت به محورهایی که موازی با محورهای مرکزی آن سطح می‌باشند، برابر است با ممان اینرسی آن سطح نسبت به محورهای مرکزی به اضافه حاصل‌ضرب مساحت در مجذور فاصله محور موردنظر تا مرکز سطح.

یعنی:

$$I_X = I_{X_G} + Ad_1^2$$

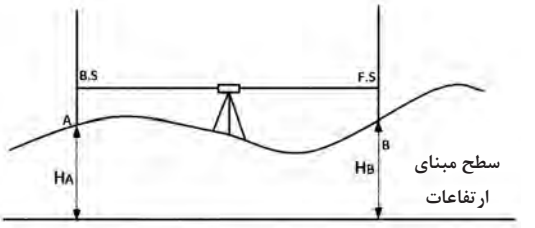
$$I_Y = I_{y_G} + Ad_2^2$$

$H_B + F.S = H_A + B.S$

$H_B - H_A = B.S - F.S$

$\Delta H_{AB} = B.S - F.S$

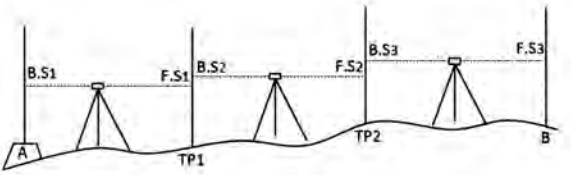
$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$



شکل ترازیابی هندسی

$\Delta H_{AB} = \sum B.S - \sum F.S$

$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$

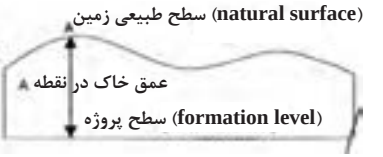


شکل ترازیابی تدریجی

ارتفاع پروژه – ارتفاع زمین = عمق خاک

یا

hi=Hi-Hp



به عبارتی حجم کل از رابطهٔ تعمیم یافتهٔ زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$V = A \times 1/4 \ (\sum h1 + 2\sum h2 + 3\sum h3 + 4\sum h4) + \sum R$

$\sum h1$: مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترک‌اند.

$\sum h2$: مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترک‌اند.

$\sum h3$: مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترک‌اند.

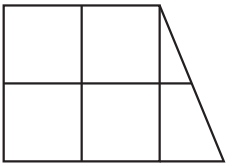
$\sum h4$: مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترک‌اند.

$\sum R$: مجموع حجم‌های اشکال مثلثی و ذوزنقه‌ای شکل.

$V_{\text{مثلث}} = A \times (h1+h2+h3) / 3$

$V_{\text{ذوزنقه}} = A \times (h1+h2+h3+h4) / 4$

که در این حالت باید ابتدا مساحت (A) هر مثلث و یا ذوزنقه را از روی اضلاع زمینی دقیقاً محاسبه نموده و در روابط بالا قرار داد.



(اختلاف ارتفاع دو نقطه)/ (اختلاف ارتفاع نقطه پایین‌تر با ارتفاع منحنی) × فاصله دو نقطه = فاصله منحنی از نقطه ارتفاع پایین‌تر

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به‌دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازیابی

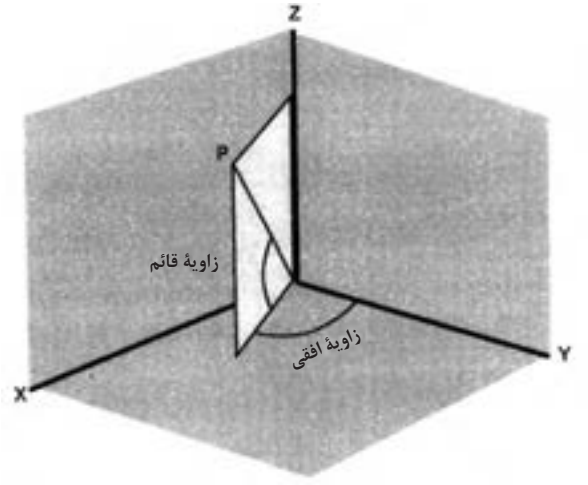
$$e_L = h' - h$$

- مقدار مجاز خطای بست ترازیابی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

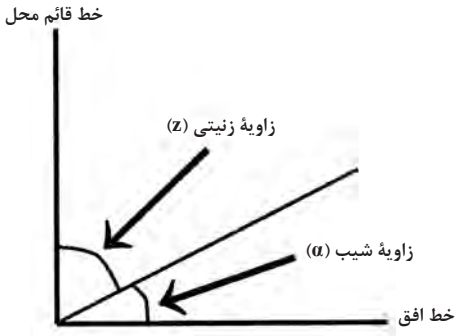
$$e_{max} = ۱۲\sqrt{k}$$

- مقدار تصحیح از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$c = \frac{-e_L}{n}$$



شکل۱۲ــ زاویهٔ افقی و قائم



شکل۱۳ــ زاویهٔ شیب و زنیتی

بین زاویهٔ شیب و زنیتی رابطهٔ زیر برقرار است:

$$Z = ۹۰^\circ - \alpha$$

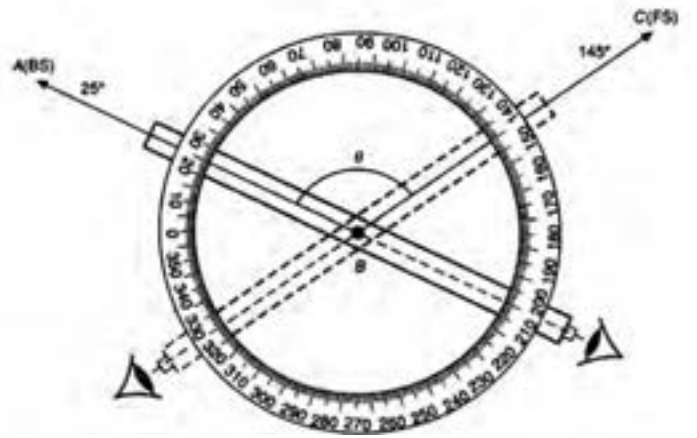
تبدیل واحدها

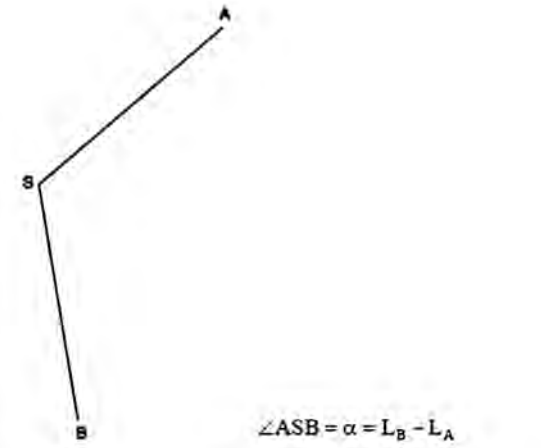
بین واحدهای زاویه رابطهٔ زیر برقرار می‌باشد که از آن می‌توان برای تبدیل آنها به‌هم استفاده نمود.

$$\frac{D}{۳۶۰}=\frac{G}{۴۰۰}=\frac{R}{۲\pi}\Rightarrow\frac{D}{۱۸۰}=\frac{G}{۲۰۰}=\frac{R}{\pi}$$

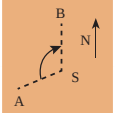
$$\frac{D}{۹}=\frac{G}{۱۰}$$

که در آن D، G و R به‌ترتیب مقادیر عددی زاویه برحسب درجه، گراد و رادیان می‌باشد.





محاسبهٔ زاویهٔ افقی به روش کوپل

ایستگاه	نقاط نشانه‌روی	حالت دایره به چپ	حالت دایره به راست	میانگین	زاویه	کروکی
S	A	L_A	R_A	$X=\frac{L_A+(R_A\pm۲۰۰)}{۲}$	$\angle ASB=Y-X$	
	B	L_B	R_B	$Y=\frac{L_B+(R_B\pm۲۰۰)}{۲}$		

اندازه‌گیری زاویهٔ قائم به روش کوپل

$$Z_{OA}=\frac{ZL+(۳۶۰-ZR)}{۲}$$

- در استادیمتری از رابطهٔ زیر برای محاسبهٔ فاصلهٔ افقی استفاده می‌شود:

$$D_h=۱۰۰.S.\cos^{۲}\alpha$$

که در آن S همان اختلاف بین اعداد تار بالا و تار پایین می‌باشد و α زاویهٔ شیب امتداد خطِ نشانه‌روی دوربین است.

- در روش پارالاکتیک از رابطهٔ زیر فاصلهٔ افقی را می‌توان محاسبه کرد:

$$D_h=\frac{L}{۲}\cot(\frac{\alpha}{۲})$$

که در آن L طولِ شاخص پارالاکتیک و α زاویه افقی دو سر شاخص پارالاکتیک می‌باشد.

- درصورتی که ژیزمان امتدادی چون AB معلوم فرض شود (G_{AB}) ژیزمان معکوس آن را به‌صورت ژیزمان BA خوانده و به شکل (G_{BA}) نشان می‌دهیم که مقدار آن از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$G_{BA}=G_{AB}\pm ۱۸۰^\circ$$

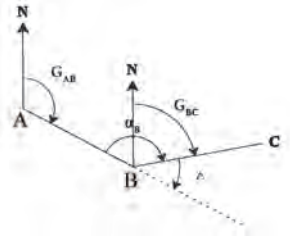
که در این رابطه، چنانچه G_{AB} کوچک‌تر از ۱۸۰° باشد، از علامت + و درصورتی‌که G_{AB} مساوی و یا بزرگ‌تر از ۱۸۰° باشد، از علامت - استفاده می‌شود.

- به کوچک‌ترین زاویه‌ای که هر امتداد با محور Yها می‌سازد، زاویهٔ حامل آن امتداد می‌گویند که با V نمایش داده می‌شود. برای محاسبهٔ زاویهٔ حامل از رابطهٔ روبه‌رو استفاده می‌شود:

$$V_{AB}=\tan^{-۱}\left|\frac{\Delta X_{AB}}{\Delta Y_{AB}}\right|$$

- جدول صفحهٔ بعد ارتباط بین ژیزمان و زاویهٔ حامل را در چهار ربع مختصاتی نشان می‌دهد:

ربع مختصات	رابطهٔ ژیزمان و زاویهٔ حامل
ربع اول	$G_{AB} = V_{AB}$
ربع دوم	$G_{AB} = ۱۸۰^\circ - V_{AB}$
ربع سوم	$G_{AB} = ۱۸۰^\circ + V_{AB}$
ربع چهارم	$G_{AB} = ۳۶۰^\circ - V_{AB}$



■ برای انتقال ژیزمان و به‌عبارتی برای محاسبهٔ ژیزمان یک امتداد از روی ژیزمان امتداد قبل، مطابق شکل زیر کافی است که ابتدا زاویهٔ انحراف Δ را محاسبه کرده وسپس از رابطهٔ زیر مقدار ژیزمان امتداد را مشخص کرد.

معلوم = GAB

$$\left.\begin{array}{l} G_{BC} = G_{AB} - \Delta \\ \Delta = ۱۸۰^\circ \quad (۲۰۰\text{grad}) - \alpha_B \end{array}\right\} G_{BC} = G_{AB} - (۱۸۰^\circ - \alpha_B) = G_{AB} + \alpha_B - ۱۸۰^\circ$$

■ ژیزمان یک امتداد را می‌توان از رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

$G_{\text{امتداد بعدی}} = (G_{\text{امتداد قبلی}} + \text{زاویه به راست رأس}) \pm ۱۸۰^\circ$

■ با استفاده از رابطهٔ زیر می توان ΔX و ΔY کلیهٔ امتدادها را محاسبه کرد:

$$\begin{cases} \Delta X_i = L_i \times \text{Sin}\, G_i \\ \Delta Y_i = L_i \times \text{Cos}\, G_i \end{cases}$$

■ پس از محاسبهٔ ΔX و ΔYها با استفاده از روابط کلی زیر مختصات نقاط رئوس پیمایش را محاسبه می‌کنیم. به‌عنوان مثال برای نقطه B داریم:

$X_B = X_A + \Delta X_{AB}$

$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB}$

■ مجموع زوایای یک چندضلعی در فضای ایده‌آل و بدون خطای ریاضی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

جمع زوایای داخلی = $(n-۲) \times ۱۸۰^\circ$

جمع زوایای خارجی = $(n+۲) \times ۱۸۰^\circ$

■ مقدار خطای بست زاویه‌ای در یک پیمایش بسته از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$e_a = \sum a_i - (n \pm ۲) \times ۱۸۰^\circ$$

■ مقدار مجاز خطای بست زاویه‌ای در یک پیمایش بسته از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$e_{MAX} = \pm ۲/۵ \times d_\alpha \times \sqrt{\frac{n}{m}}$$

■ مقدار تصحیح برای زوایا از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$C = \frac{-e_{\alpha}}{n}$$

■ خطای بست موضعی (خطای بست طولی) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$e_{X,Y} = \sqrt{(\sum \Delta X_i^{2} + \sum \Delta Y_i^{2}}$$

■ خطای نسبی بست (دقت پیمایش) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$e_S = \frac{e_{X,Y}}{\sum L_i}$$

■ تعدیل برای هر ضلع در دو جهت X و Y اعمال می‌شود و مقدار آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases} C_X = \frac{-L_i}{\sum L} \times \sum \Delta X \\ C_Y = \frac{-L_i}{\sum L} \times \sum \Delta Y \end{cases}$$

که با مقادیر ΔX و ΔY جمع شده و مقادیر تعدیل شده آنها به‌دست می‌آید:

ΔX تصحیح‌شده = ΔX تصحیح نشده + C_X

ΔY تصحیح شده = ΔY تصحیح نشده + C_Y

■ در روش تاکئومتری فاصلهٔ افقی و اختلاف ارتفاع از روش روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$D_h = ۱۰۰.S.(\cos \alpha)^{2}$

$\Delta h = ۱۰۰.S.\sin \alpha .\cos \alpha + h_i - T$ $(\Delta h = D_h.\tan \alpha + h_i - T)$