

## تعریف

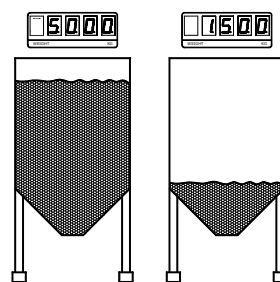
در این مجموعه سیستم‌های توزین مخزن به هر نوع سیستم توزین مخازن، سیلوها، تانک‌ها و یا سیستم‌های بچینگ اطلاق می‌شود. این دفترچه صرفاً جنبه راهنما را داشته و محاسبات الکترونیکی، سازه‌ای و مکانیکی در آن درج نگردیده است.

## اصول توزین

ملاحظات دقیق طراحی باعث رسیدن به یک سیستم توزین دقیق با قابلیت تعمیر و نگهداری و عملکردی خوب خواهد شد. مهمترین اصل در دسته‌بندی سیستم‌های توزین شناخت نحوه به کارگیری سیستم می‌باشد که در انتخاب لودسل مناسب تأثیرگذار است.

## سیستم توزین معمولی

این عنوان به سیستم‌هایی اطلاق می‌گردد که دارای یک صفحه توزین می‌باشند و رنج وسیعی از محصولات از مواد غذایی تا کامیون‌ها به این روش توزین می‌شوند. در این قبیل کارکردها معمولاً چند ثانیه جسم روی صفحه قرار می‌گیرد و سپس برداشته می‌شود. مقدار توزین نیز از صفر شروع می‌شود و به صفر ختم می‌گردد.



در این روش اندازه‌گیری وزن، محاسبه قیمت کالا، مقدار باقی‌مانده و تعداد قطعات می‌توانند هدف نهایی اندازه‌گیری باشد و در این روش به منظور بهبود توزین از قابلیت پارسنگ اتوماتیک پس از هر مرحله توزین استفاده می‌شود.

## سیستم توزین مقدار موجود

از این سیستم‌ها معمولاً برای ذخیره‌سازی بار در ظرف‌ها، مخازن و سیلوها استفاده می‌شود. اگر چه دقت نهایی این سیستمها تقریباً پایین است (حدود ۰/۱ تا ۰/۲۵ درصد) اما می‌بایست از لودسل‌هایی با قابلیت پایداری تحت نیروهای دائمی استفاده نمود. در این سیستم‌ها احتمال اینکه مخزن خالی نشود (وزن صفر نمایش داده نشود)، وجود دارد.

## توزین بچینگ

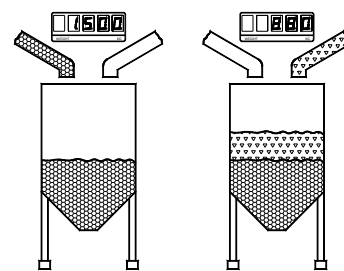
به دو صورت کلی معرفی می‌گردد:

### الف- توزین افزایشی:

این سیستم بیشتر برای مخازن دارای مخلوط‌کن استفاده می‌گردد.

مواد ترکیبی از طریق لوله، ماردون و نقاله به داخل مخزن منتقل می‌شوند و سیستم کنترلی می‌بایست مقادیر تک تک مواد را براساس مقدار موردنیاز (از قبل تعیین شده) و ظرفیت مخزن توزین کند. به‌طور معمول وقتی وزن مخزن و مواد آن به حد نصاب رسید، سیستم وزن کل را صفر می‌کند تا مواد ترکیبی جدید وارد مخزن گردد به این روش به دقت بالاتری می‌توان دست یافت زیرا پس از یک

مدت کوتاه، بارروی سیستم پایدار می‌شود و از آن نقطه به بعد عنصر بعدی اضافه می‌گردد.



در این روش دقت توزین هر بچ از دقت توزین نهایی بالاتر است اما مقدار توزین نهایی نتیجه مجموع توزین‌های هر مرحله می‌باشد و خیلی مستقل از توزین هر مرحله نیست. به عبارت دیگر مقدار توزین هر بچ در این روش نبایستی کمتر از ۲٪ وزن کل باشد تا دقت مطلوب حاصل شود.

برای این گونه حالات مقادیر کم وزنی می‌بایستی به‌طور مجزا توزین شوند و به‌طور دستی به مخزن اضافه گردند.

### ب- توزین وزن کم :

در این روش بچینگ عناصر ترکیبی هر کدام به‌طور مجزا در سیستم‌های توزین مخصوص به خود توزین می‌شوند.



در این روش مواد می‌توانند به‌طور همزمان به مخلوط‌کن وارد شوند و توزین نیز

همزمان صورت می‌گیرد و از آنجائیکه هر یک از عناصر مجزا توزین می‌شوند دقت سیستم به دقت ظرفیت کل مخزن مخلوط‌کن بستگی ندارد و می‌توان عناصری با مقدار وزنی کم را نیز با دقت خوب توزین نمود.

دقت محصول نهایی به دقت عملکرد پمپ‌ها و سیستم‌های انتقال نیز بستگی دارد. وقتی که سیستم مکانیکی فرمان قطع انتقال مواد را صادر کند - به دلیل لختی سیستم - مقداری مواد اضافی به مخزن اضافه می‌گردد و نمایشگر وزن بالاتری را نمایش می‌دهد.

### تعریف دقت برای سیستم‌های توزین

کابرن تعریف‌های خاص خود را از مفهوم دقت برای سیستم‌های توزین دارند. بنابراین ابتدا می‌بایست تعریف صحیح دقت را بیان نمود. در بسیاری از حالات دقت وزن نهایی مخزن مهم است و همچنین می‌بایست که بین "دقت توزین" و "دقت قابل دسترسی در عمل" اختلاف قائل شد.

دقت نمایش و دقت نهایی قابل دسترسی هر دو به طرز عملکرد دستگاه بستگی دارند. دقت نهایی دستگاه تابعی از روش کالیبراسیون و عواملی از قبیل : عملکرد لودسلها، قابلیت تکرار پذیری مکانیکی سیستم و شرایط محیطی از قبیل : دما باد و عوامل کارکردی دستگاه می‌باشد.

بنابراین غیرممکن است که بتوان دقت سیستم را مستقیماً به دقت لودسلها مرتبط ساخت. استاندارد ISO بیان می‌دارد که دقت روش کالیبراسیون

## ملاحظات اولیه طراحی

آنچه در ابتدا می‌بایست در نظر گرفته شود این است که مشخصات طرح اولیه و نیازهای سیستم، اطلاعات کافی برای ارائه یک معیار طراحی، نمی‌سازد و به‌منظور جلوگیری از صرف هزینه و زمان زیاد می‌بایست بررسی‌های بیشتری انجام گیرد و پاسخ سوالات زیر مشخص گردد:

### عملکرد:

- نوع سیستم توزین (توزین عادی-بچینگ-مخلوط کن)
- دقت موردنیاز و دقت قابل دسترسی در عمل
- ماکزیمم و می‌نیمم ظرفیت عملکردی
- نوع محصولات توزین شونده (پودر-مایع-توده-مواد گرانولی)
- حداکثر دمای کارکرد
- بار ضربه-بار نهایی
- روش تمیزکاری

### مکانیکی:

- لوله کشی
- انبساط و انقباض
- اثر متقابل مخازن
- فونداسیون‌ها

### محل قرارگیری

- محیط بسته-محیط باز
- حداکثر دما
- رطوبت و شرایط محافظتی
- سرعت باد و جهت آن
- ارتعاش

می‌بایست سه برابر بهتر از دقت مورد نیاز سیستم باشد. بنابراین در عمل خیلی مشکل است که بتوان به یک سیستم با دقت نهایی بهتر از 0.1% دست یافت.

### Shift و Drift:

این دو عبارت معمولاً یکسان انگاشته می‌شوند ولی می‌بایست بین آنها تفاوت قایل شد.

**Drift** به تغییرات کوچکی که در خروجی لودسل و در اثر گذشت زمان بوجود می‌آید اطلاق می‌شود، که می‌تواند نتیجه عواملی از قبیل تغییرات درجه حرارت و تغییرات فیزیکی مرتبط با لودسل باشد.

**Shift** به تغییرات ناگهانی خروجی لودسل که در نتیجه عواملی از قبیل ضربه و سایر صدمات مکانیکی بوجود می‌آید، اطلاق می‌شود. این تغییرات می‌تواند تصاعدی باشد و به همین دلیل به اشتباه **Drift** تعبیر می‌شود.

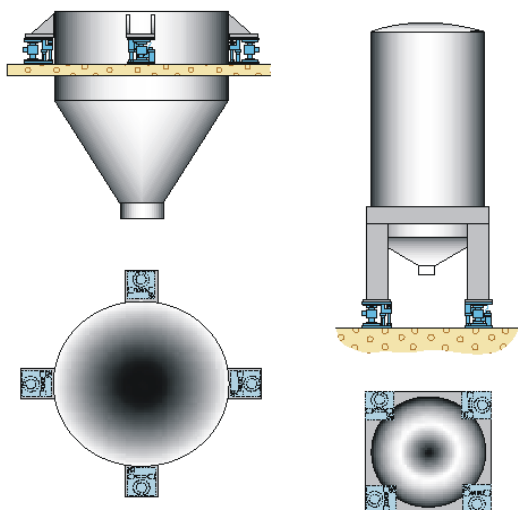
طراحی مکانیکی خوب و کنترل شرایط عملکردی معمولاً می‌تواند مشکلات مربوطه به **Shift** را حذف نماید. در حالیکه مشکلات **Drift** فقط به خود لودسل مربوط می‌شود.

**توجه:** **Drift** به الکترونیک سیستم توزین نیز می‌تواند بستگی داشته باشد. برای حصول یک سیستم توزین الکترونیک می‌بایست در ابتدای هر پروژه چهار مرحله زیر در نظر گرفته شود.

- ملاحظات اولیه طراحی
- نصب
- کالیبراسیون، راه‌اندازی
- تعمیر و نگهداری

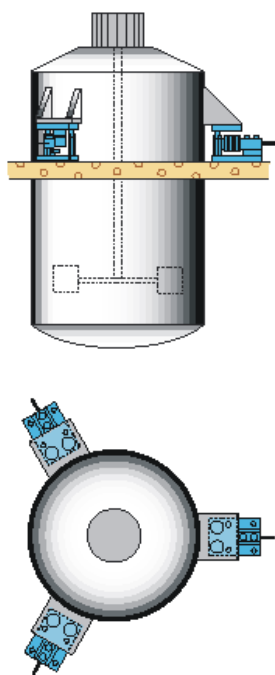
- عملکرد مورد نیاز
- هزینه

در بسیاری از حالات، تعداد نقاط اعمال بار تعیین کننده تعداد لودسل هاست، مثلاً سیلویی که روی ۴ پایه قرار دارد ترجیحاً بر روی ۴ لودسل نصب می گردد.



اگر سازه طوری باشد که بتوان هر ترکیبی را استفاده نمود می بایست محل قرارگیری سیستم توزین تعیین شود، در صورتی که بتوان

مخزن را روی سه پایه قرارداد می توان زیر هر پایه یک کیت قرارداد که در این حالت حتماً هر سه پایه روی محل خود قرار می گیرد و پایه مخزن لقی نخواهد زد.



- استانداردها

- استاندارد تجاری (OIML)

از این اطلاعات می بایست نوع، ظرفیت، تعداد لودسلها و تجهیزات مورد نیاز برای نصب را تعیین نمود.

### انواع لودسلها

شرکت صنایع پند نماینده انحصاری شرکت SCAIME فرانسه در خاورمیانه است و از لودسلهای این شرکت در محصولات خود استفاده می نماید لودسل های که برای توزین مخازن مناسب هستند عبارتند از :

#### لودسل خمشی F60X (5-5000kg)

این لودسل برای مخازنی تا وزن ۲۰ تن ایده آل هستند جنس این لودسلها فولاد ضد زنگ بوده و قابل نصب بر روی کیت لودسل STABIFLEX هستند که برای مخازن طراحی شده اند و دارای کاسه ساچمه، پیچ های پروتکشن و صفحات اتصال هستند که در ادامه توضیح داده می شوند.

#### لودسل فشاری CA40X (5-200Ton)

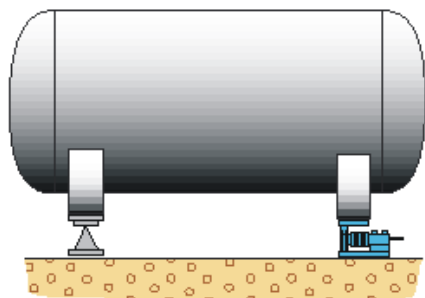
این سری لودسلها نیز برای توزین مخازن با ظرفیت بیش از ۲۰ تن بسیار مناسب بوده و به منظور نصب بر روی مخازن قابل اتصال بر کیت STABICAN (ویژه مخازن و سیلوها) است.

### انتخاب تعداد لودسلها

چهار اصل زیر برای انتخاب لودسل در شرایط ویژه می بایست لحاظ گردند :

- شکل مکانیکی
- فشردگی سیستم

باشند تا مرکز جرم سیستم در حین عملکرد تغییر نکند. در نتیجه برای توزین مایعات، پودرها و مواد گرانولی مطلوب است. در این روش معمولاً از دو عدد لولا و یک یا دو عدد لودسل استفاده می‌شود و سیستم از لحاظ مکانیکی می‌بایست قابلیت انتقال نیرو به لودسل را داشته باشد و مانعی در حین عملکرد ایجاد نکند در صورتی که مخزن تحت نیروی عرضی باد قرار گیرد، خطای قابل ملاحظه‌ای در سیستم توزین ایجاد می‌شود زیرا توزیع بار روی پایه‌ها تغییر می‌کند.

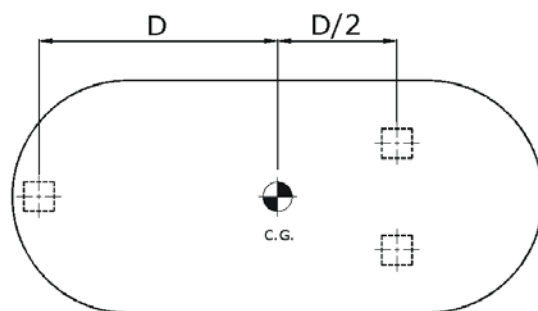


### انتخاب ظرفیت مناسب لودسل

در نگاه اول تعیین ظرفیت لودسل‌ها به نظر پیچیده می‌آید اما با در نظر گرفتن اصول مکانیکی این مسأله به سادگی قابل یادگیری است. عوامل مختلفی جهت انتخاب نهایی ظرفیت لودسل‌ها در نظر گرفته می‌شود که با در نظر گرفتن بار اضافی، عملکرد مورد نیاز و

اما در صورتی که از ۴ پایه استفاده شود می‌بایست از تراز بودن سطح لودسل‌ها مطمئن بود تا بار به طور یکسان به آنها اعمال شود.

استفاده از سه لودسل برای زمانی که مخزن تحت نیروی واژگونی نیست، بسیار مناسب است. در این حالت می‌بایست لودسل‌ها را طوری قرار داد تا نیروی یکسانی به هر لودسل اعمال شود.



برای مخازن بلندی که در محیط باز نصب می‌شوند و مرکز جرم آنها تقریباً بالاتر از مرکز اثر نیروی عرضی است، استفاده از سیستم چهارپایه اطمینان بیشتری را ایجاد می‌کند و تقریباً ۳۰٪ پایدارتر است.

توجه شود که برای کاربردهای خاصی می‌توان از تعداد لودسل‌های بیشتری استفاده نمود و متعاقباً می‌بایست دقت بیشتری در تراز نمودن صفحات بالایی لودسل‌ها داشت.

### لولاه:

تحت شرایط خاصی استفاده از ترکیب لولا و لودسل کاملاً به صرفه است در این حالت لودسل درصدی از وزن کل را حس می‌کند که تعداد آن متناسب با فاصله لودسل تا مرکز جرم مخزن است این روش را زمانی می‌توان استفاده نمود که موادی که توزین می‌شوند به اندازه کافی روان

ظرفیت لودسلها می‌توان لودسل مناسب را انتخاب نمود.

برای هر سیستمی لودسل‌ها می‌بایست قابلیت تحمل بار ماکزیمم را تحت شرایط عادی و مضر (شامل بار بیش از حد، ضربه، باد و نیروهای ارتعاشی) را داشته باشد. به‌علاوه می‌بایست خروجی الکتریکی لودسل برای اطمینان از قابلیت صحت کارکرد، کافی باشد.

**توجه: نوع و ظرفیت لودسل‌های یک سیستم می‌بایستی مشابه و یکسان باشند.**

ظرفیت لودسل موردنیاز برای یک سیستم خاص را می‌توان از ظرفیت کل سیستم بدست آورد.

$$C = \frac{\text{بار نهایی}}{\text{تعداد پایه‌ها}}$$

**بار نهایی:** حاصل جمع وزن مرده (سازه و مخزن) و ماکزیمم بار موجود در مخزن و هر نیروی دلخواه اضافی است.

یادآوری می‌شود که ماکزیمم بار زنده اعمالی برابر ظرفیت مخزن است و ممکن است بیشتر از ظرفیت عملکردی معمولی دستگاه باشد. بنابراین برای مخازنی که در محیط بسته استفاده می‌شوند فرمول زیر قابل استفاده است.

$$C = \frac{\text{ماکزیمم بار زنده} + \text{بار مرده}}{\text{تعداد پایه‌ها}}$$

اگر C به ظرفیت نامی لودسل‌ها نزدیک نبود از یک لودسل با ظرفیت بالاتر استفاده می‌شود. در برکه اطلاعات فنی لودسل‌ها، حداکثر بار اضافی مجاز قابل اعمال به لودسل 50٪ ظرفیت نامی آن بیان شده است. اما برای انتخاب لودسل نباید روی

این محدوده لودسل را انتخاب نمود و از آن فقط به‌عنوان یک ضریب اطمینان استفاده می‌شود.

### **مخازن واقع در محیط باز:**

باد و ارتعاش زمین می‌تواند در محاسبه ظرفیت لودسل تأثیرگذار باشد و تأثیر آن برای هر منطقه مشخص شده است.

### **اثر باد:**

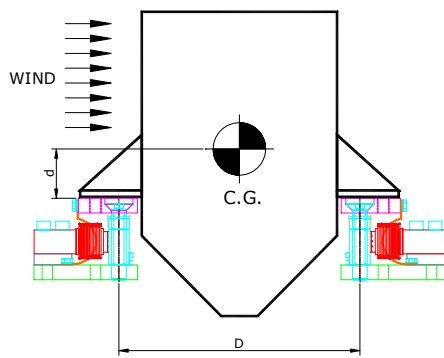
اثر باد بر روی سیستم‌های توزین موضوع پیچیده‌ای است که به عواملی از قبیل توپولوژی محلی، ساختمانها، استراکچرهای پیرامون سیستم و ماکزیمم سرعت باد بستگی دارد.

توصیه‌های تخصصی می‌بایست برای سیستم‌های که در معرض چنین شرایطی هستند ارائه گردد. در چنین شرایطی نکات زیر می‌بایست لحاظ گردد:

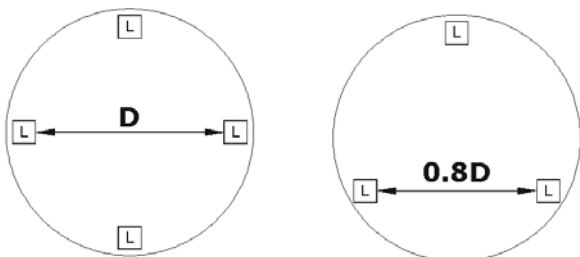
- صحت و امنیت کلی سیستم
- تأثیر بر عملکرد سیستم
- امکان صدمه دیدن لودسل‌ها در اثر نیروهای اضافی و عرضی

اثر باد بر روی مخازن، تولید یک نیروی جانبی می‌کند که تبدیل به یک گشتاور واژگونی و یک نیروی عمودی می‌شود.

به‌طور کلی دو حالت متحمل است، یکی اینکه مخزن خالی باشد و حالت دوم موقعی است که مخزن پر است درحالت اول بحث امینی بسیار مهم است چون اگر طراحی دقیق صورت نگرفته باشد. باد باعث واژگونی مخزن می‌شود اما در حالتی که مخزن از بار کاملاً پر است ترکیب نیروی واژگونی و نیروی وزن مخزن می‌تواند باعث اعمال نیرو به لودسلها بیش از بار نامی آنها



همچنین توجه شود که  $D$  با افزایش تعداد پایه‌ها افزایش می‌یابد و بنابراین پایداری سیستم بالا می‌رود.



در جدول زیر سرعت باد بر حسب شدت آن آمده است :

نوع باد	معمولی	تند	شدید	طوفانی
سرعت $[m/s]$	۵/۵ - ۸	۱۱ - ۱۳/۵	۱۷ - ۲۰	۳۲ - ۵۰

مثال : در نظر بگیرید یک مخزن به ارتفاع ۹ متر و قطر ۳ متر روی ۴ لودسل قرار گرفته است و وزن کل آن ۲۰۰۰۰ Kg است (وزن مرده + وزن زنده).

- اگر مخزن در محیط بسته باشد :

$$C = \frac{20000}{4} = 5000kg$$

که ظرفیت استاندارد است.

- اگر مخزن در محیط بازی با شرایط زیر باشد :

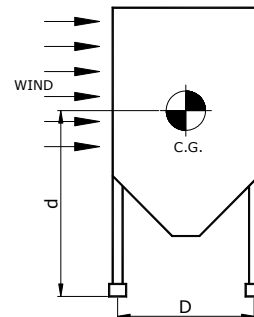
$$V = 40m/s \quad K = 0.5$$

$$Fot = \frac{0.5 \times 27 \times 40 \times 40 \times 4.5}{9.8 \times 3}$$

$$Fot = 3306kg$$

(نیروی که باعث بلند شدن یک سمت می‌شود)

شود. پس حتماً می‌بایست در محاسبه ظرفیت لودسل اثر باد لحاظ شود. نیروی افقی  $(Fh)$  از رابطه زیر قابل محاسبه است.



$$Fh = kAV^2$$

A: سطح مقطعی از مخزن که در معرض باد است  $[m^2]$

V: سرعت باد بر حسب  $[m/s]$

K: ثابتی است که می‌بایست محاسبه گردد و به کیفیت پرداخت شکل سطح و مشخصات عملکردی بستگی دارد (K معمولاً بین ۰/۵ تا ۰/۷ است). می‌بایست توجه شود که نیروی افقی متناسب با مجذور سرعت باد است. سرعت واقعی باد می‌تواند توسط شرایط محیطی به مقدار قابل توجهی افزایش یابد.

نیروی واژگونی  $(Fot)$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Fot = Fhd = kAV^2 d / 9.8D$$

d: فاصله مرکز اثر نیروی باد تا پایه‌ها

D: فاصله بین پایه‌ها

بنابراین مطابق پارامترهای طراحی می‌بایست

d را به حداقل رساند مثلاً با نزدیک کردن پایه‌ها به مرکز جرم سیستم پایدارتر می‌شود.

در بدترین شرایط تمام این نیرو روی یک لودسل اعمال می‌شود.

بنابراین هر لودسل می‌بایست ظرفیت متحمل

$$5000 + 3306 = 8306 \text{ kg}$$

را داشته باشد. پس می‌بایست از یک لودسل ۱۰ تن که رنج استاندارد بالاتر از آن است استفاده نمود.

اگر مخزن روی سه پایه باشد :

$$C = \frac{20000}{3} + \frac{0.5 \times 27 \times 40 \times 40 \times 4.5}{9.8 \times 3 \times 0.75}$$
$$= 6666 + 4408$$
$$= 11074 \text{ kg}$$

در این حالت می‌بایست لودسل ۲۰ تن انتخاب شود.

**اثر لرزش :**

تأثیر لرزش زمین روی سیستم یک مسأله کاملاً عملی است که معمولاً ناشی از انتقال نیرو توسط زمین و یا نیروی زلزله است. برآورد این نیرو بسیار پیچیده است اما می‌توان این مقدار را براساس تقسیم‌بندهای ژئوگرافی تعیین نمود.

مناطق از لحاظ میزان لرزه به ۴ ناحیه (از صفر برای مناطق غیرفعال تا ۴ ماکزیمم فعالیت) تقسیم‌بندی می‌شوند. بنابراین برای سیستم‌هایی که در مناطق پرلرزه قرار دارند اثر این نیرو می‌بایست لحاظ گردد.

اثر زمین لرزه روی سازه سیستم توزین به دو صورت می‌باشد :

- ارتعاش عرضی که به شکل نیرو واژگونی ظاهر می‌شود (مانند اثر باد)
- نیروی کششی و فشاری عمودی

در شرایطی که لرزه نیز شدید است مانند سیستم‌های که در معرض باد قرار دارند می‌بایست لودسل‌ها و سیستم‌های متعلقه به آن قابلیت پایداری در برابر نیروهای اضافی را داشته باشند. در مناطقی که نیروی لرزه زیاد است راهنمایی‌های ویژه‌ای برای طراحی سازه‌های که در معرض واژگونی، انفجار مواد سمی و ... هستند، وجود دارد.

در این دستورالعمل هدف ارائه محاسبات سازه‌ای مرتبط با مناطق ارتعاشی نیست اما برای آشنایی با نحوه محاسبه این نیروها، نیروی افقی  $F_h$  اعمال شده بر روی مخزن محاسبه می‌شود.

$$F_h = 0.3 ZW$$

Z: ضریب منطقه ارتعاش 1 تا 4

W: وزن کل مخزن

با استفاده از فرمول مشابه برای نیروی واژگونی  $F_{ot}$  و جایگذاری  $F_h$  می‌توان ظرفیت لودسل را محاسبه نمود.

**پیچ‌های پروتکس :**

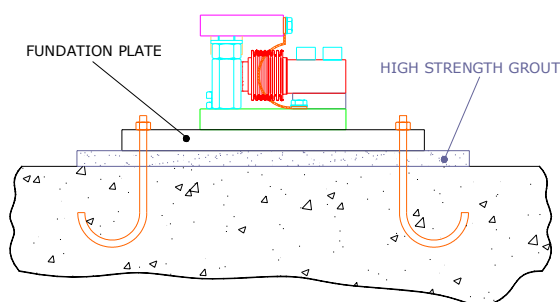
کیت لودسل در مقابل نیروهای بلندکننده مقاوم است به‌رحال در مناطقی که در معرض نیروهای شدید باد و لرزه هستند نباید به صحت مجموعه اتصال لودسل کاملاً اطمینان کرد. پس می‌بایست پیچ‌های مقاوم در برابر بلندشدن، در سازه نصب شود.

**توجه :** این پیچ‌ها تأثیری در عملکرد معمولی سیستم ندارد و فاصله کافی برای انبساط و انقباض وجود دارد.

## اتصال کیت بر روی فونداسیون :

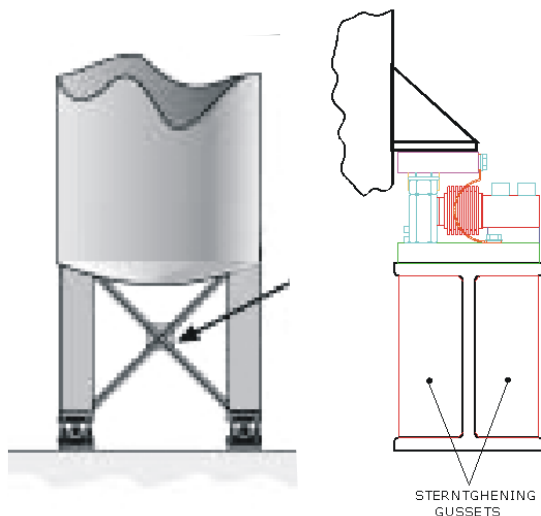
صفحات فونداسیون ها می بایست کاملاً تراز باشند و سیستم مناسب به منظور جلوگیری از انباشته شدن آب در نظر گرفته شود. صفحات دیگری می بایست برای پخش نیرو در زیر و بالای کیت استفاده شود.

بیس پلیت ها توسط انکربولت ها به بتن متصل می گردند. ابتدا بیس پلیت ها می بایست قرار گیرند و سپس فضای خالی بین آن و بتن توسط Grout پر شود.

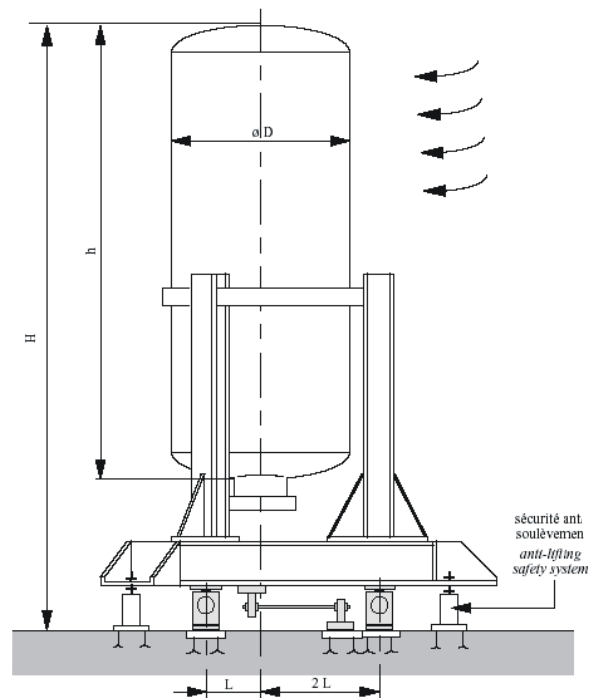


## اتصال کیت به روی سازه فلزی :

تکیه گاه های فلزی که لودسل روی آنها نصب می شود می بایست در مقابل پیچش و کمانش مقاوم باشند. ورق های مقاوم کننده و بادبندهای ضربدری ممکن است مورد نیاز باشد.



پیچ های مقابله کننده در برابر کشش می بایست طوری تنظیم شوند که از حرکت استراکچر جلوگیری کند و تا وقتی که مخزن به حالت پایداری برسد صدمه ای به سیستم نرسد.

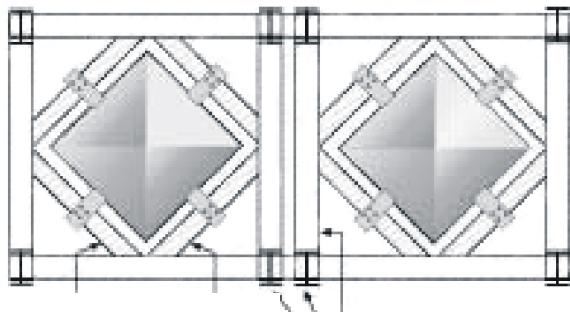


## اتصالات لودسل

اتصالات مناسب برای رسیدن به یک سیستم ایمن، قابل اعتماد و دقیق ضروری است. لودسل ها به نحوی طراحی شده اند که نیرو به محور اصلی آنها وارد شود و هر نیروی جانبی نه تنها بر عملکرد دستگاه تأثیر می گذارد بلکه کارکرد و ایمنی سازه را نیز به خطر می اندازد. به همین دلیل برای لودسل های F60X از کیت های لودسل STABIFLEX و برای لودسل های سری CA40X از کیت های STABICAN استفاده می شود در این کیت ها کمترین نیروی جانبی به لودسل اعمال می شود.

وضعیت توزین انجام شود ملاحظات می‌بایست منظور گردد.

یادآوری می‌شود که وجود نردبان و راه پله بر روی مخازن می‌تواند باعث قرائت وزن غیر دلخواه شود.



به منظور عدم تداخل اثر مخازن بر روی یکدیگر، هر مخزن پروتکشن عرضی و طولی مجزا دارد.

### لوله کشی :

اکثر سیستم‌های توزین دارای اتصالاتی لوله‌ای هستند. این مساله باعث ایجاد یک سری اتصالات مکانیکی صلب می‌شود که در وزن خطا ایجاد می‌کند. اگرچه به دلیل تکرار این اثر و حذف مقداری از آن در هنگام کالیبره می‌توان به نتیجه بهتری رسید اما ملاحظات زیر این اثر را به حداقل می‌رساند :

- ◆ اجتناب از لوله کشی با قطر کم
- ◆ اجتناب از لوله‌های عمودی تا حد ممکن
- ◆ اتصال کوپلینگ‌های قابل انعطاف
- ◆ اتصال نگهدارنده لوله‌ها در دورترین فاصله ممکن تا مخزن
- ◆ اطمینان از تراز بودن لوله‌ها

توجه : معمولاً لوله‌هایی که سیالات گرم را عبور می‌دهند، می‌بایست ایزوله شوند

برای تیرهای با مقطع I استفاده از ورق‌های مقاوم کننده الزامی است. خیز تیرهای نگهدارنده برای هر ۴ لودسل می‌بایست یکسان باشند و حداکثر خیز تیرها نباید از ۱ میلی‌متر در متر بیشتر شود.

اگرچه در کیت‌های لودسل نیروهای جانبی توسط کیت لودسل مهار می‌شوند اما نمی‌بایست پایداری استراکچر را فقط به آنها منوط کرد مخصوصاً برای پایه‌های عمودی بلند، بنابراین از بادبندهای ضربدری می‌بایست استفاده نمود.

امروزه سیستم‌های توزین طوری طراحی می‌شوند که در برابر نیروها و بارهای پیچیده مقاومت کنند. در مواقعی که حتی برای این سیستم‌ها از کیت لودسل استفاده می‌شود می‌بایست استراکچر فلزی بررسی شود و از استحکام آن اطمینان حاصل کرد. معمولاً نصب کیت روی مخازن، همراه با بریدن پایه‌ها یا بازکردن آنها از روی بیس پلیت‌هاست. در این حالت اضافه نمودن بادبندهای ضربدری باعث جلوگیری از کمانش پایه‌ها و دورشدن آنها از یکدیگر می‌گردد.

### اثر متقابل مخازن :

مساله وقتی مطرح می‌شود که چند مخزن روی یک استراکچر و یا استراکچرهای به هم متصل قرار دارند در این حالت تغییر وزن یک مخزن به مخزن دیگر منتقل می‌شود باعث ایجاد خطا در وزن قرائت شده می‌شود.

بهتر است که سازه از اول درست طراحی شود تا این مشکل بوجود نیاید اما اگر بخواهیم با همین

این کار می‌بایست قبل از کالیبراسیون انجام شود.

#### سایر ملاحظات :

- لودسل‌ها و سیم‌های ارتباطی آنها می‌بایست حتماً محفوظ باشند و طوری حفاظت شوند که تعمیر و نگهداری آنها نیز راحت باشد.
- یک صدمه کوچک روی سیم لودسل باعث نفوذ رطوبت به داخل لودسل می‌شود که باعث صدمه دیدن آن می‌شود.
- توجه شود که سیم لودسل توسط جانوران جویده نیز احتمال صدمه دیدن دارند.

#### جوشکاری :

هرگونه جوشکاری در اطراف لودسل غیرمجاز است، زیرا جریان زیاد باعث صدمه دیدن لودسل‌ها می‌شود. لذا جوشکاری می‌بایست قبل از نصب لودسل‌ها انجام پذیرد.

#### نصب

نصب صحیح لودسل‌ها کلیدی‌ترین قسمت از عملیات نصب است که متضمن عملکرد صحیح و طول عمر زیاد سیستم است. هرچند مراحل کاری دستورالعمل دقیقاً ذکر گردیده است اما احتمال اینکه در مرحله نصب نیاز به انجام عملیات اجرایی روی سازه باشد کاملاً منتفی نیست زیرا تیرانس‌های ساخت و اختلاف‌های که در فعالیت‌های عمرانی بوجود می‌آید مشکلاتی را سبب می‌شود.

بنابراین قبل از نصب می‌بایست قسمت‌هایی از سازه که روی کیت لودسل قرار می‌گیرند کاملاً بررسی شود.

همچنین محل عبور آب می‌بایست حتماً چک شود.

لودسل‌ها ممکن است قبل از نصب به محل ارسال گردند بنابراین باید از صحت لودسل‌ها، نوع آنها و ظرفیت آنها و همچنین بسته‌بندی خوب آنها اطمینان حاصل کرد.

تمام رزوه‌ها بر روی صفحات فلزی یا تیرهای نگهدارنده می‌بایست از لحاظ صحت و عمق چک شوند. شاید به نظر برسد پیچ‌ها کاملاً درست و محکم سفت شده‌اند اما این احتمال وجود دارد که تا آخر سفت نشده باشند. این وضعیت زمانیکه Grout یا بتن از کف بیس پلیت بالا زده و سوراخ را بسته نیز پیش می‌آید.

در هنگام قرارگیری وقتی که مخزن یا سیلو در محل خود، احتمال صدمه رسیدن به لودسل وجود دارد اما استفاده از کیت این امکان را فراهم می‌کند که بدون لودسل مخزن در محل خود قرار گیرد و روی کیت مستقر شود و سپس در مرحله نصب الکترونیک لودسل در کیت قرار گیرد. این قابلیت باعث می‌شود که قبل از نصب لودسل‌ها مخزن کاملاً تراز گردد و همچنین هر لوله‌کشی و یا جوشکاری موردنیاز انجام شود. اگر کیت‌ها روی فونداسیون نصب شوند با تراز کردن بیس پلیت‌ها قبل از قراردادی Grout می‌توان به سطح تراز رسید و درحالی‌که کیت‌ها روی سازه‌ی فلزی نصب می‌شوند می‌توان با قراردادن لاتن به این مهم دست یافت. بعد از

تراز کردن می بایست پیچ های کیت را محکم کرد.

در این مرحله لودسل آماده قرارگیری در کیت است.

**توجه:** پیچ و مهره تعبیه شده روی کیت برای قراردعی بار روی لودسل طراحی نشده است. بار مخزن می بایست توسط جک تحمل شود.

#### تنظیم بار:

بعد از نصب لودسل نیز می بایست مرحله نهایی تراز نمودن فریم انجام شود. اطمینان از تراز بودن استراکچر بر روی لودسلها باعث توزیع یکنواخت بار روی تک تک آنها می شود و در سیستم های که روی چهار لودسل قرار دارند این مسأله از اهمیت بیشتری برخوردار است. خروجی لودسلها می بایست حداکثر حدود 1mv با هم اختلاف داشته باشند استفاده از نمایشگری که خروجی تک تک لودسلها را جداگانه نشان می دهد. در هنگام نصب بسیار مفید است بدین صورت که خروجی تک تک لودسلها جداگانه خوانده می شود. (اگر سیستم قبل از اتمام این مرحله چندین مرتبه بارگذاری می شود نتیجه مطلوب تری حاصل می شود).

اگر مقدار خروجی لودسلها در محدوده ی خطای مجاز واقع نباشد (مثلاً برای سیستم ها لودسل می بایست بار هر لودسل بین ۲۲/۵٪ تا ۲۷/۵٪ بارکل باشد.) به منظور تغییر توزیع بار می بایست بین کیت و فریم فلزی، لاتن گذاری کرد. توجه شود که برای این کار می بایست از جک های مناسب استفاده نمود. در حالتی که سیستم به لوله متصل باشد یا

میکسر و همزن داشته باشد نیز می توان از این روش استفاده نمود.

#### کالیبراسیون:

در این فرآیند، خروجی لودسل به صورت عدد نمایشی بر حسب بار اعمال شده تنظیم می گردد و نوع روش کالیبراسیون دقت نهایی سیستم را تعیین می کند. باید توجه کرد که روش کالیبراسیون می بایست قبل از طراحی در نظر گرفته شود تا کلیه امکانات مکانیکی موردنیاز قبل از این مرحله تعبیه شود.

روش	خطای کالیبراسیون	دقت سیستم
وزنه های استاندارد	±0.005-0.05%	±0.015-0.15%
وزنه های مرجع	±0.025%	±0.075%
مواد جایگزین	±0.025%	±0.075%
انتقال نیرو	±0.05%	±0.5%
دبی اندازه گیری شده	±0.03%	±0.1%
لودسل آزمون	±0.005-0.05%	±0.02-0.2%
مخزن آزمون	±0.15%	±0.5%

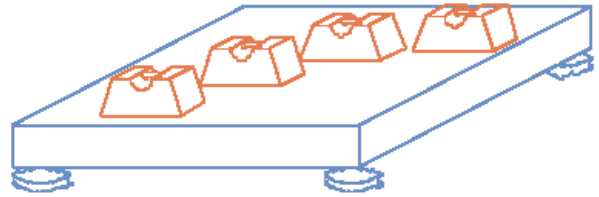
#### روش های کالیبراسیون

به طور کلی روش های کالیبراسیون به دو دسته کلی (مستقیم و غیر مستقیم) تقسیم بندی می شود. در جدول بالا روش لودسل آزمون روش غیر مستقیم است و سایر روش ها مستقیم می باشند. برای کالیبره کردن مخازن بیشتر از روش های زیر استفاده می شود:

#### وزنه های استاندارد

از آنجائیکه در این روش می بایست از وزنه های استاندارد استفاده شود، این روش برای مخازن با ظرفیت کم مورد استفاده قرار

می‌گیرد (ظرفیت کمتر از ۲ تن). رویه بارگذاری بدین ترتیب می‌باشد:

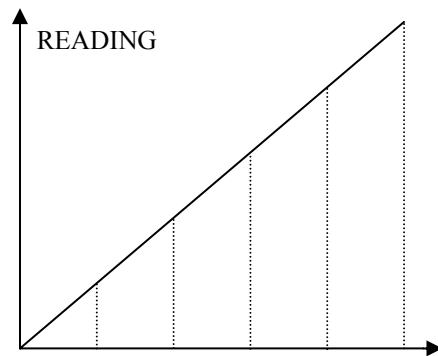
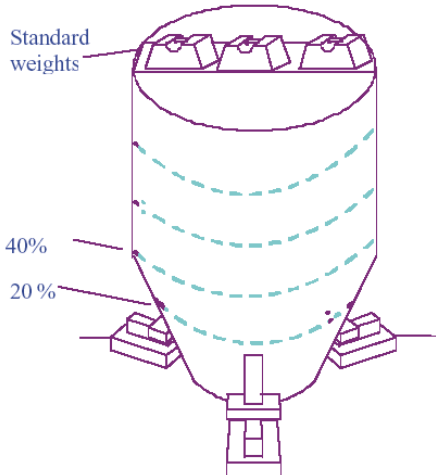


- مواد خالی می‌شود و تا سه مرتبه این رویه تکرار می‌گردد.

### مواد جایگزین

در این روش به مقدار ۲۰٪ از بار نامی به وزنه‌های استاندارد نیاز است. رویه آن به شرح زیر است

- ۲۰٪ ظرفیت نامی، وزنه‌های استاندارد روی مخزن قرار می‌گیرد و وزن ثبت می‌شود.



- وزنه‌های استاندارد تا ظرفیت نامی - در ۵ مرحله
- روی سیستم قرار داده می‌شود.
- اعداد به حافظه دستگاه سپرده می‌شود.
- عمل کالیبراسیون سه مرتبه چک می‌شود

### وزنه‌های مرجع

در این روش به وزنه‌های استاندارد نیازی نیست و موادی که می‌بایست در مخزن ریخته شود توسط یک سیستم دیگر توزین می‌شود. دقت نهایی به دقت سیستم توزین مرجع وابسته است. رویه کالیبراسیون به شرح زیر است:

- مواد توزین شونده را توسط یک سیستم کالیبره (حداقل ۲۰٪ ظرفیت) توزین شده و به داخل مخزن ریخته می‌شود.
- وزن به حافظه سپرده می‌شود.
- تا ظرفیت نهایی این عمل تکرار می‌شود.

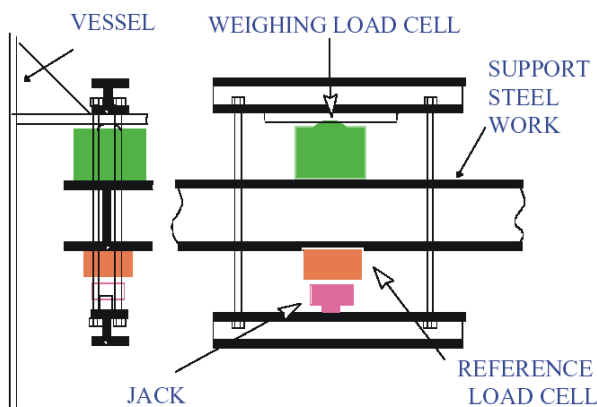
- وزنه‌ها برداشته می‌شوند و تا همان مقدار مواد در مخزن ریخته می‌شود.

- این عمل تا رسیدن به ظرفیت نامی تکرار می‌شود.

- کلیه مواد خارج شده و رویه سه مرتبه تکرار می‌شود.

### انتقال نیرو

این روش در حال حاضر توسط شرکت انجام نمی‌شود. به منظور آشنایی با این روش شرح کالیبراسیون ذیلاً آمده است.



- اعمال نیروهای غیرمطلوب به سیستم چک شود (این مرحله می‌تواند بعد از راه‌اندازی اولیه انجام شود).
- آزاد بودن پیچ‌های کیت لودسل چک شود.
- فاصله مخزن تا استراکچر مجاور به صورت خطا در وزن ظاهر نشود.
- عدم انجام هرگونه فعالیت بر روی مخزن در مدت زمان انجام کالیبراسیون چک شود.

### ملاحظات محیطی

دما:

دما مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر کارکرد لودسلها و سیستم توزین است. بیشترین اثر دما بر موارد زیر است:

- ◆ تأثیر بر عملکرد لودسلها
- ◆ ایجاد خرابی در کابلها و لودسلها
- ◆ انبساط و انقباض استراکچر و لوله‌های اتصال

لودسلهای صنعتی SCAIME در محدوده  $10^{\circ}\text{C}$  - تا  $40^{\circ}\text{C}$  + اثر دما را حذف می‌کنند و در صورت قرارگیری در محدوده  $40^{\circ}\text{C}$  - الی  $80^{\circ}\text{C}$  صدمه نمی‌بینند اما عملکرد صحیحی در این محدوده ندارند (صرفاً برای انبارش).

برای تعیین محدوده دمای کارکرد لودسل فاکتورهای زیر می‌بایست مورد توجه قرار گیرند:

- ◆ تغییرات آب و هوایی (خنکی باد و گرمای نور خورشید)
- ◆ جداره گرم‌کننده
- ◆ انتقال گرما (هدایتی یا تابشی) ناشی از فرآیند انجام‌شده درون مخزن

- لودسل مرجع و متعلقات آن به تک تک لودسل‌های سیستم متصل می‌شود.
- توسط چک تا مقدار نامی لودسل بارگذاری می‌شود (در ۵ مرحله به مقدار مساوی).
- برای چک کردن مقادیر، یکبار دیگر مرحله آخر تکرار می‌شود.

### دبی اندازه‌گیری شده

این روش مانند روش مواد جایگزین است ولی مقدار موادی که به مخزن ریخته می‌شود با اندازه‌گیری دبی، زمان و چگالی محاسبه می‌شود.

### لودسل آزمون

در این روش مجموعه کیت لودسل و لودسل از قبل کالیبره می‌شود (به روش وزنه استاندارد) و مجموعه به مخزن متصل می‌گردد. مزیت این روش عدم نیاز به انجام کالیبراسیون در محل است.

توجه: در کالیبراسیون می‌بایست تا ۸۰٪ ظرفیت نامی سیستم بارگذاری انجام شود. بارگذاری کم و سپس برون‌یابی کردن غیرمجاز است. بنابراین کالیبراسیون سیستم‌های توزین مخزن تناژ بالا، وقت‌گیر و پرهزینه است.

توجه: قبل از کالیبراسیون می‌بایست از صحت عملکرد فانکشن‌های سیستم اطمینان حاصل کرد. بدین منظور موارد زیر می‌بایست قبل از کالیبراسیون چک شود.

- تمامی اتصالات لودسلها و کابل‌های آنها از لحاظ صدمه‌دیدگی چک شوند.

اگرچه خود لودسلها اثر دما را حذف می کنند اما اختلاف گرمایی و تغییرات دمایی شدید (بیش از ۵ درجه در ساعت) می تواند باعث تولید خطا شود. عایق کاری یا شیلد حرارتی معمولاً برای کاهش این مشکل استفاده می شود.

### نیروهای انقباض و انبساط

سیستم اتصال لودسلها می بایست در اثر هر تغییر دما، آزادانه حرکت کند، اگر سیستم طوری باشد که در اثر تغییر دما اجزاء سازه ای آن آزادانه تغییر طول ندهند نیروهای داخلی و صدمات شدید به سیستم اعمال می شود. تغییرات ابعادی در سازه ای فلزی ناشی از تغییرات دما با فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\Delta L = L \alpha \Delta T$$

$\Delta L$ : تغییر طول

$L$ : طول سازه

$\alpha$ : ضریب انبساط طولی

$\Delta T$ : اختلاف دما برحسب درجه سانتی گراد  
برای مثال برای مخزنی به قطر ۵ متر و از جنس استیل که در معرض اختلاف دمایی حدود 100 قرار دارد. تغییرات قطر برابر است با:

$$\Delta D = 5 \times 17 \times 10^{-6} \times 100 = 8.5 \times 10^{-3} m$$

کیتهای لودسل STABICAN و STABIFLEX طوری طراحی شده اند که در اثر تغییرات دمائی هیچ نیروی غیر ضروری به لودسل وارد نشود. در مخازن دوجداره نیروهایی که به مخزن در اثر سرد و گرم شدن وارد می شود زیاد است و در کلیه اتصالات و لوله کش در محل تماس با مخزن می بایست از اتصالات

انعطاف پذیر استفاده شود. توجه شود که آب جزئی از مخزن محسوب می شود. چون خود آن نیز توزین می شود و آب گرم جرم کمتری نسبت به آب سرد دارد.

### ارتعاش:

ارتعاش می تواند باعث ایجاد خطاهای غیرمجاز در سیستم شود این خطاها به روش های الکترونیکی و مکانیکی قابل کاهش هستند. قطعات مکانیکی طوری طراحی می شوند که حداقل نیروی ارتعاش به لودسل منتقل شود. در کیت لودسل از اتصالاتی استفاده شده تا نیروی ارتعاش به لودسلها منتقل نشود و در صورت نیاز به مشاوره بیشتر می بایست با متخصصان شرکت تماس گرفت.

### نیروهای ضربه:

نیروهای ضربه ای می تواند صدمات قابل توجهی به لودسل برساند. به عنوان مثال می توان به حالتی که قطعات فلزی (بیشتر در صنایع فولاد) به داخل مخازن ریخته می شود اشاره کرد. هرگاه بار حتی از یک فاصله چند سانتی متری به داخل مخزن سقوط کند مسأله ضربه مطرح می شود بنابراین می بایست محافظت کافی در مقابل نیروهای اضافی در سیستم، لحاظ گردد. اولین عامل کاربردی استفاده از یک لودسل با ظرفیت بالاتر است. برای محافظت بیشتر می توان از دمپرهای ارتعاش و یا استپهای حرکتی برای بارگذاری بیش از حد استفاده نمود. برای حالات خاص دیگر می بایست با مهندسین شرکت مشاوره نمود.

## تغییرات شدید الکتریکی :

تغییرات شدید الکتریکی می تواند باعث ایجاد صدمات شدید و جبران ناپذیری به لودسلها و سایر لوازم شود. متأسفانه سازه های فلزی برای خالی شدن بارهای الکتریکی بسیار مستعد هستند (مخصوصاً رعد و برق). هیچ روش کاملاً ایمنی برای جلوگیری از اینگونه صدمات وجود ندارد اما با بکاربردن ملاحظات زیر می توان درصد خرابی را پایین آورد.

- ◆ استفاده از سیستم های ویژه توقف کننده جریان در مدارات خروجی لودسلها
- ◆ اطمینان از اتصال به زمین بودن تمامی لودسلها
- ◆ استفاده از سیم اتصال زمین بین مخزن و کیت لودسل
- ◆ اطمینان از اینکه خرده فلزات بر روی هم و در کنار لودسل جمع نشود و یک مسیر ارت برای انرژی الکتریکی ایجاد نکند این مسأله در محیط های مرطوب حساسیت بیشتری ایجاد می کند.

## اقدامات پیشگیرانه :

شناخت مشکلات محتمل و بکارگیری روشهای تصحیح مناسب می تواند باعث صرفه جویی در هزینه بالای تعمیرات شود علاوه بر کنترل های معمولی، بعد از ایجاد رخداد های غیر معمول و مخرب مانند توفان، زمین لرزه و سیل می بایست سیستم مورد

بازرسی قرار گیرد تا از عدم ایجاد صدمات زیر اطمینان حاصل کرد:

- ◆ تغییرات سازه ای در سیستم مخصوصاً در نقاطی که جوشکاری شده است.
- ◆ تشکیل توده های از قطعات فلزی در اطراف لودسلها .
- ◆ خرابی یا شل شدن، پیچ های اتصال.
- ◆ خوردگی لودسلها مخصوصاً در محدوده رزین های روی لودسل .
- ◆ خرابی های مکانیکی، شیمیایی و یا جویده شدن کابلها .
- ◆ شل شدن اتصالات الکتریکی.
- ◆ سائیده شدن یا خم شدن پیچ های بلند کننده کیت لودسل.
- ◆ بررسی علائم جمع شدگی آب یا گرفتگی راه آب.
- ◆ صدمات مکانیکی لودسلها بویژه برای لودسلهای با ظرفیت کم .
- ◆ بررسی سوراخ شدن لوله ها، اتصالات و یا مخزن و ریزش مواد شیمیایی روی لودسلها.
- ◆ اگر مشکلات مشخص شد می بایست عامل بوجود آورنده مشکل مشخص شود و عیب برطرف گردد.

## تمیز کاری :

در بعضی مواقع لازم است که لودسل و اطراف آن با احتیاط توسط یک قلم موی ظریف و یا پارچه تمیز شود از اجسام نوک تیز برای تمیز کاری نباید استفاده نمود. اگر لودسل در معرض مواد شیمیایی قرار داشته باشد می بایست

آن را با آب شست و شو داد و از قراردادن لودسل در آب تحت فشار می‌بایست اجتناب نمود.

### خوردگی :

هنگامی که نشانه‌ای از خوردگی در لودسل دیده شد می‌بایست برای جلوگیری از پیشرفت آن اقداماتی انجام داد. رنگ کردن قسمت خورده شده راحت‌ترین و ابتدایی‌ترین اقدامی است که می‌توان با ایجاد یک پوشش ضدزنگ نظیر Red Oxide Primer یا پوشش کروم از خوردگی بیشتر جلوگیری کرد. توجه داشته باشید که استیل نیز در شرایط بسیار خورنده دچار خوردگی می‌شود برای جلوگیری از این مشکل می‌بایست از پوشش‌های اپکس، گریس و یا سایر پوشش‌های فیزیکی استفاده نمود.

### استانداردها

شرکت صنایع پند نماینده انحصاری شرکت SCAIME فرانسه می‌باشد و از لودسل‌های این شرکت در محصولات خود استفاده می‌نماید. این لودسلها دارای تأییدیه‌های استاندارد زیر هستند:

### استانداردهای تجارتي :

در حال حاضر در اکثر کشورهای جهان از استاندارد OIML ( Internatinal Organisation For Legal Metrology ) استفاده می‌کنند که برای سیستم‌های توزین بخش R60 به کار می‌آید. استاندارد لودسل‌های آمریکا ( NTEP National Type Evaluation Program ) است.

لودسل‌های SCAIME دارای استانداردهای EX، CE، OIML است.

### استانداردهای حفاظتی :

در حال حاضر هیچ استاندارد محافظت محیطی‌یی برای لودسلها به رسمیت شناخته نشده است ولی اکثر تولیدکنندگان از استاندارد IP ( Internatinal Protection ) برای دسته‌بندی لودسلها خود استفاده می‌کنند. این استانداردها برای محفظه در بردارنده قطعات الکترونیکی بیشتر کاربرد دارد و برای لودسلها چندان تعریف مناسبی نیست اما بهر حال تولیدات مختلف را می‌توان به این روش دسته‌بندی نمود. شرکت SCAIME با انجام انواع قسمت‌های حرارتی و برودتی از رده‌بندی ارائه شده برای لودسلها کاملاً اطمینان می‌دهد.

**IP :** اساساً سیستم IP در بردارنده دو مشخصه است اولین عبارت مربوط به نفوذ قطعات جامد می‌شود که از ۱ شروع و تا ۶ ادامه می‌یابد ۱ مربوط به نفوذ قطعاتی در اندازه‌های پیچ‌گوشی، انگشت و ... و ۶ تا حد نفوذ ذرات گردوغبار است. عبارت دوم از ۱ تا ۸ تغییر می‌کند و مربوط به نفوذ آب است.

لودسل‌های صنعتی معمولاً IP67 و یا IP68 هستند که در IP67 از نفوذ آب در صورتی که لودسل در عمق ۱ متری آب تا ۳۰ دقیقه قرار گیرد، ممانعت می‌کند و در IP68 لودسل قابلیت کارکرد در آب را دارد.  
: NEMA

دسته‌بندی سیستم NEMA از NEMA تا NEMA12 است که برای لودسلها از

NEMA4 و NEMA6 استفاده می شود.  
برخلاف IP در سیستم NEMA شرایط محیطی  
از قبیل خوردگی، زنگ زدگی، یخ زدگی،  
روغن کاری و خنک کاری مطرح می شود.  
در محصولات رنج NEMA4 که در فضای باز  
و بسته به کار می روند. لودسل در مقابل عبور  
غبار با تحت شرایط بار محیطی و باران در حد  
شسته شدن مقاوم است و محصولات رنج  
NEMA6 قابلیت کارکرد در آب را دارا  
هستند.