

پمپهای سانتریفیوژ

نشریه تحقیق و توسعه
شرکت آریا سپهر کیهان

نشریه

پمپ های سانتریفیوژ

نشریه تخصصی

سال دوم / شماره پنجم / پاییز ۱۳۹۱ / ۱۰۰ صفحه

۲	سرمقاله
۳	پلان های آب بندی مطابق استاندارد API 682 – بخش اول
۳۲	مبانی محرکه های الکتریکی – بخش اول
۴۲	مبانی پمپ های سانتریفیوژ اسلاری
۵۱	آزمون های پذیرش هیدرولیکی برای پمپ های سانتریفیوژ
۶۷	انواع مدارک بازرسی – استاندارد EN10204
۷۰	انواع مدارک بازرسی – استاندارد ایزو ۱۰۴۷۴
۷۴	مروری بر روش های ریخته گری
۹۵	بخش دوم استاندارد API 610 – ویرایش یازدهم
۹۹	معرفی مترال A 216

نشانی: تهران، میدان آرژانتین، خیابان زاگرس، پلاک ۹، ساختمان شرق، واحد ۳۰۳

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۷۷۱۳۵-۰۲۱ فکس: ۰۲۱-۸۸۶۶۱۸۰۹

صاحب امتیاز: شرکت آریا سپهر کیهان

مدیر مسئول: آقای مهندس رسول پایدار نوبخت

سردبیر: آقای مهندس عباس قلی نژاد

سرمقاله

نشریه تحقیق و توسعه پمپ‌های سانتریفیوژ با همت پرسنل شرکت دومین سال انتشار خود را آغاز نمود. در یک سال گذشته سعی نمودیم با انتشار مطالب فنی و کاربردی تا آن‌جا که مجال یاریمان می‌داد خلاء موجود در زمینه مقالات تخصصی در این حوزه را کاهش دهیم. گستردگی و پیچیدگی مباحث علمی در توربوماشین‌ها از یک طرف و عدم پشتوانه کار علمی مدون در چهار دهه‌ای که از تولد صنعت پمپ در کشور می‌گذرد از سوی دیگر باعث گردیده است که هیچ مرجع، نهاد یا انجمن علمی تا کنون نتواند در ایران، مسئولیت اشاعه دانش پمپ را بر عهده گیرد. نشریه صنعت پمپ که به همت جناب آقای مهندس تقی رحیمیان مشهودی انتشار می‌یابد و نشریه پمپ شرکت پمپیران که در دهه شصت و اوایل دهه هفتاد منتشر می‌شد به غنای ادبیات صنعت پمپ در ایران کمک شایان توجهی نموده است، اما همان‌طور که در سطور بالا بدان اشاره شد، گستردگی مباحث، بسیار بیش از انتشار این ماهنامه‌ها و فصلنامه‌ها می‌باشد و جادارد متخصصین و شرکت‌های فعال در این حوزه تلاش مضاعفی جهت غنای هرچه بیشتر ادبیات فنی در این حوزه نمایند. اگرچه ما تولیدکنندگان ایرانی پمپ به نسبت مقیاس‌های جهانی در ابتدای راه قرار داریم و هنوز از لحاظ دانش فنی و ساختارهای سازمانی نتوانسته‌ایم به سطح استانداردهای فنی و کیفی کشورهای توسعه‌یافته دست یابیم، اما به نظر می‌رسد با توجه به نرخ رشد صعودی و شتابان شرکت‌های فعال این صنعت در سال‌های اخیر، دور از انتظار نمی‌باشد که کمتر از یک دهه آینده شاهد ظهور شرکت‌های قدرتمند و صاحب سبک در ایران با ساختارهای بین‌المللی باشیم. اگرچه ممکن است با توجه به تحریم‌ها و بحران‌های جهانی، این موضوع صرفاً به یک آرزو شبیه باشد، اما این شرکت نه فقط به خاطر رسالت سازمانی، بلکه به عنوان وظیفه ملی بر خود لازم می‌داند که نسبت به اشاعه و گسترش دانش فنی در این خصوص تلاش کند. امیدواریم تا رسیدن به این مرحله، سختی راه و هجمه نابخردان باعث سستی اراده نگردد.

رسول پایدار نوبخت

مدیر مسئول

پاییز ۹۱

📖 پلان‌های آب‌بندی مطابق استاندارد API 682 – بخش اول

پلان‌های آب‌بندی برای آب‌بندهای مکانیکی تک

پلان‌های آب‌بندی به منظور کنترل شرایط محیطی سیستم‌های آب‌بند مکانیکی در تجهیزات دوار (مانند پمپ‌های سانتریفیوژ) مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطابق استاندارد API 682 / ISO 21049، ۲۵ پلان آب‌بندی منحصر به فرد طبقه‌بندی شده است که بسته به شرایط سیستم پمپاژ، می‌تواند ترکیب مناسبی از این پلان‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

جدول شماره ۱: طبقه‌بندی پلان‌های آب‌بندی بر حسب نوع آب‌بند مکانیکی

نوع آب‌بند مکانیکی	پلان‌های آب‌بندی مرتبط
آب‌بند مکانیکی تک (Single)	01, 02, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 41, 51
آب‌بند مکانیکی دوبل (Double) با سیال واسطه مایع	52, 53A, 53B, 53C, 54
آب‌بند مکانیکی دوبل (Double) با سیال واسطه گاز Gas seal	71, 72, 74, 75, 76
پلان‌های مشترک در آب‌بند تک و دوگانه	61, 62

مطابق این استاندارد، برای آب‌بندهای مکانیکی سه نوع جانمایی (Arrangement) به شرح زیر وجود دارد:

الف) **جانمایی ۱:** یک آب‌بند مکانیکی در یک کارتریج وجود دارد (آب‌بند مکانیکی تک)

ب) **جانمایی ۲:** دو آب‌بند مکانیکی با یک فاصله در یک کارتریج وجود دارد به طوری که فشار آن کمتر از فشار محفظه آب‌بند باشد (آب‌بند مکانیکی دوگانه با سیال بافر (Buffer))

پ) **جانمایی ۳:** دو آب‌بند مکانیکی با یک فاصله در یک کارتریج وجود دارد به طوری که از یک سیال (گاز یا مایع) باریر (Barrier) که از منبع خارجی با فشار بالاتر از فشار محفظه آب‌بند تغذیه می‌شود، استفاده می‌کند (آب‌بند مکانیکی دوگانه با سیال باریر (Barrier))

ترکیب پلان‌های آب‌بندی برای انواع جانمایی آب‌بندهای مکانیکی در جدول ۲ نشان داده شده است.

در هر جانمایی با توجه به شرایط پمپاژ یکی از پلان‌های آب‌بندی برای هر آب‌بند مکانیکی استفاده می‌شود و در صورت نیاز پلان‌های 61 یا 62 نیز برای سمت اتمسفریک کارتریج آب‌بند انتخاب می‌شود. به عنوان مثال در جانمایی ۱، پلان آب‌بندی می‌تواند ۱۱ و ۶۱ انتخاب گردد (Plan 11+61). برای جانمایی ۲، پلان آب‌بندی برای آب‌بند داخلی ۱۱، برای آب‌بند خارجی ۵۲ و سمت اتمسفریک کارتریج ۶۲ انتخاب گردد (Plan 11+52+62) و برای جانمایی ۳، پلان آب‌بندی به عنوان مثال می‌تواند Plan 11+53B+62 انتخاب شود.

در پمپ‌های عمودی سری VS استاندارد API 610، ممکن است پلان‌های 1, 11, 12, 21, 22, 31 و 41 در ترکیب با پلان 13 استفاده شوند. در این حالت مثلاً برای جانمایی ۱ ممکن است ترکیب پلان آب‌بندی به صورت Plan 13+21+61 باشد.

جدول ۲: ترکیب پلان‌های آب‌بندی مربوط به انواع جانمایی

جانمایی	پلان‌های آب‌بندی	توضیحات
۱	01, 02, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 41, 51, 61, 62	پلان‌های آب‌بندی 01 تا 51 مربوط به آب‌بند مکانیکی است. پلان‌های 61 و 62 برای ایزوله کردن یا شستشوی پشت آب‌بند (سمت اتمسفریک آب‌بند) از محیط بیرون استفاده می‌شود و در تمامی جانمایی‌ها قابل استفاده است.
۲	01, 02, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 41, 52, 61, 62, 71, 72, 75, 76	پلان‌های 01 تا 41 مربوط به آب‌بند مکانیکی اول (داخلی) است، پلان 52 مربوط به آب‌بند مکانیکی دوم (خارجی) است که سیال بافر از نوع مایع است. پلان‌های 71 تا 76 مربوط به آب‌بند مکانیکی دوم (خارجی) است که سیال بافر از نوع گاز است.
۳	01, 02, 11, 13, 32, 53A, 53B, 53C, 54, 61, 62, 74	پلان‌های 01 تا 32 مربوط به آب‌بند مکانیکی اول (داخلی) است، پلان‌های 53 A/B/C و 54 مربوط به آب‌بند مکانیکی دوم (خارجی) است که سیال باربر از نوع مایع است. پلان 74 مربوط به آب‌بند مکانیکی دوم (خارجی) است که سیال باربر از نوع گاز است.

• انتخاب پلان‌های آب‌بندی مناسب

برای انتخاب یک پلان یا ترکیبی از پلان‌های آب‌بندی مناسب باید اطلاعات دقیقی از خصوصیات زیر وجود داشته باشد:

(۱) مشخصات فیزیکی و ترمودینامیکی سیال در تماس با آب‌بند: شامل دما، فشار، فشار بخار، گرمای ویژه،

خاصیت روان‌کار بودن سیال، ویسکوزیته، دانسیته و دمای نقطه جوش

(۲) سیال چند فاز: وجود ذرات جامد معلق در سیال پمپ‌شونده یا وجود گازهای محلول و نامحلول در سیال و

همچنین احتمال بروز واکنش‌های شیمیایی و تغییر فاز در سیال تحت شرایط خاص و تشکیل رسوب،

کریستال و نظایر آن، تأثیر بسزایی در شرایط محیطی آب‌بند مکانیکی دارد. وجود ذرات جامد باعث سایش در

وجوه آب‌بند و قطعات الاستومری می‌شود و تشکیل گاز یا بخار در محفظه آب‌بند ممکن است باعث از بین

رفتن فیلم سیال بین وجوه آب‌بند و افزایش دمای غیرمجاز در آن شود. رسوب و تشکیل کریستال در سیال

باعث ایجاد انسداد در حرکت یا سایش بیش از حد قطعات می‌شود.

(۳) ترکیبات خطرناک و سمی در سیال: وجود یا عدم وجود گازهای خطرناکی چون سولفید هیدروژن (H_2S) به

مقدار زیاد یا سیالات قابل انفجار، سمی، کشنده یا آلوده که باعث تخریب محیط زیست می‌شود، تأثیر مهمی

در انتخاب پلان آب‌بندی از منظر ایمنی دارد.

(۴) سرویس عملکردی دستگاه: عواملی همچون، تعداد ساعات کارکرد قابل انتظار از دستگاه در سال، پمپاژ سیال

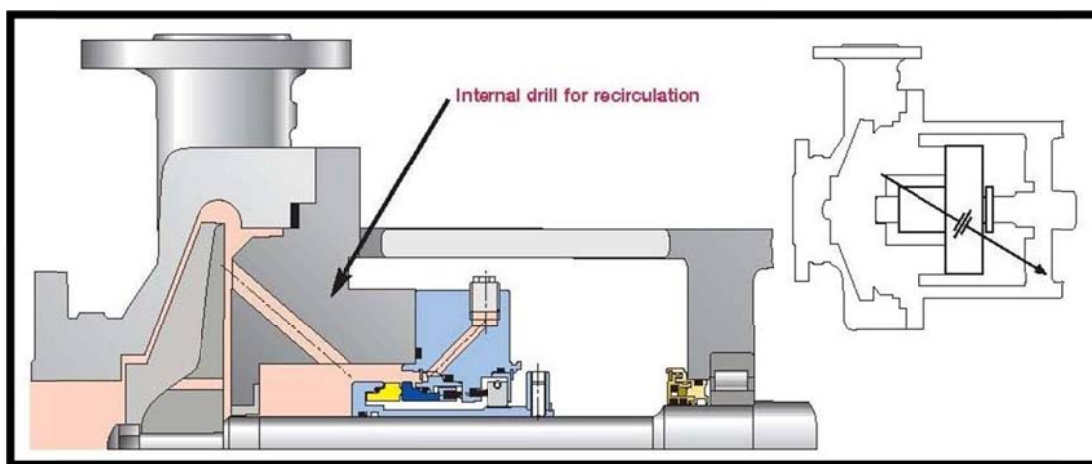
مهم یا گران‌قیمت، الزام جهت کارکرد ایمن و بدون نقص به مدت طولانی، نشستی مجاز حین عملکرد، هزینه

تمام شده و هزینه‌های مربوط به طول عمر دستگاه، می‌تواند در کنار لزوم تأمین الزامات فنی، بر انتخاب نوع

پلان آب‌بندی تأثیرگذار باشد.

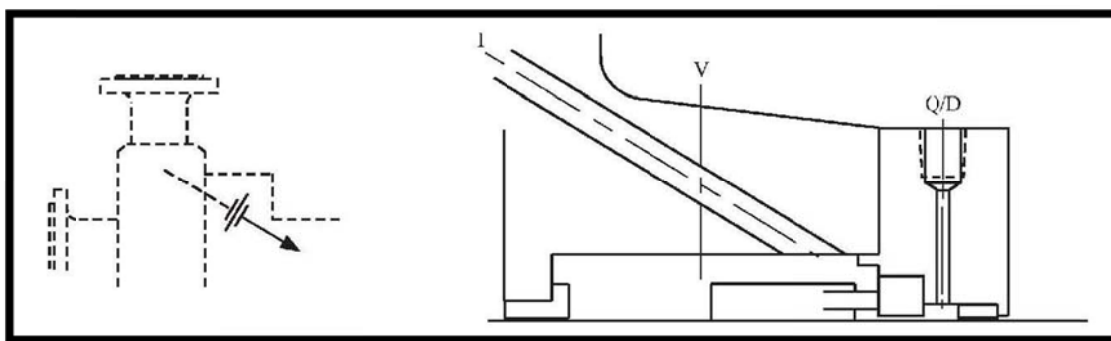
معرفی پلان‌های آب‌بندی

پلان 01 -



طرح‌واره پلان 01

پلان 01 مشابه پلان 11 است با این تفاوت که در این پلان جریان مستقیم به محفظه آب‌بند از یک خط داخلی که پشت پروانه و نزدیک خروجی می‌باشد، استفاده می‌شود. این پلان تنها برای سیالات تمیز توصیه شده است. پلان 01 ممکن است به جهت کاهش خطرات یخ‌زدگی سیال در خط فلاشینگ، برای سیالاتی که در دمای محیط جامد یا کریستال می‌شوند مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت باید توجه ویژه‌ای شود که گردش سیال برای عملکرد مطمئن آب‌بند کافی باشد.



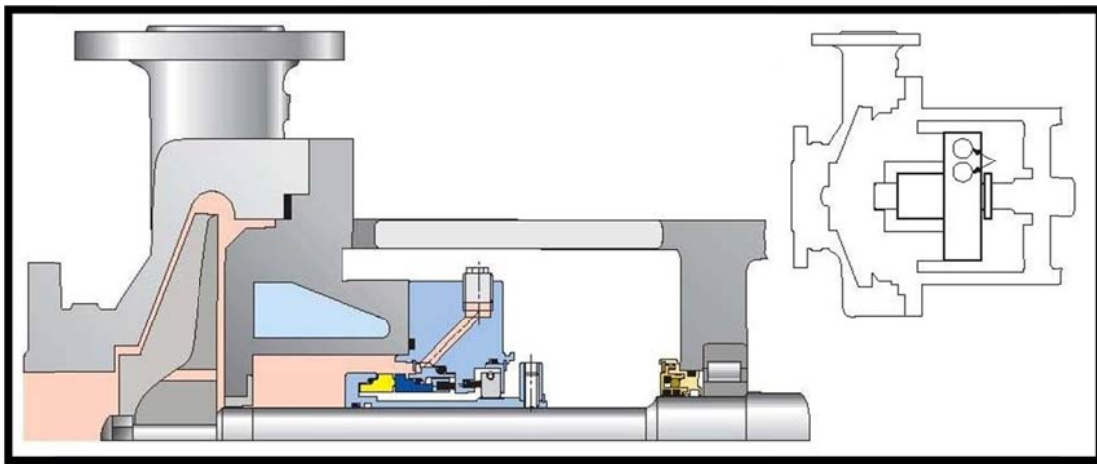
محفظة آب‌بند پلان 01: گردش داخلی از خروجی پمپ به آب‌بند. تنها برای پمپ‌های سیالات تمیز توصیه شده است. باید دقت شود که گردش کافی سیال برای شرایط پایدار وجوه آب‌بند ایجاد می‌شود.

V = هواگیری

I = ورودی

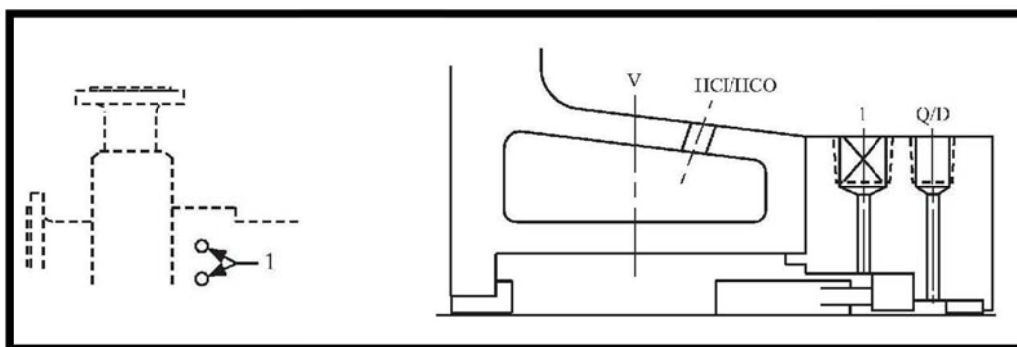
Q/D = کوئچ / تخلیه

- پلان 02



طرحواره پلان 02

پلان 02 یک محفظه آببند بسته بدون فلاشینگ می باشد. پلان 02 در صنایع شیمیایی و در کاربردهایی که فشار محفظه آببند و دمای فرآیند پایین می باشد، متداول تر است. این پلان ممکن است با محفظه آببندی که سوراخ مخروطی دارد و برای تسهیل در ورود سیال اصلاح شده است، مورد استفاده قرار گیرد. سیال فرآیند برای اجتناب از سایش در گلند یا قطعات آب-بند، باید نسبتاً تمیز باشد. فشار بخار سیال فرآیند به منظور اجتناب از بخار شدن در محفظه آببند یا وجوه آن باید مورد بررسی قرار گیرد. پلان 02 برای سیالات تمیز سرد با گرمای ویژه بالا، مانند آب و سرعت های نسبتاً پایین پمپ می تواند مورد استفاده قرار گیرد. وقتی این پلان استفاده می شود، باید اختلاف دمای سیال پمپ شونده به دقت مورد بررسی قرار گیرد.



محفظه آببند پلان 02: محفظه آببند انتها بسته بدون بازچرخش سیال فلاشینگ

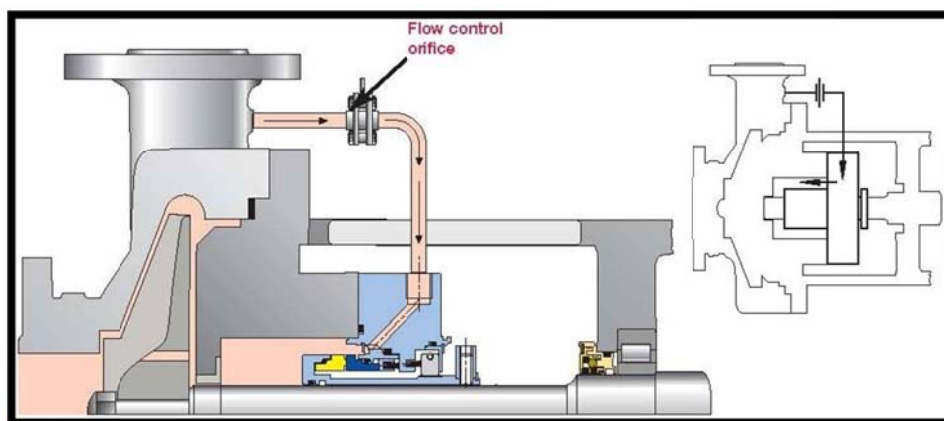
1: اتصالات مسدود شده برای امکان بازچرخش جریان در آینده

HCl = ورودی گرمایش / سرمایش اگر نیاز باشد.

ICO = خروجی گرمایش // سرمایش اگر نیاز باشد.

V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

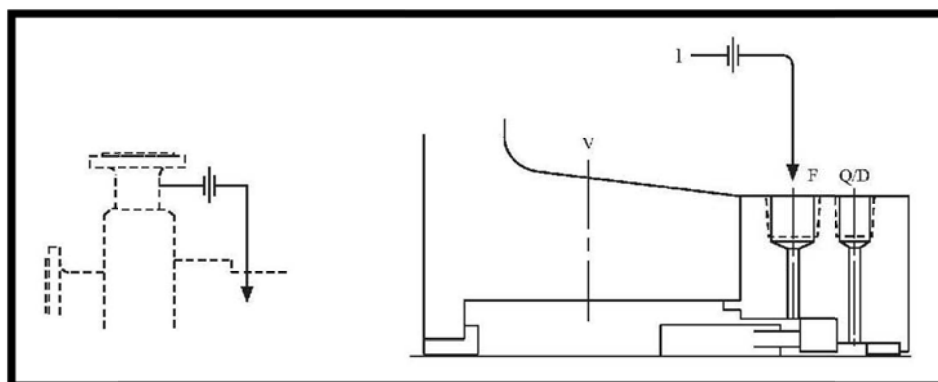
پلان 11 -



طرحواره پلان 11

پلان 11 پلان پیش فرض برای فلاشینگ آببند تمامی آببندهای تک می‌باشد. در پلان 11، سیال از خروجی پمپ به محفظه آببند فرستاده می‌شود. این سیال خنک‌کاری آببند و تخلیه هوا یا بخارات از محفظه آببند را بر عهده دارد. سیال پس از آن از طریق فضای خالی پشت آببند به داخل محفظه پمپ بر می‌گردد. این پلان متداول‌ترین پلان برای کاربردهای عمومی و تمیز می‌باشد. برای کاربردهای فشار بالا، باید توجه ویژه‌ای برای محاسبه دبی فلاشینگ مورد نیاز انجام گیرد. برای تعیین ابعاد اریفیس مناسب و بوش خفه‌کننده به منظور اطمینان از جریان فلاشینگ در آببند، محاسبات مورد نیاز است (در هر حال سایز اریفیس نباید کمتر از ۱/۸ اینچ یا ۳.۲ میلی‌متر باشد).

این پلان برای سیالاتی که شامل ذرات جامد ساینده می‌باشند یا سیالاتی که ممکن است پلیمر شوند، مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.



محفظة آببند پلان 11: بازچرخش از خروجی پمپ از طریق یک اریفیس کنترلی به آببند.
جریان ورودی به محفظه آببند برای وجوه آببندهای مکانیکی تنظیم می‌شود و جریان به پمپ برگردانده می‌شود.

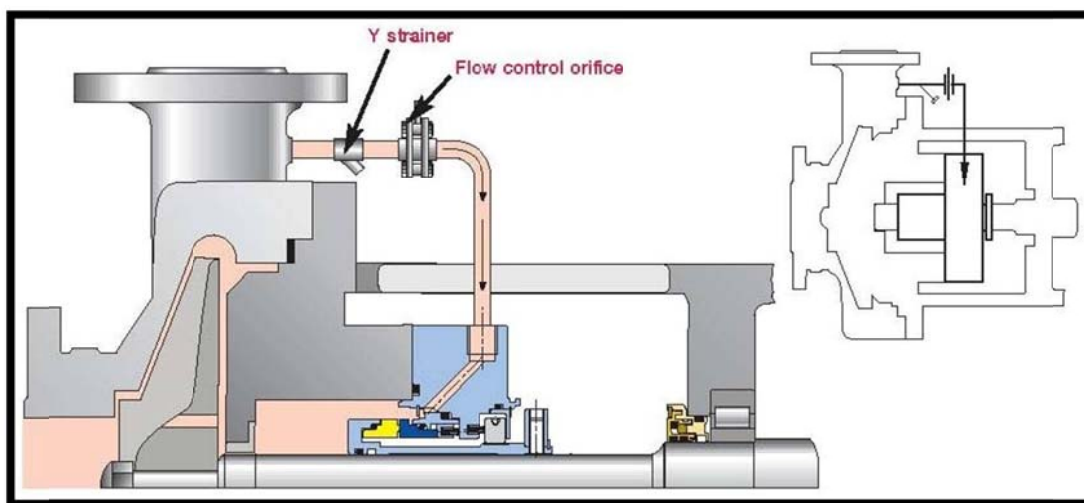
1: از خروجی پمپ

F: اتصال فلاشینگ

Q/D = کوئچ / تخلیه

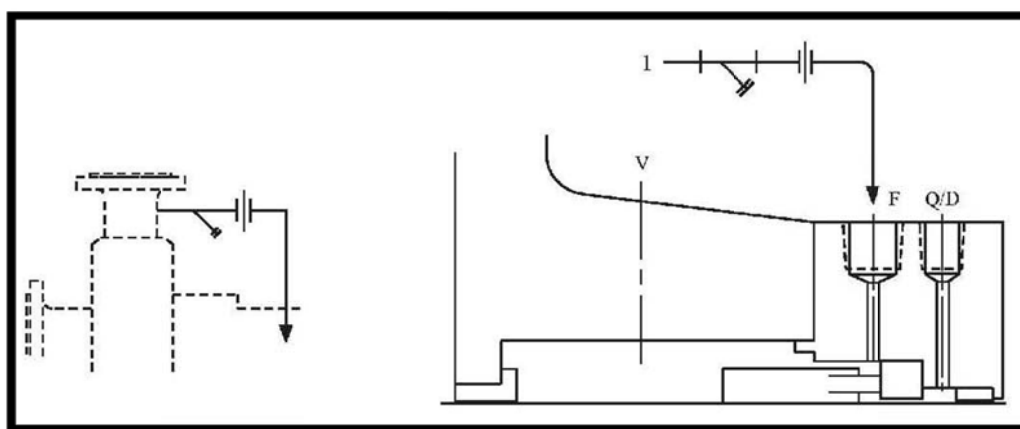
V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

- پلان 12



طرحواره پلان 12

پلان 12 مشابه پلان 11 می باشد، با این تفاوت که یک صافی نوع Y قبل از اریفیس نصب می شود. با نصب این صافی امکان فلاشینگ سیالات تا اندازه ای کثیف به محفظه آب بند امکان پذیر می شود. این پلان به خاطر قابلیت اطمینان پایین صافی نوع Y معمولاً عملکرد نامطمئنی داشته است.



محفظة آب بند پلان 12: بازچرخش از خروجی پمپ به آب بند از طریق یک صافی و اریفیس.
این پلان مشابه پلان 11 است اما با این تفاوت که یک صافی برای خارج کردن ذرات جامد معلق اضافه شده است.
عموماً صافی ها به خاطر امکان انسداد و خرابی آب بند، توصیه نمی شوند.

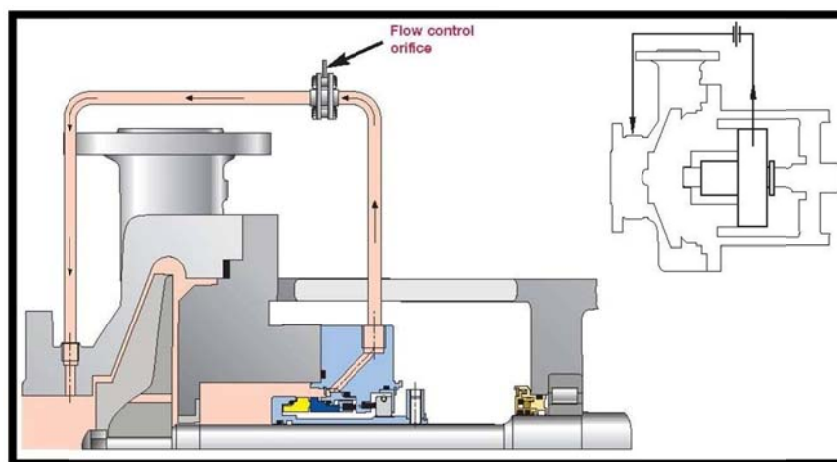
1: از خروجی پمپ

F: اتصال فلاشینگ

Q/D = کوئچ / تخلیه

V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

- پلان 13

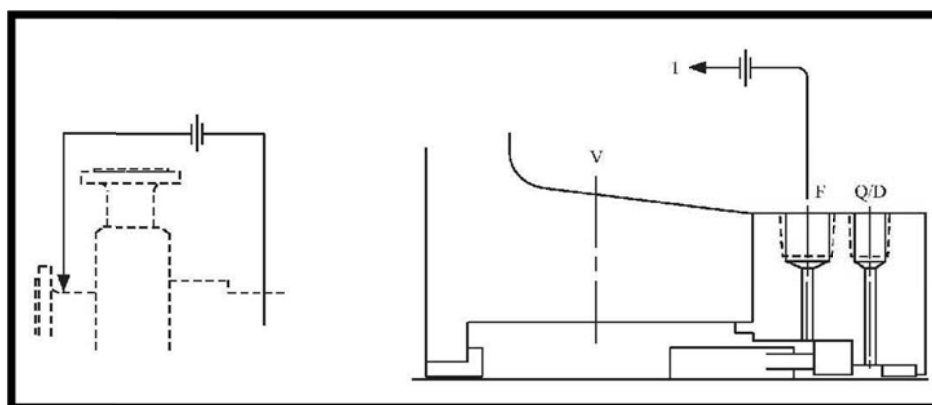


طرحواره پلان 13

پلان 13 پلان فلاشینگ استاندارد برای پمپ‌های عمودی است که پایین محفظه آب‌بند بوش خفه‌کننده نداشته باشند. فشار محفظه آب‌بند در پمپ‌های عمودی که بوش خفه‌کننده نداشته باشند، به طور عادی برابر با فشار کاری پمپ می‌باشد. به خاطر این جانمایی، اختلاف فشاری برای کارکرد پلان 11 وجود ندارد. در پلان 13، سیال از محفظه آب‌بند به مکش پمپ برگردانده می‌شود تا خنک‌کاری آب‌بند و هواگیری و تخلیه بخارات در محفظه آب‌بند فراهم شود. پلان‌های 1, 11, 12, 21, 22, 31 و 41 در ترکیب با پلان 13 برای پمپ‌های عمودی سری VS استفاده می‌شوند.

پلان 13 برای پمپ‌های عمودی خطی، خود هواگیر می‌باشد. اختلاف فشار برای گردش سیال کافی است و فشار محفظه آب‌بند برای جلوگیری از تشکیل بخار کفایت می‌کند.

همچنین پلان 13 برای پمپ‌های فشار بالا که استفاده از پلان 11 باعث انتخاب یک اریفیس با سایز خیلی کم می‌شود یا دبی فلاشینگ را بسیار زیاد می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پلان عموماً در پمپ‌های فشار پایین خیلی خوب عمل نمی‌کند چرا که اختلاف فشار کم بین محفظه آب‌بند و مکش پمپ پایین است. مناسب بودن عملکرد پلان 13 با محاسبه دبی فلاشینگ و در نتیجه محاسبه سایز اریفیس قابل تعیین می‌باشد.



محفظة آب‌بند پلان 13: بازچرخش جریان از محفظه آب‌بند پمپ به مکش آن از طریق یک اریفیس.

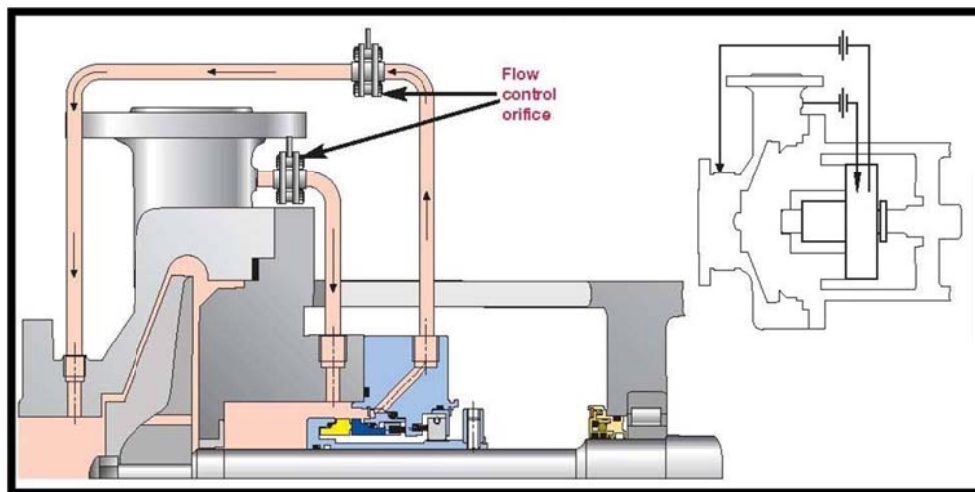
1: از خروجی پمپ

F: اتصال فلاشینگ

Q/D = کوئچ / تخلیه

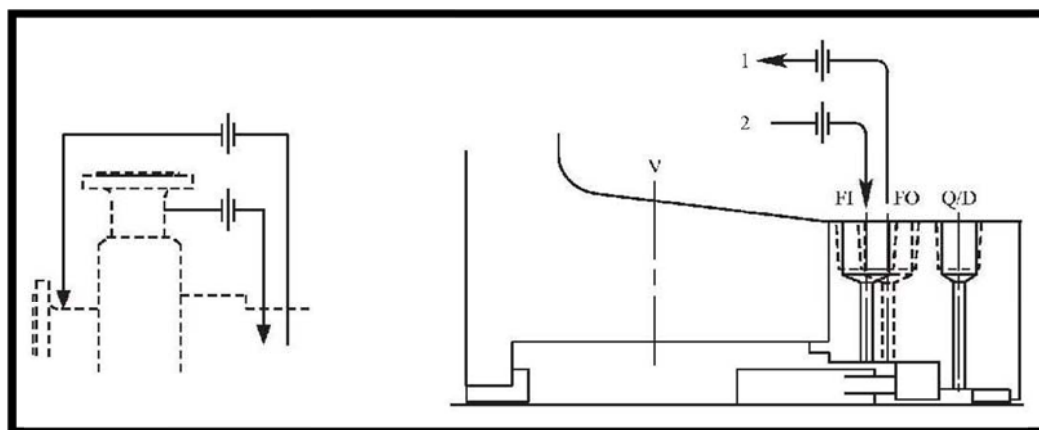
V = هواگیری (اگر نیاز شود)

- پلان 14



طرحواره پلان 14

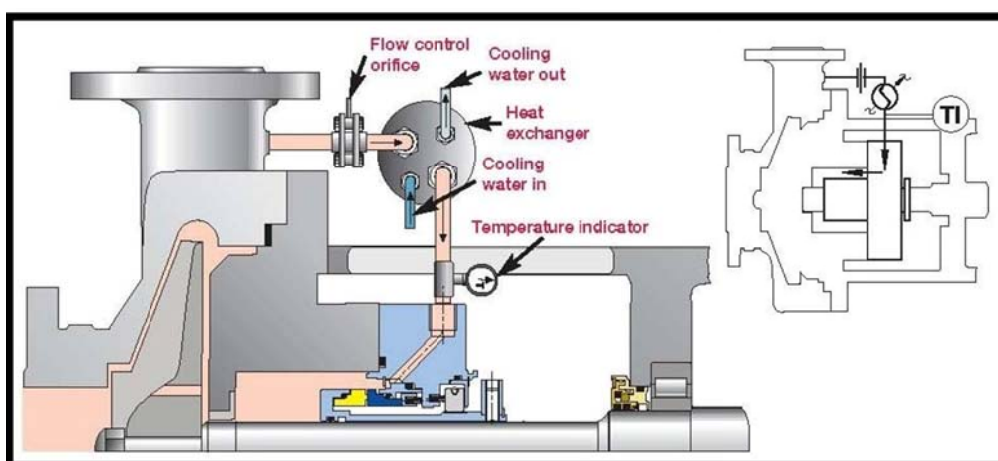
پلان 14 ترکیبی از پلان 11، گردش سیال از خروجی پمپ و پلان 13، گردش سیال به مکش پمپ می‌باشد. این پلان هم‌زمان تأمین جریان خنک‌کاری به محفظه آب‌بند (Plan 11) و هواگیری کامل محفظه آب‌بند (Plan 13) را فراهم می‌کند. استفاده از این پلان باعث کاهش فشار محفظه آب‌بندی نسبت به پلان 11 می‌شود. پلان 14 در پمپ‌های عمودی بیشترین کاربرد را دارد.



محفظة آب‌بند پلان 14: گردش جریان از خروجی پمپ به آب‌بند از طریق یک اریفیس کنترلی و همزمان بازچرخش آن از محفظه آب‌بند به مکش پمپ از طریق یک اریفیس کنترلی (اگر نیاز باشد). پلان 14 ترکیبی از پلان 11 و پلان 13 است.

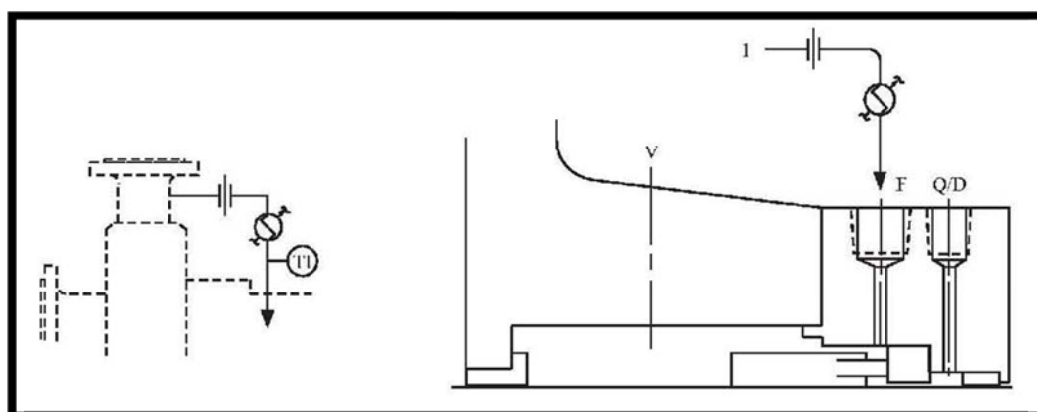
- 1: به سمت مکش پمپ
- 2: از سمت خروجی پمپ
- FI = ورودی فلاشینگ
- FO = خروجی فلاشینگ
- Q/D = کوئنچ / تخلیه
- V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

- پلان 21



طرحواره پلان 21

پلان 21 سیال خنک را به آب‌بند فلاشینگ می‌کند. در کاربردهای دمای بالا ممکن است جهت جلوگیری از تشکیل بخار یا رسیدن به محدودیت‌های دمایی قطعات الاستومری آب‌بند یا کاهش تشکیل کوک و پلیمر و همچنین بهبود خواص روان کاری (مثلاً در آب داغ)، خنک کردن سیال فلاشینگ مورد نیاز باشد. مزیت پلان 21 این است که نه تنها سیال خنک را فلاشینگ می‌کند، بلکه اختلاف فشار کافی برای جریان مناسب گردش سیال دارد. عیب این پلان این است که کارکرد کولر به شدت باعث تشکیل رسوبات و انسداد در سمت آب و اگر ویسکوزیته سیال فلاشینگ نیز بالا باشد، ممکن است باعث انسداد در سمت فرآیندی کولر شود. پلان 21 نسبت به پلان 23 انرژی بیشتری مصرف می‌کند چرا که سیال پمپ شده که برای فلاشینگ استفاده شده است باید مجدداً از مکش به خروجی، پمپ شود.



محفظه آب‌بند پلان 21: بازچرخش از خروجی پمپ به کولر از طریق یک اریفیس کنترلی و سپس به داخل محفظه آب‌بندی

1: از سمت خروجی پمپ

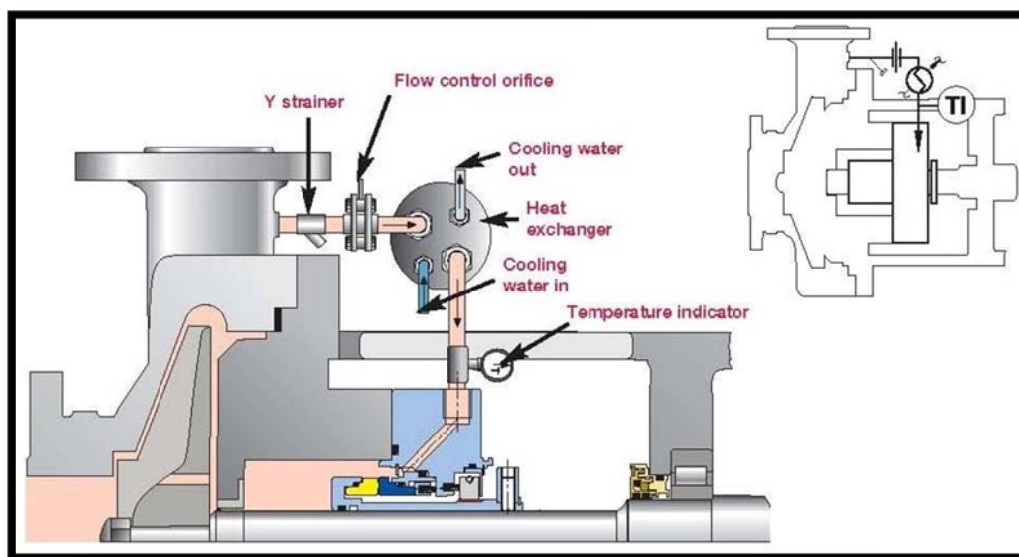
F = اتصال فلاشینگ

Q/D = کوئچ / تخلیه

TI = نمایشگر دما

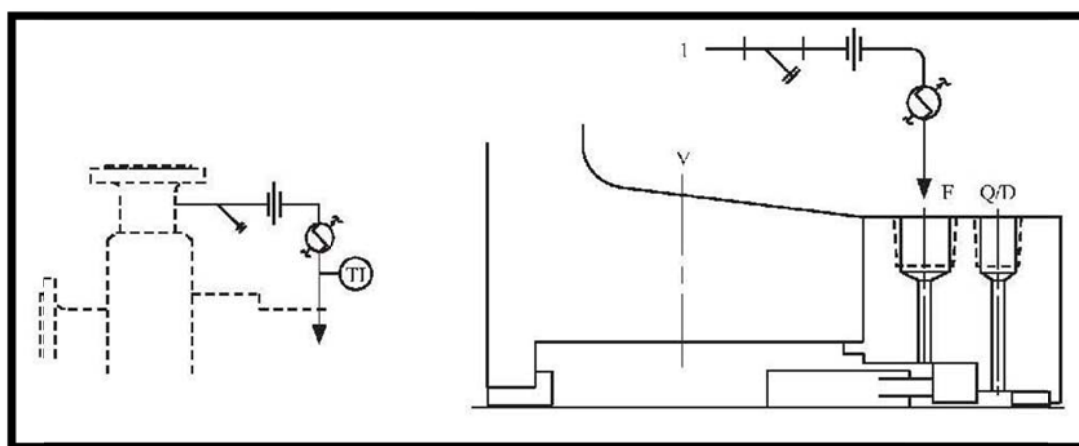
V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

- پلان 22



طرحواره پلان 22

پلان 22 مشابه پلان 21 است، با این تفاوت که یک صافی نوع Y قبل از اریفیس روی خط ورودی به کولر نصب می‌شود. با نصب این صافی امکان فلاشینگ سیالات تا اندازه‌ای کثیف به محفظه آب‌بند امکان‌پذیر می‌شود. مشابه پلان 12، این پلان به خاطر قابلیت اطمینان پایین صافی نوع Y معمولاً عملکرد نامطمئنی داشته است.



محفظه آب‌بند پلان 22: بازچرخش جریان از خروجی پمپ به داخل محفظه آب‌بند از طریق عبور از صافی، اریفیس کنترل جریان و کولر. عموماً صافی‌ها به خاطر امکان انسداد و خرابی آب‌بند، توصیه نمی‌شود. این پلان در استاندارد به عنوان یک مرجع نشان داده شده است اما برای عمر کاری ۳ سال تأیید نمی‌شود.

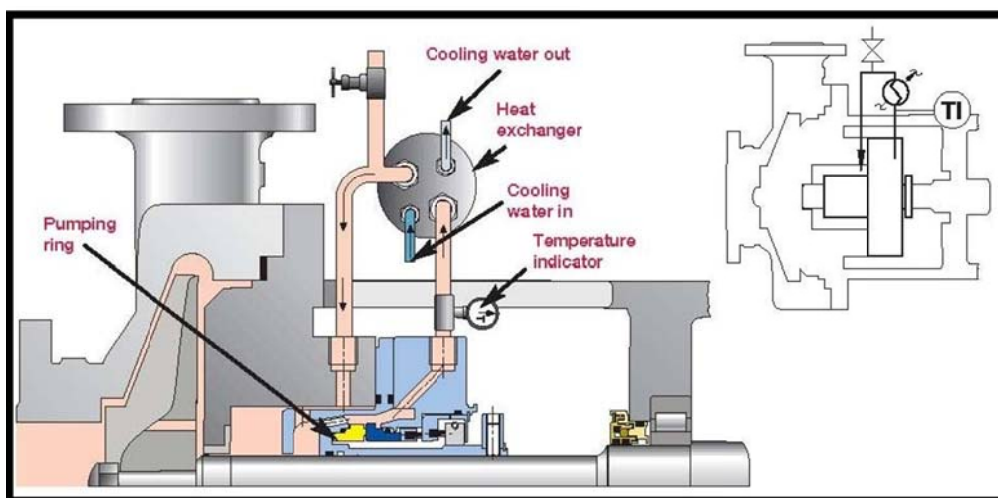
1: از سمت خروجی پمپ

F = اتصال فلاشینگ

Q/D = کوئچ / تخلیه

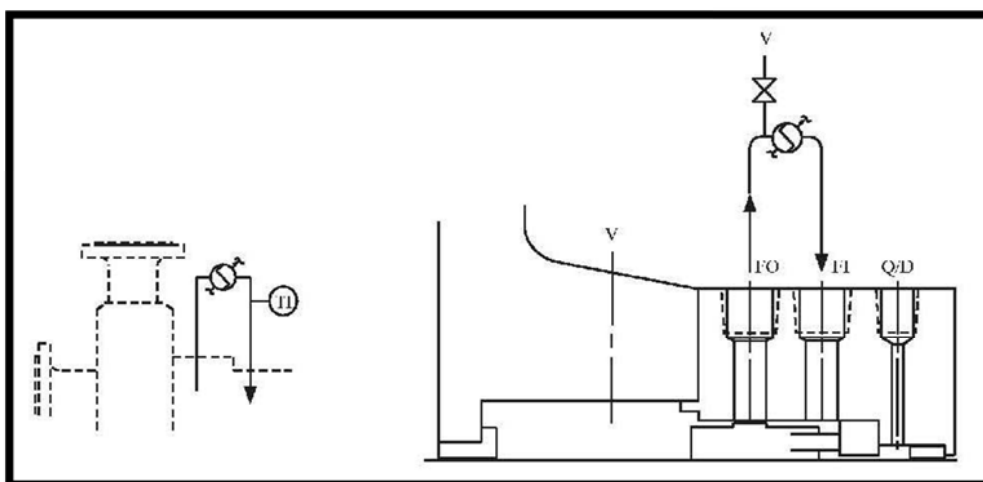
TI = نمایشگر دما

V = هواگیری (اگر نیاز باشد)



طرحواره پلان 23

پلان 23 برای تمامی سرویس‌های آب داغ، به‌ویژه پمپ تغذیه دیگ بخار و بسیاری از سرویس‌های هیدروکربن، انتخاب می‌شود. این پلان برای آب داغ ۸۰ درجه سانتی‌گراد و بالاتر و آب تغذیه دیگ بخار، انتخاب استاندارد است. این پلان همچنین در بسیاری از سرویس‌های هیدروکربن و مواد شیمیایی که لازم است اختلاف بین فشار در محفظه آب‌بند و فشار بخار سیال (در دمای محفظه آب‌بند) در حد مطلوب باشد، کاربرد وسیعی دارد. در یک پلان 23، کولر تنها گرمای تولید شده در وجه آب‌بند و گرمای منتقل شده از سیال فرآیند را خارج می‌کند. این وظیفه معمولاً بسیار کمتر از پلان 21 یا پلان 22 می‌باشد. این کاهش وظیفه بسیار مطلوب است چرا که عمر کولر را افزایش می‌دهد. صنایع تجربه‌های منفی بسیاری با پلان 21 و پلان 22 به خاطر انسداد کولر داشته‌اند.



محفظه آب‌بند پلان 23: بازچرخش از یک رینگ پمپاژ در محفظه آب‌بند به کولر و برگشت آن به محفظه آب‌بند. این پلان در کاربردهای دما بالا برای به حداقل رساندن بار گرمایی کولر می‌تواند استفاده شود. کولر تنها مقداری از سیال را که بازچرخش می‌شود، خنک می‌کند.

FI = ورودی فلاشینگ

FO = خروجی فلاشینگ

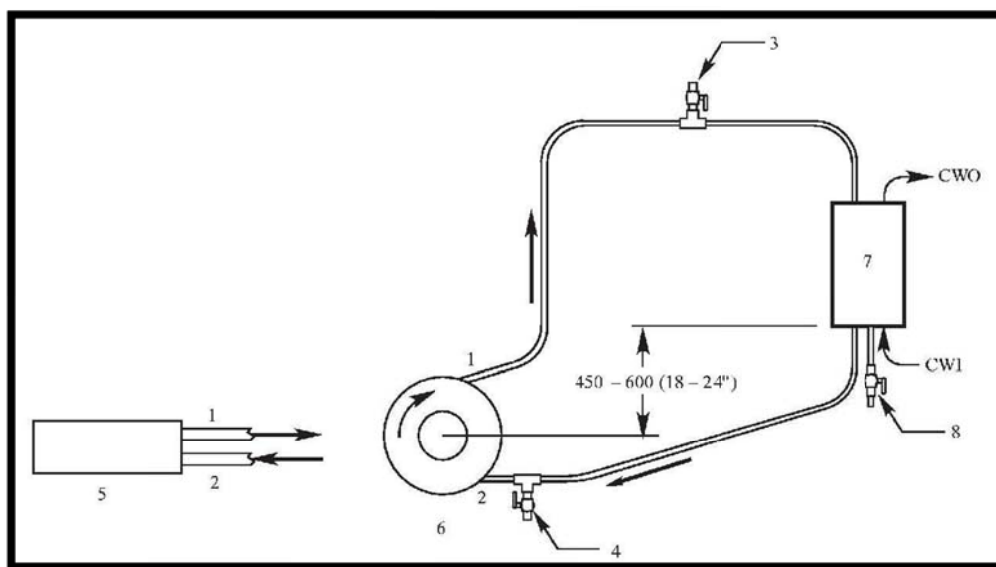
Q/D = کوئنج / تخلیه

TI = نمایش گر دما

V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

در پلان 23، سیال در محفظه آببندی از منطقه پروانه توسط بوش خفه کننده، ایزوله می شود. آببند به یک وسیله سیرکوله داخلی (رینگ پمپاژ Pumping Ring) مجهز شده است که سیال محفظه آببند را داخل کولر سیرکوله کرده و برمی گرداند. در این جانمایی کولر تنها سیال آببند را خنک می کند و این سیال خنک شده به فرآیند وارد نمی شود. این منجر به راندمان انرژی بالای این پلان می شود.

در حالتی که پمپ خاموش است تبادل گرما توسط اثر ترموسیفون انجام می گیرد و در شرایط کار تبادل گرما به کمک رینگ پمپاژ صورت می گیرد. استفاده از بوش خفه کننده در این پلان آببندی لازم است. سیالات با دمای یخ زدگی بالا و ویسکوز باید هنگام انتخاب پلان 23 مورد بررسی قرار گیرند. کولر ممکن است سیال را تا زیر دمای یخ زدگی خنک کند. در این کاربردها، استفاده از بخار به عنوان سیال خنک کننده یا استفاده از پلان 21 را مورد بررسی قرار دهید.



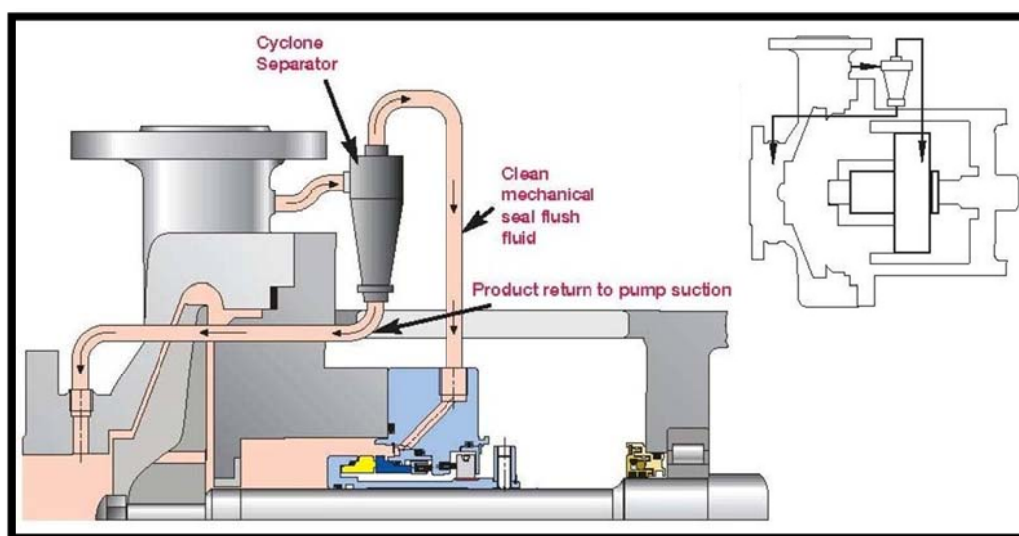
نصب نمونه وار یک سیستم سیرکولاسیون پلان 23

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. به سمت کولر آببند | 6. جانمایی برای کاربردهای پمپ افقی |
| 2. از سمت کولر آببند | 7. کولر آببند |
| 3. هواگیری در نقطه بالایی در اتصال لوله کشی | 8. تخلیه سرویس آب خنک کننده |
| 4. تخلیه در نقطه پایینی در اتصال لوله کشی اگر نیاز باشد. | CWI: ورودی آب خنک کننده |
| 5. جانمایی برای کاربردهای پمپ عمودی | CWO: خروجی آب خنک کننده |

تذکرات:

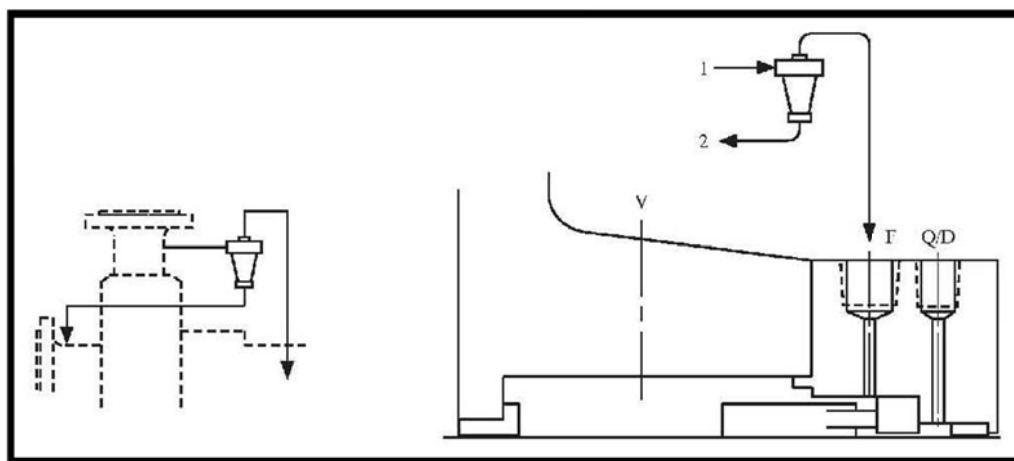
1. مایع خنک کاری در سمت پوسته است. سیال فرآیند در سمت تیوب است.
2. باید توجه شود که نصب کولر آببند، جانمایی لوله کشی و موقعیت هواگیری (ها)، باعث هواگیری کامل مجموعه می شود.
3. جانمایی کولر باید تخلیه سیال خنک کاری و سیال فرآیند را تأمین کند. ممکن است امکان پذیر نباشد که کولر آببند طوری نصب شود که هم هواگیری مناسب و هم تخلیه مناسب انجام شود، در این حالت، بسیار اهمیت دارد که کولر طوری نصب شود که هواگیری مناسب به طور کامل امکان پذیر شود.
4. برای لوله کشی، از لوله های صاف و با شعاع خم زیاد استفاده کنید. برای لوله کشی، تعداد زانویی های ۹۰ درجه را کمینه کنید، اگرچه خم های ۴۵ درجه ممکن است استفاده شود.
5. تمامی خطوط باید از گلند به سمت بالاترین نقطه تخلیه با شیب حداقل ۴۰ میلی متر در هر متر (0.5 اینچ در هر فوت) به صورت شیب دار باشند.
6. کولر آببند باید تا آن جا که امکان دارد به پمپ نزدیک باشد در حالی که هم زمان فضای کافی برای کارکرد و تعمیرات وجود داشته باشد. کولر نباید به طور مستقیم بالای پمپ نصب شود.

پلان 31 -



طرحواره پلان 31

پلان 31 تنها برای سرویس‌هایی که شامل ذرات جامد با وزن مخصوص دو برابر یا بیشتر از سیال فرآیندی می‌باشد به کار می‌رود. یک کاربرد نمونه‌ای این پلان در پمپاژ آب برای خارج کردن شن یا تفاله لوله از محیط محفظه آب‌بند می‌باشد. در پلان 31، سیال از خروجی پمپ به سیکلون فرستاده می‌شود. ذرات جامد از طریق نیروی گریز از مرکز جریان در سیکلون جدا و به مکش پمپ برگردانده می‌شود. سیال فلاشینگ تمیز از سیکلون به صفحه گلند محفظه آب‌بند حرکت می‌کند. اگر سیال فرآیند بسیار کثیف یا اسلاری باشد، پلان 31 ناکافی است و توصیه نمی‌شود. استفاده از بوش خفه‌کننده وقتی پلان 31 به کار می‌رود، توصیه می‌شود.



محفظه آب‌بند پلان 31: بازچرخش جریان از خروجی پمپ به یک سیکلون که سیال تمیز را به محفظه آب‌بند تخلیه می‌کند. ذرات جامد به خط مکش پمپ تخلیه می‌شود.

1: از سمت خروجی پمپ

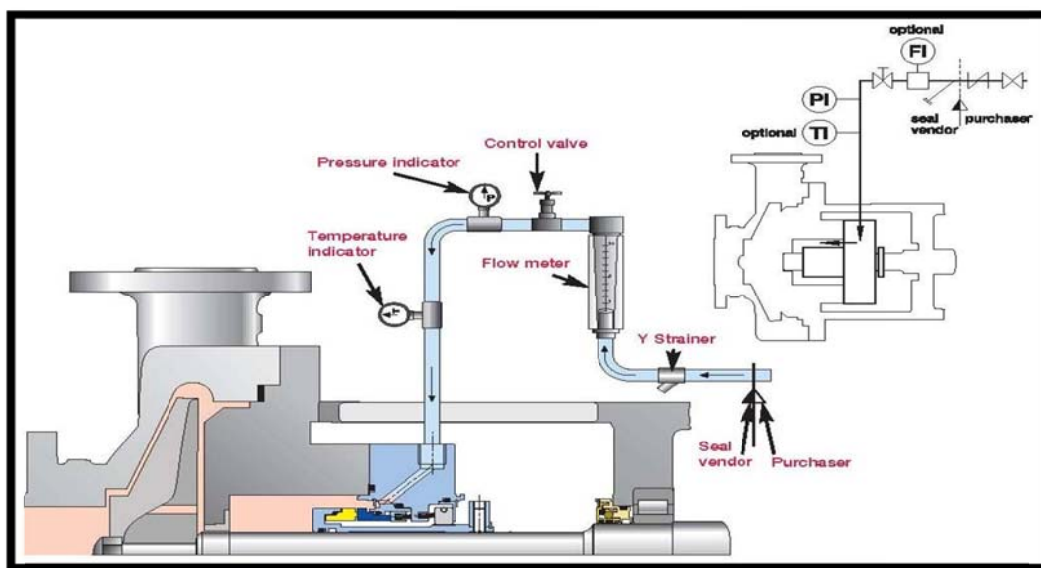
2: به سمت مکش پمپ

F = فلاشینگ

Q/D = کوئچ / تخلیه

V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

- پلان 32



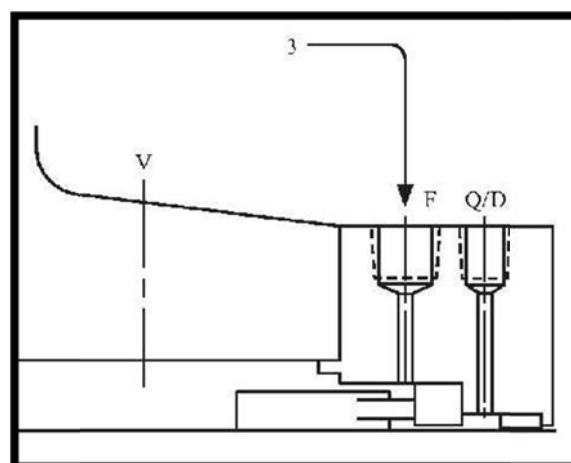
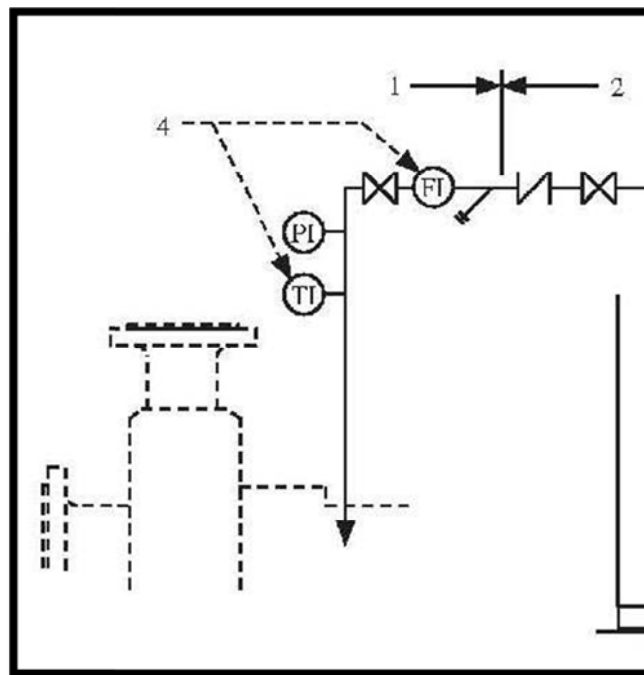
طرحواره پلان 32

پلان 32 در سرویس‌های شامل ذرات جامد یا آلوده استفاده می‌شود، جایی که فلاشینگ یک پاک‌کننده مناسب یا کولر خارجی محیط آب‌بند را بهبود می‌دهد. همچنین این پلان برای کاهش بخار شدن سیال یا نفوذ هوا (در سرویس‌های خلاء) به ناحیه وجوه آب‌بند از طریق فلاشینگ یک سیال با فشار بخار پایین‌تر و افزایش فشار محفظه آب‌بند به حد مطلوب، استفاده می‌شود. فلاشینگ خارجی باید پیوسته و قابل اعتماد باشد حتی در شرایط غیراستاندارد مانند لحظه روشن‌شدن یا خاموش‌شدن سیال خارجی همچنین باید با سیال فرآیند هم‌خوانی داشته باشد چرا که این سیال از محفظه آب‌بند به سیال فرآیند جریان خواهد یافت.

در پلان 32، سیال فلاشینگ از یک منبع خارجی تأمین و به آب‌بند می‌آید. تقریباً همیشه این پلان در ترکیب با یک بوش خفه‌کننده با لقی کم استفاده می‌شود. بوش می‌تواند هم به عنوان یک وسیله خفه‌کننده برای ثابت نگه داشتن فشار محفظه آب‌بند استفاده شود یا به عنوان یک جداکننده سیال فلاشینگ از سیال فرآیند مورد استفاده قرار گیرد.

پلان 32 تنها برای خنک‌کاری توصیه نمی‌شود، چرا که هزینه‌های انرژی می‌تواند بسیار بالا شود. هزینه‌های تنزل درجه سیال پمپ‌شونده نیز وقتی از پلان 32 استفاده می‌شود باید در نظر گرفته شود.

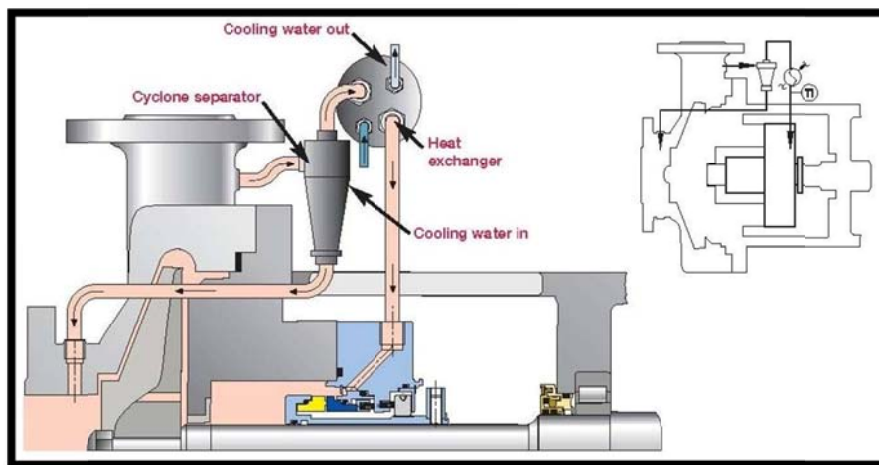
پلان 32 در کاربردهایی که سیال ممکن است اکسید شود یا تشکیل پلیمر دهد یا خواص روان‌کاری پایین دارند نیز توصیه شده است.



محفظه آب‌بند پلان 32: جریان فلاشینگ از یک منبع خارجی به داخل محفظه آب‌بند.
باید برای انتخاب یک منبع مناسب فلاشینگ به منظور حذف احتمال بخار شدن سیال فلاشینگ
و اجتناب از آلودگی سیال پمپ‌شونده، دقت کافی شود.

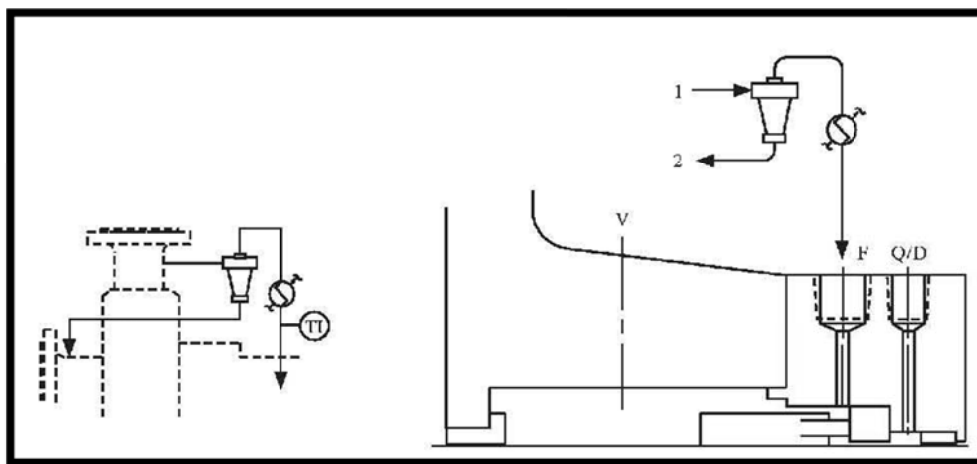
- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1: توسط فروشنده | F = اتصال فلاشینگ |
| 2: توسط خریدار | FI = نمایش گر جریان |
| 3: از سمت منبع خارجی | PI = نمایش گر فشار |
| 4: اختیاری | Q/D = کوئنج / تخلیه |
| | TI = نمایش گر دما |
| | V = هواگیری (اگر نیاز باشد) |

- پلان 41



طرحواره پلان 41

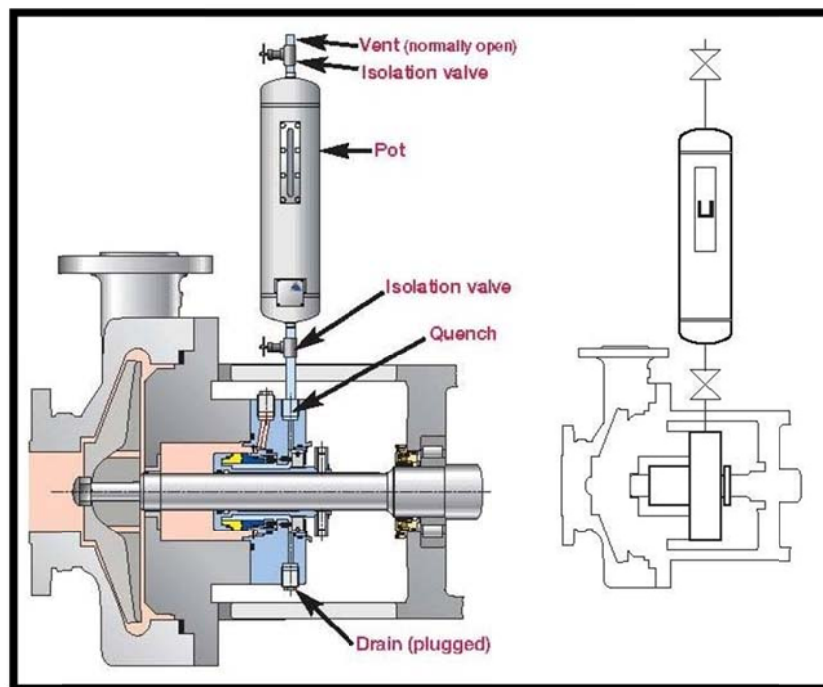
پلان 41 ترکیبی از پلان‌های 21 و 31 است و فقط برای سرویس‌های داغ که شامل ذرات جامد می‌باشد، تعیین شده است. ذرات جامد باید وزن مخصوص دو برابر یا بیشتر از سیال فرآیند داشته باشند. برای این پلان آب‌بندی، آب‌بند باید به خنک-کاری احتیاج داشته باشد. تمامی مزایا و معایبی که در پلان 21 و 31 توضیح داده شده است، برای پلان 41 نیز به کار می‌رود. یک کاربرد نمونه‌ای این پلان، سرویس آب داغ برای جداکردن ذرات جامد یا تفاله لوله از محیط محفظه آب‌بند می‌باشد. در پلان 41، سیال از خروجی پمپ به سیلکون فرستاده می‌شود. ذرات جامد از طریق نیروی گریز از مرکز از سیال جدا و به مکش پمپ ارسال می‌شوند. سپس سیال تمیز از سیلکون به کولر می‌رود و از آن جا پس از خنک‌شدن به محفظه آب‌بند فرستاده می‌شود. وقتی از پلان 41 استفاده می‌شود، تعبیه بوش خفه‌کننده برای پمپ توصیه می‌شود.



محفظة آب‌بند پلان 41: بازچرخش جریان از خروجی پمپ به یک سیلکون که سیال تمیز را از طریق یک کولر به محفظه آب‌بند تخلیه می‌کند. ذرات جامد به خط مکش پمپ تخلیه می‌شود.

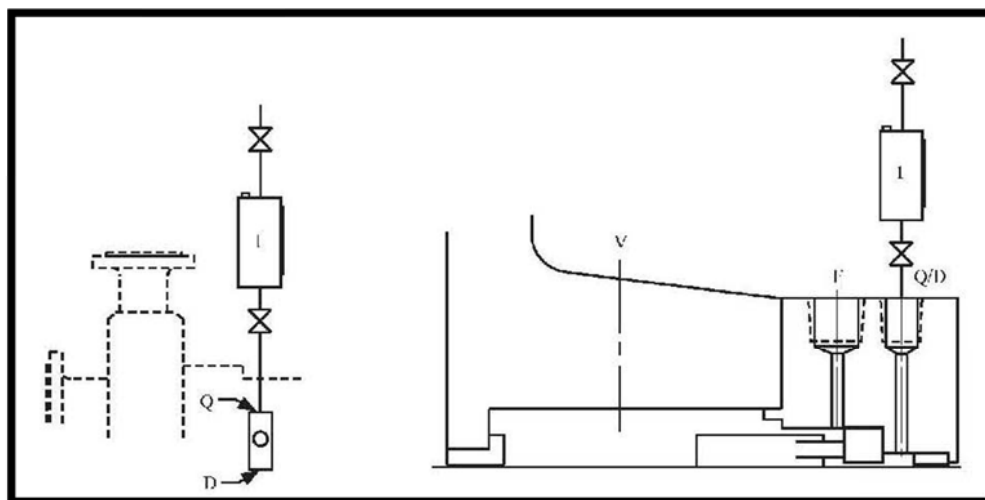
1: از سمت خروجی پمپ
2: به سمت مکش پمپ
 F = فلاشینگ
 Q/D = کوئنج / تخلیه
 V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

پلان 51 -



طرحواره پلان 51

پلان 51 جهت کوئنچ سمت اتمسفریک آب‌بند با استفاده از یک مخزن سیال مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً به جای این پلان از پلان‌های 61 یا 62 استفاده می‌شود.



محفظه آب‌بند پلان 51: مخزن خارجی که یک پوشش انتها بسته برای سیال به منظور کوئنچ ایجاد می‌کند.

1: مخزن

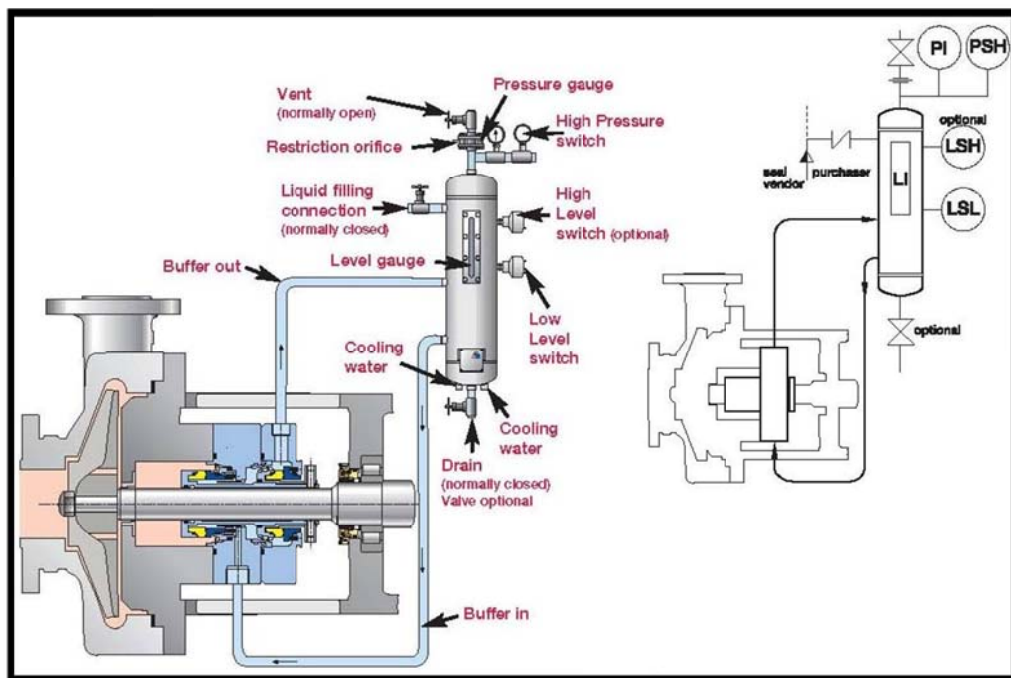
F = فلاشینگ

Q = کوئنچ

D = تخلیه (بسته شده است)

V = هواگیری (اگر نیاز باشد)

- پلان 52

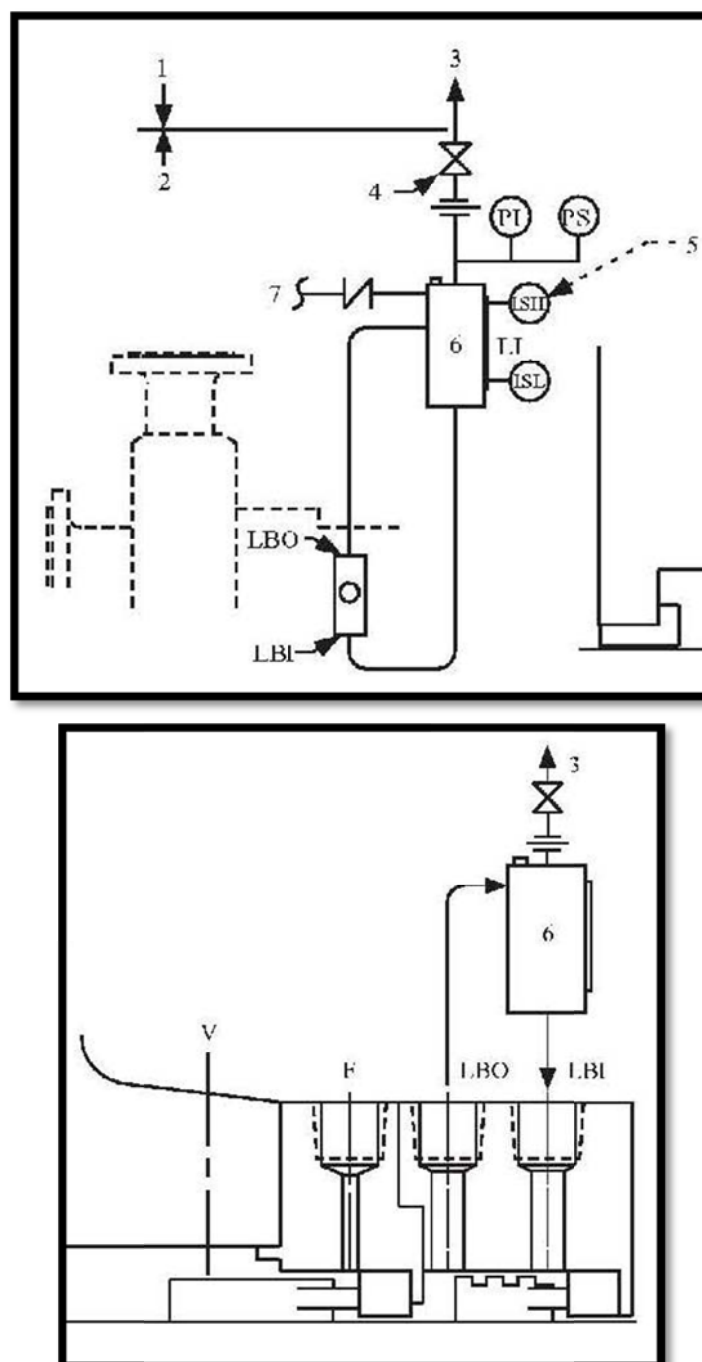


طرحواره پلان 52

پلان 52 یا جانمایی ۲، سیستم آببند دوگانه بدون فشار است که در سرویس‌هایی که نشتی به محیط اتمسفر مجاز نمی‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک سیستم پلان 52 شامل آببندهای مکانیکی دوگانه با یک سیال بافر بین آن‌ها می‌باشد. سیال بافر در سیل پات که به سیستم هواگیری متصل است، ذخیره می‌شود، بنابراین فشار سیال بافر نزدیک فشار اتمسفر باقی می‌ماند. نشتی آببند داخلی باعث نشتی به سیال بافر می‌شود. همیشه مقداری نشتی وجود دارد.

پلان 52 با سیالات تمیز که امکان تشکیل پلیمر ندارند و فشار بخار بیشتری نسبت به فشار سیال بافر (فشار اتمسفر) دارند، بسیار خوب کار می‌کند. این سیالات در سیل پات بخار می‌شوند و از طریق سیستم هواگیری خارج می‌شوند. اگر سیال فرآیند فشار بخار کمتری نسبت به سیال بافر با فشار سیال پات داشته باشد، نشتی به صورت مایع باقی می‌ماند و سیال بافر را آلوده می‌کند.

گردش سیال بافر بین آببند خارجی و سیل پات می‌تواند از طریق رینگ پمپاژ یا به صورت طبیعی (ترموسیفون) باشد. پلان 52 نباید برای سیالات کثیف یا سیالاتی که امکان تشکیل پلیمر دارند، استفاده شود. در این وضعیت‌ها پلان 53 باید به عنوان یک جایگزین مورد بررسی قرار گیرد.



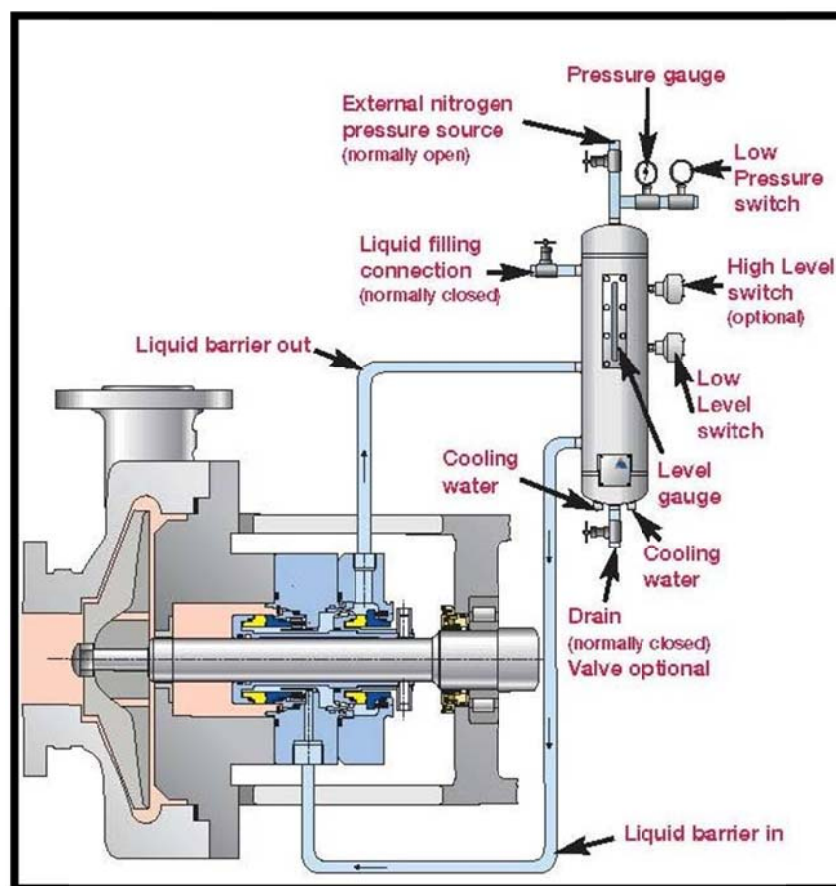
محفظه آب‌بند پلان 52: یک مخزن خارجی که سیال بافر را برای آب‌بند خارجی (جانمایی ۲) فراهم می‌کند. حین عملکرد عادی، باز چرخش سیال به وسیله یک رینگ پمپاژ داخلی ایجاد می‌شود. مخزن به صورت نرمال و پیوسته به یک سیستم یاز یاب بخار هواگیری می‌شود و فشار آن کمتر از فشار محفظه آب‌بند نگه‌داشته می‌شود.

1: توسط خریدار	LBI: ورودی سیال بافر	PI: نمایش گر فشار
2: توسط فروشنده	LBO: خروجی سیال بافر	PS: سوئیچ فشار
3: به سمت سیستم جمع آوری	LSH: سوئیچ سطح - بالا	V: هواگیری (اگر مشخص شده باشد)
4: به طور نرمال باز	LSL: سوئیچ سطح - پایین	
5: اگر مشخص شده باشد	LI: نمایش گر سطح	
6: مخزن	F: فلاشینگ	
7: تأمین سیال بافر	FI: نمایش گر جریان	

– پلان 53a، پلان 53b، پلان 53c

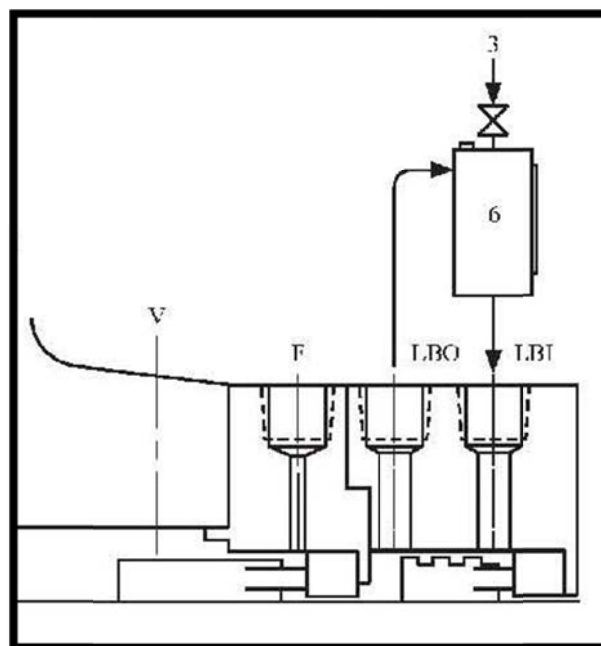
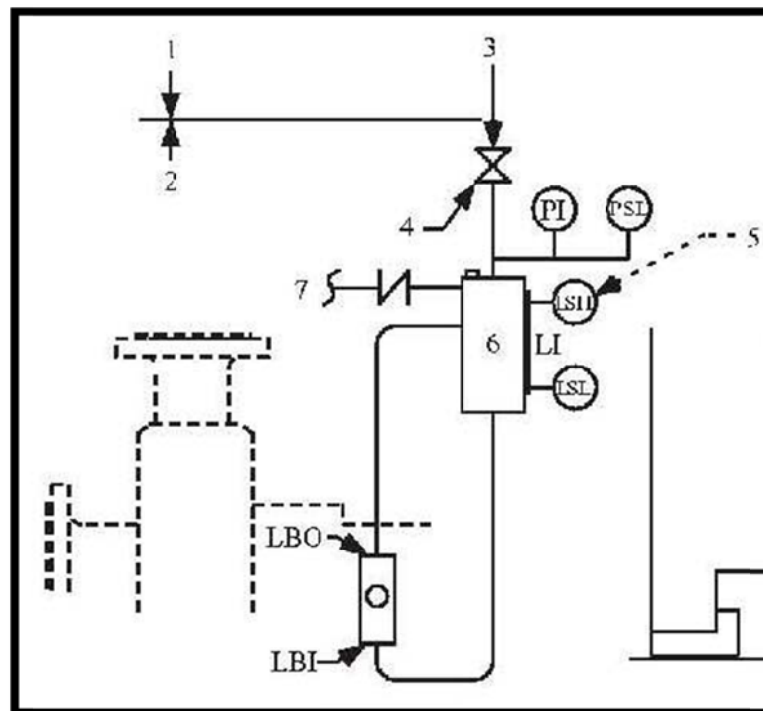
پلان 53 معمولاً وقتی که سیالات کثیف، ساینده یا سیالاتی که ممکن است پلیمر شوند، وجود داشته باشند و باعث آسیب به وجوه آببندها یا بروز مسائل و مشکلات با سیستم سیال بافر در پلان 52 می‌شوند، به جای پلان 52 استفاده می‌شود. دو عیب برای پلان 53 وجود دارد که باید مد نظر قرار گیرد. همیشه مقداری نشتی از سیال باربر به سیال فرآیند وجود دارد. نرخ نشتی می‌تواند با مونیتورینگ سطح سیال سیل پات، کنترل شود. اما، سیال فرآیند باید با مقدار کمی از آلودگی سیال باربر وفق داشته باشد. عیب دوم، یک سیستم پلان 53 وابسته به این است که فشار سیل پات در سطح مطلوبی باشد. اگر فشار سیل پات کاهش یابد، سیستم شروع به عملکرد مشابه پلان 52 می‌کند و ممکن است سیستم آببندی در این پلان مطلوب نباشد. به عبارت دیگر، جهت تشریح آببند داخلی عوض می‌شود و سیال باربر با سیال فرآیند آلوده می‌شود و ممکن است مشکلاتی ایجاد کند یا حتی سیستم آببندی خراب گردد.

• پلان 53a



طرح‌واره پلان 53a

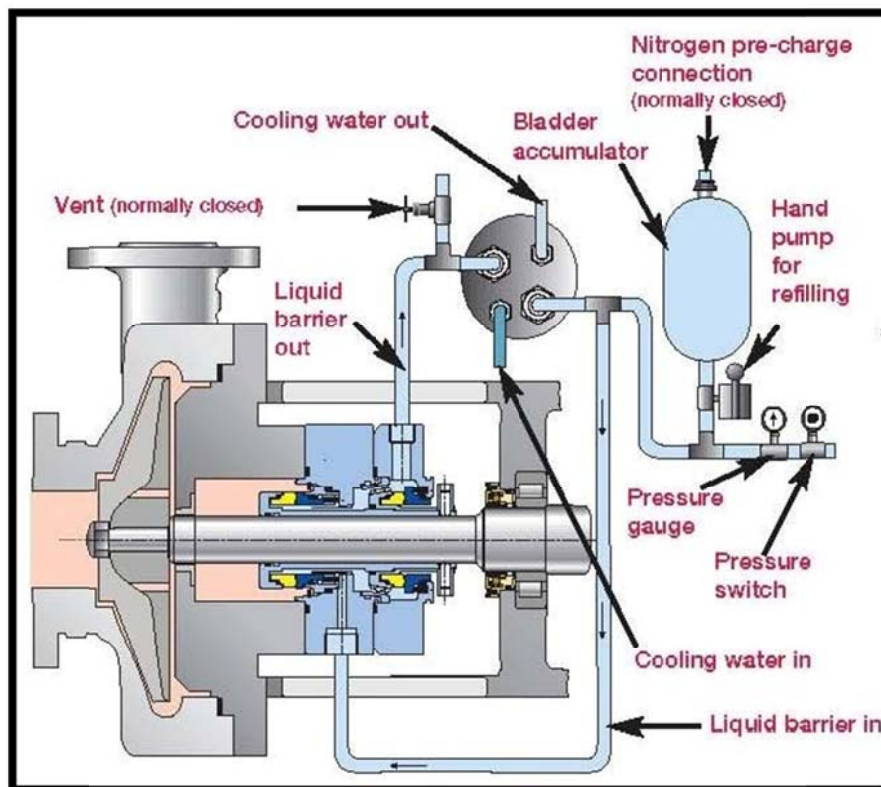
پلان 53 یا جانمایی ۳، سیستم آببند دوگانه با فشار است که در سرویس‌هایی که نشتی به محیط اتمسفر مجاز نمی‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک سیستم پلان 53a شامل آببندهای مکانیکی دوگانه با یک سیال باربر بین آن‌ها می‌باشد. سیال باربر در سیل پات که با فشاری تقریباً ۱.۵ بار بیشتر از محفظه آببند پمپ فشارسازی شده است، ذخیره می‌شود. نشتی آببند داخلی باعث نشتی سیال باربر به داخل پمپ می‌شود. همیشه مقداری نشتی وجود دارد. اگر فشار محفظه آببند بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر داشته باشد، یا بیشتر از ۳۴ بار (500 psig) باشد، تنش‌های وارد بر آببند خارجی با به کار بردن یک رگولاتر اختلاف فشار کنترلی که بین ۲۰ تا ۲۵ بالاتر از فشار محفظه آببند تنظیم می‌شود، کاهش می‌یابد.



محفظه آب‌بند پلان 53a : مخزن خارجی تحت فشار سیال باریر که سیال تمیز به محفظه آب‌بند تأمین می‌کند. گردش سیال بوسیله رینگ پمپاژ داخلی انجام می‌شود. فشار مخزن بیشتر از سیال فرآیندی است. این پلان با جانمایی ۳ استفاده می‌شود.

- | | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1 : توسط خریدار | LBI : ورودی سیال بافر | LSL : سوئیچ سطح - پایین |
| 2 : توسط فروشنده | LBO : خروجی سیال بافر | PI : نمایشگر فشار |
| 3 : از سمت منبع خارجی فشار | F : فلاشینگ | PSL : سوئیچ فشار - پایین |
| 4 : به طور نرمال باز | FI : نمایش گر جریان | V : هواگیر (اگر نیاز باشد) |
| 5 : اگر مشخص شده باشد | LI : نمایش گر سطح | |
| 6 : مخزن | LSH : سوئیچ سطح - بالا | |
| 7 : تأمین سیال باریر | | |

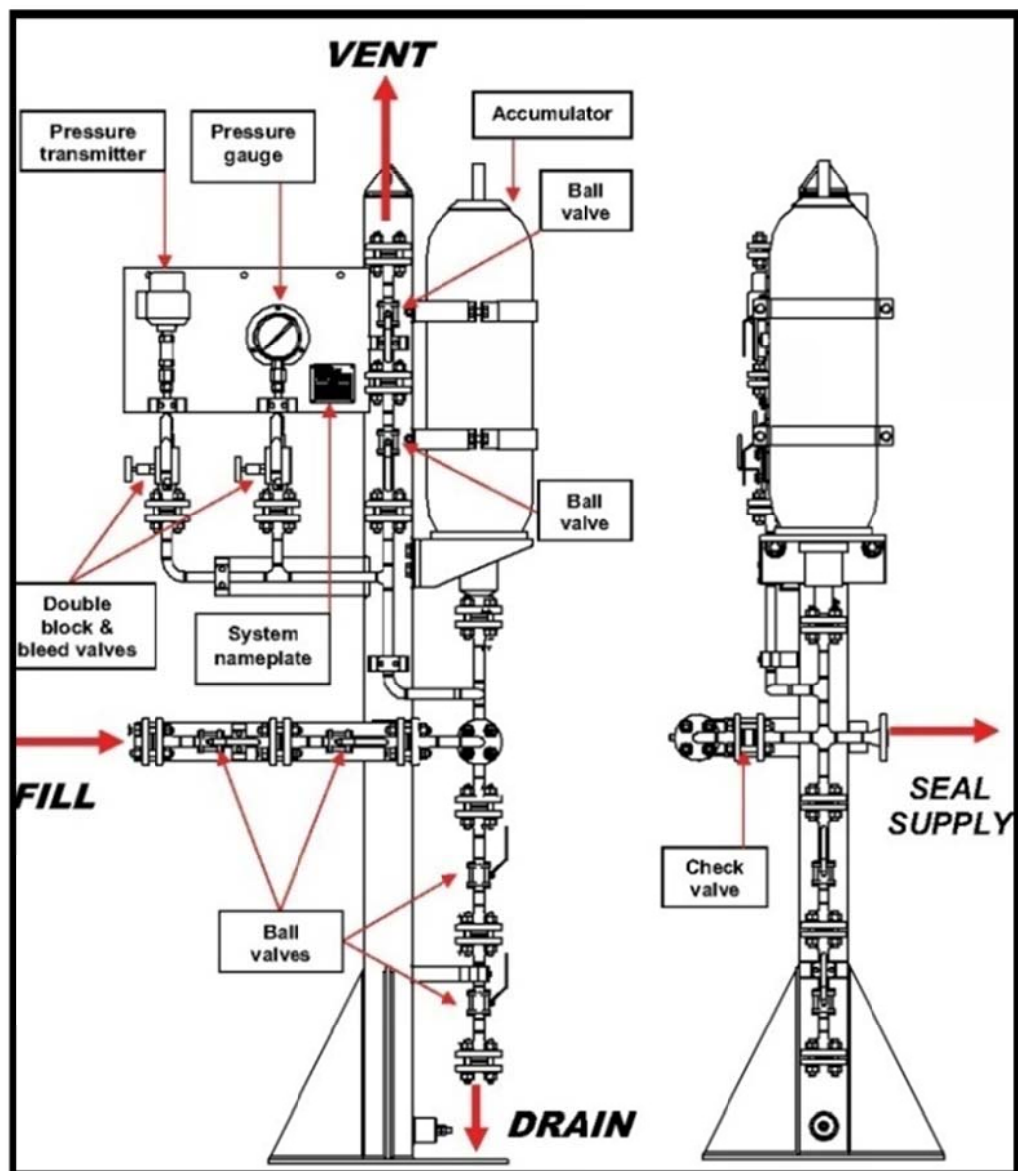
• پلان 53b



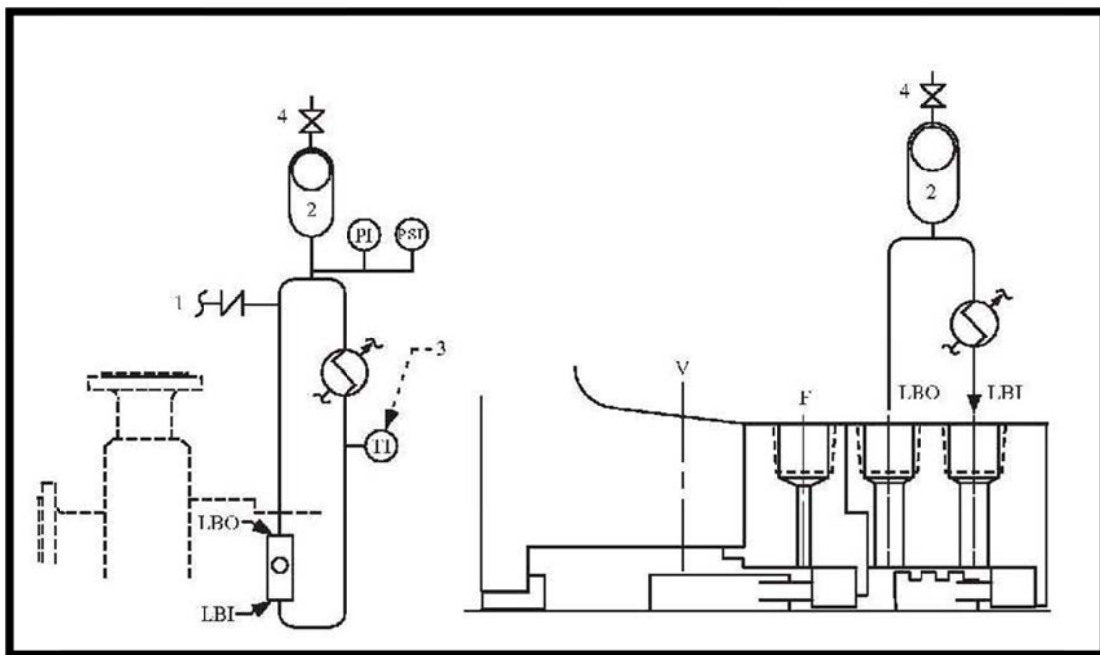
طرحواره پلان 53b

پلان 53b نیز شامل آببند دوگانه با فشار می‌باشد و تفاوت آن با پلان 53a در استفاده از یک انباره کیسه‌ای (Bladder type accumulator) برای فشارسازی در مدار آببند می‌باشد.

در پلان 53b از طریق انباره کیسه‌ای، تماس مستقیم گاز با سیال باریر حذف می‌شود. انباره قبل از پرکردن سیستم با سیال باریر، فشارسازی می‌شود.



طرحواره پلان 53b - سیستم هوا خنک (لوله‌های فین‌دار)

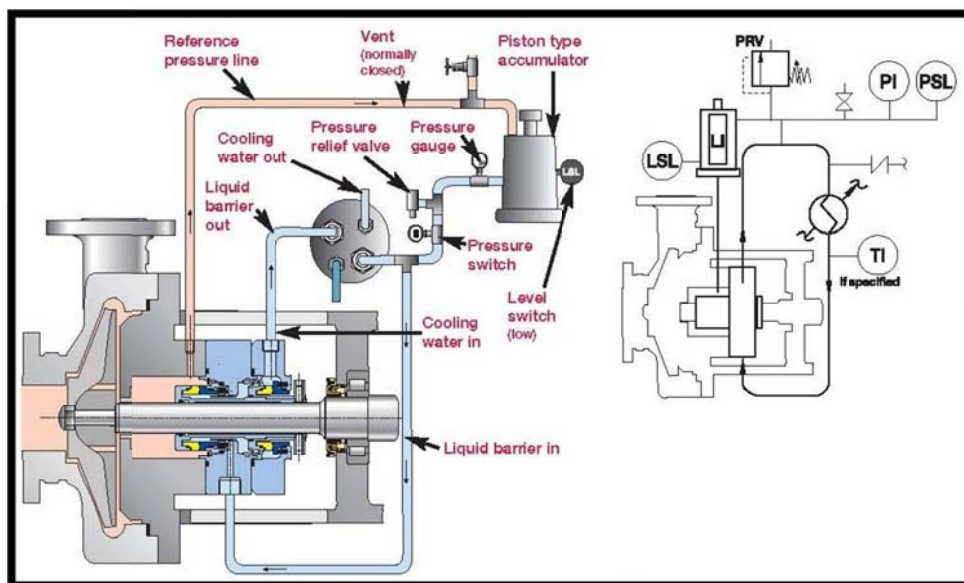


محفظه آب‌بند پلان 53b: لوله‌کشی خارجی که سیال را به آب‌بند خارجی یک آب‌بند دوگانه با فشار، تأمین می‌کند. انباره کیسه‌ای فشار سیستم گردش را تأمین می‌کند. جریان سیال بوسیله رینگ پمپاژ داخلی انجام می‌شود. گرمای سیستم سیرکولاسیون بوسیله مبدل هوا خنک یا آب خنک خارج می‌شود. این پلان با جانمایی ۳ استفاده می‌شود.

LBI: ورودی سیال باربر
LBO: خروجی سیال باربر
F: اتصال فلاشینگ
PI: نمایش گر فشار
PSL: سوئیچ فشار - پایین
V: هواگیری (اگر نیاز باشد)

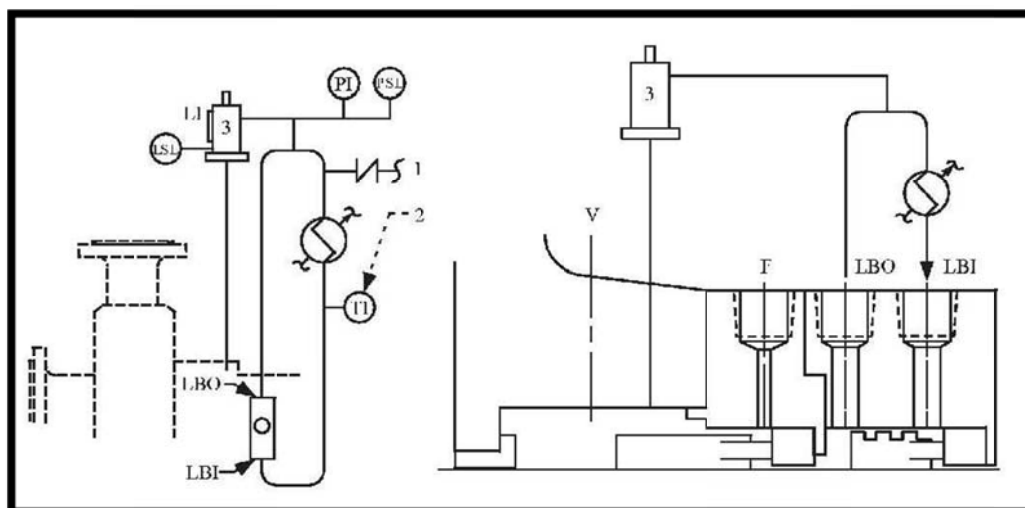
1: تأمین سیال باربر
2: انباره کیسه ای
3: اگر مشخص شده باشد
4: اتصال شارژ انباره

• پلان 53c



طرح‌واره پلان 53c

پلان 53c نیز یک آب‌بند دوگانه با فشار است ولی از یک انباره پیستونی برای فشارسازی استفاده می‌کند.



محفظه آببند پلان 53c: لوله‌کشی خارجی که سیال را به آببند خارجی یک آببند دوگانه با فشار، تأمین می‌کند. خطی که از محفظه آببند به انباره پیستونی متصل است، فشار سیستم سیرکولاسیون را تأمین می‌کند.

LSL: سوئیچ سطح - پایین
PI: نمایش گر فشار
TI: نمایش گر دما
V: هواگیری (اگر نیاز باشد)

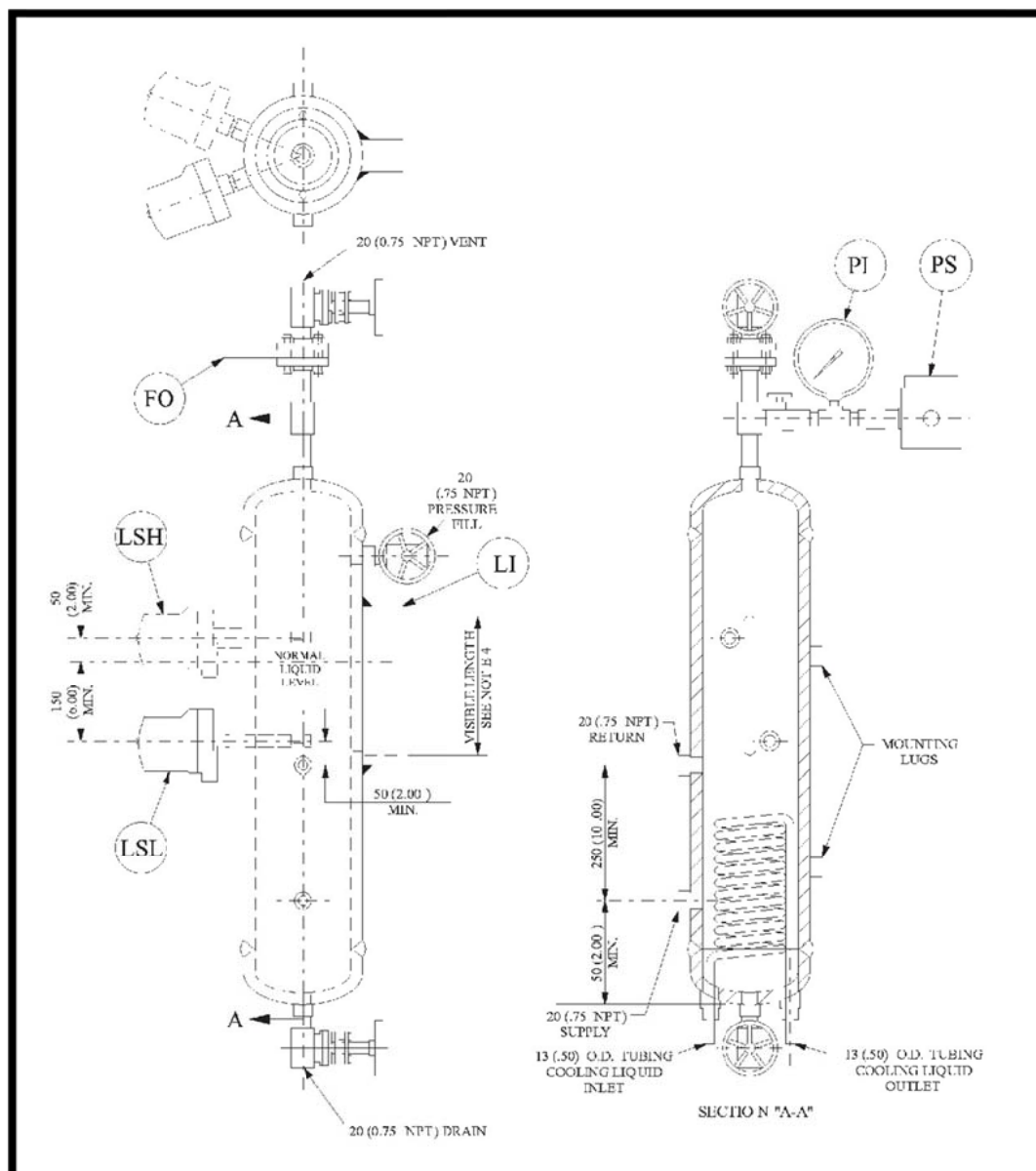
LBI: ورودی سیال باربر
LBO: خروجی سیال باربر
F: اتصال فلاشینگ
LI: نمایش گر سطح

1: تأمین سیال باربر
2: اگر مشخص شده باشد
3: انباره پیستونی

• معیارهای طراحی مخازن سیال بافر و باربر

- ارتفاع بین سطح مایع داخل ترموسیفون در حالت نرمال (NLL) و گلند آببند مکانیکی نباید کمتر از ۱ متر باشد.
- مخزن باید در بالاترین نقطه دارای شیر تخلیه (Vent) باشد و همچنین یک اتصال پرکن جداگانه داشته باشد.
- معمولاً یک اریفیس در خط تخلیه (Vent) برای محدود کردن جریان از مخزن و همچنین ایجاد فشار کافی جهت تخلیه نصب می‌شود.
- روی مخزن باید یک سوئیچ فشار (pressure switch) و یک گیج فشار بالای سطح بیشینه مایع High liquid level (HLL) نصب شود. خریدار باید مشخص کند که آیا نیازی به آلارم در موقع کاهش یا افزایش فشار دارد یا نه. توجه: در پلان ۵۲ (سیال بافر) وقتی فشار ترموسیفون بالا می‌رود یعنی آببند مکانیکی آسیب دیده است و در پلان ۵۳ وقتی فشار ترموسیفون کم می‌شود یعنی آببند مکانیکی آسیب دیده است. بنابراین معمولاً در پلان ۵۲ هنگامی که فشار افزایش پیدا می‌کند سوئیچ فشار آلارم می‌دهد و در پلان ۵۳ وقتی فشار کاهش پیدا می‌کند این اتفاق می‌بافتد.
- مخزن باید دارای آلارم Low level liquid (LLA) باشد. اگر مشخص شده باشد آلارم High Level Liquid (HLA) نیز می‌بایست فراهم شود.
- حجم مایع در مخزن در سطح نرمال مایع NLL می‌بایست حداقل برای قطر محورهای ۶۰ میلی‌متر و کمتر ۱۲ لیتر (۳ گالن) و برای قطر محورهای بالاتر حداقل ۲۰ لیتر (۵ گالن) باشد.

- سطح NLL باید حداقل ۱۵۰ میلی‌متر بالاتر از نقطه LLA باشد.
- حجم فضای بخار (گاز) در بالای سطح NLL در مخزن باید برابر یا بیشتر از حجم مایع بین NLL و نقطه Low Level Alarm (LLA) باشد.
- اگر آلام HLA تعبیه شده باشد، نقطه این آلام باید حداقل ۵۰ میلی‌متر بالاتر از سطح NLL باشد.
- نقطه LLA باید حداقل ۵۰ میلی‌متر بالاتر از بالای اتصال خط برگشت باشد.
- اتصال برگشت (ورودی به مخزن) سیال بافر/باریر باید حداقل ۲۵۰ میلی‌متر بالاتر از اتصال تغذیه (خروجی از مخزن) باشد.
- اتصال تغذیه سیال بافر/باریر باید حداقل ۵۰ میلی‌متر بالاتر از کف مخزن باشد.
- در کف مخزن یک شیر تخلیه (Drain) می‌بایست تعبیه شود.
- یک ترموسیفون استاندارد مطابق با شکل D.26 می‌باشد.
- تست ترموسیفون به همراه اتصالات و لوله‌کشی‌ها در صورتی که مشخص شده باشد می‌تواند مطابق با ASME B31.3 انجام شود.
- مخزن‌های ۱۲ لیتری باید از DN 150 / PN 40 و مخزن‌های ۲۰ لیتری از DN 200/PN40 ساخته شوند.
- پلاک ترموسیفون باید شامل MAWP، فشار تست هیدرواستاتیکی و کمینه و بیشینه دمای مجاز باشد. پلاک می‌بایست به مخزن متصل شود.
- مخزن و تمامی لوله‌کشی‌ها و اتصالات جوشی که مستقیماً به ترموسیفون متصل شده‌اند می‌بایست از فولاد ضدزنگ AISI 316 L باشند.
- اتصالات خطوط سیال بافر/باریر از مخزن به آب‌بند مکانیکی باید برای قطر محورهای ۶۰ میلی‌متر و کمتر ۱۲ میلی‌متر و برای قطر محورهای بزرگ‌تر اگر عملی باشد، ۱۸ میلی‌متر باشد.
- تمامی اتصالات به مخزن باید رزوه‌ای باشد (منظور اتصالات لوله‌کشی‌ها می‌باشد).
- تمامی ترموسیفیون‌ها مجهز به کویل خنک‌کننده می‌باشند. مشخصات فنی کویل‌های خنک‌کننده به شرح ذیل می‌باشد:
- الف) کمینه سائز کویل‌های خنک‌کننده پس از محاسبات مربوط به انتقال حرارت بدست می‌آید.
- ب) کویل باید به صورت داخلی در مخزن تعبیه شود به صورتی که بالاترین سطح کویل، پایین اتصال خط برگشتی باشد. سیال خنک‌کننده داخل لوله کویل می‌باشد.
- پ) لوله کویل از جنس فولاد ضدزنگ و با قطر ۱۲ میلی‌متر و حداقل ضخامت دیواره ۱.۶ میلی‌متر (۶۵ هزارم اینچ) می‌باشد.
- ت) هیچ‌گونه اتصالاتی در قسمت‌های از کویل که در مخزن نصب می‌شود مورد قبول نمی‌باشد.



مخزن بیرونی استاندارد سیال بافر / باریر

تذکرات:

1. برای تعریف اجزا به متون بالا مراجعه شود.
2. خطوط نقطه چین برای قطعات نشان دهنده این است که در صورتی که مشخص شده باشد، تأمین می شود.
3. ابعاد به میلی متر می باشند. اعداد داخل پرانتز به اینچ هستند.
4. طول قابل مشاهده از زیر LSL تا ۷۵ میلی متر (۳ اینچ) بالای NLL یا ۲۵ میلی متر (۱ اینچ) بالای LSH امتداد دارد.

FO: اریفیس جریان

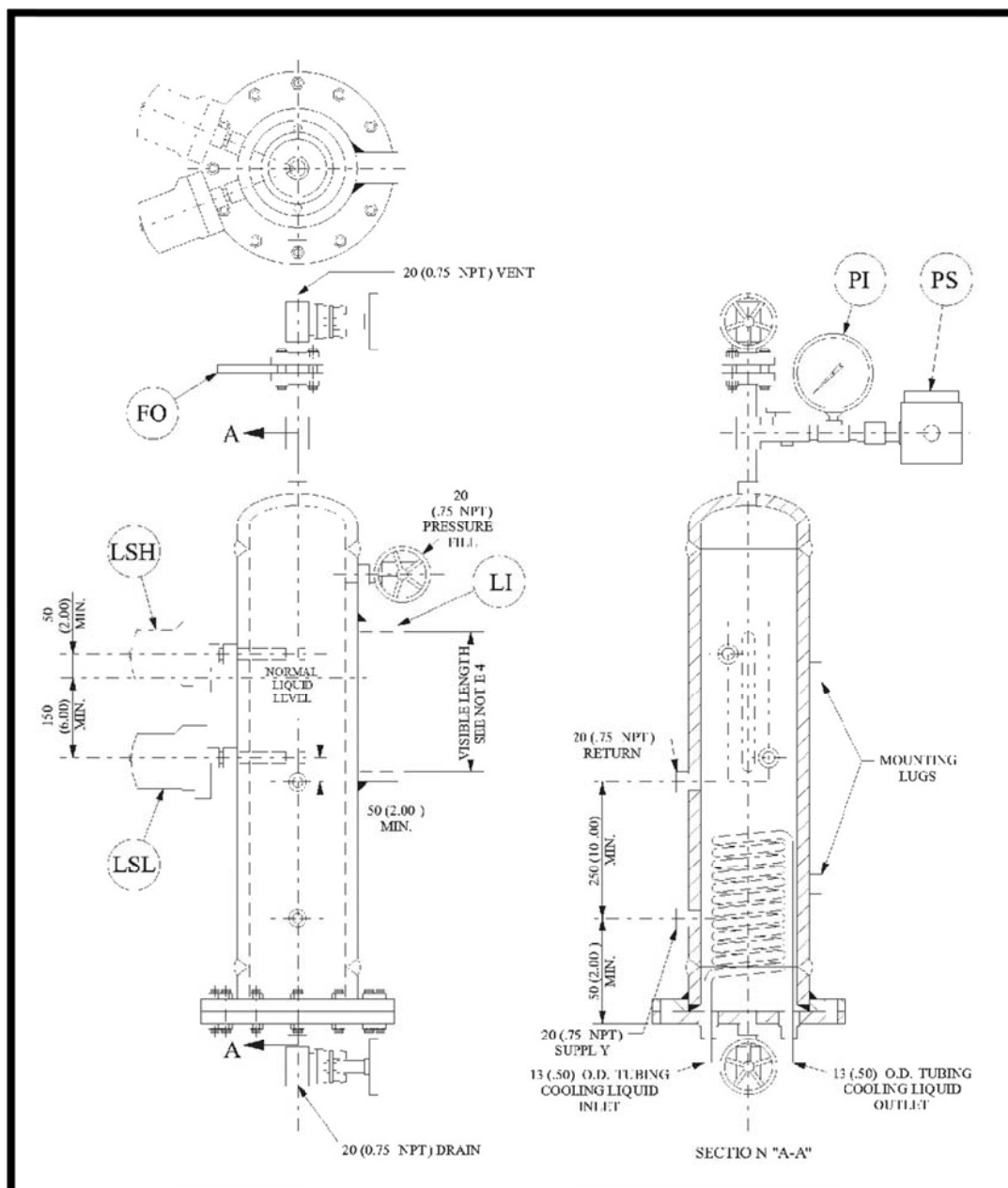
LSH: سوئیچ سطح - بالا

LSL: سوئیچ سطح - پایین

LI: نمایش گر سطح

PI: نمایش گر فشار

PSH: سوئیچ فشار - بالا



مخزن بیرونی سیال بافر/ باربر (طراحی جایگزین)

تذکرات:

1. برای تعریف اجزا به متون بالا مراجعه شود.
2. خطوط نقطه چین برای قطعات نشان دهنده این است که در صورتی که مشخص شده باشد، تأمین می شود.
3. ابعاد به میلی متر می باشند. اعداد داخل پرانتز به اینچ هستند.
4. طول قابل مشاهده از زیر LSL تا ۷۵ میلی متر (۳ اینچ) بالای NLL یا ۲۵ میلی متر (۱ اینچ) بالای LSH امتداد دارد.

FO : اریفیس جریان

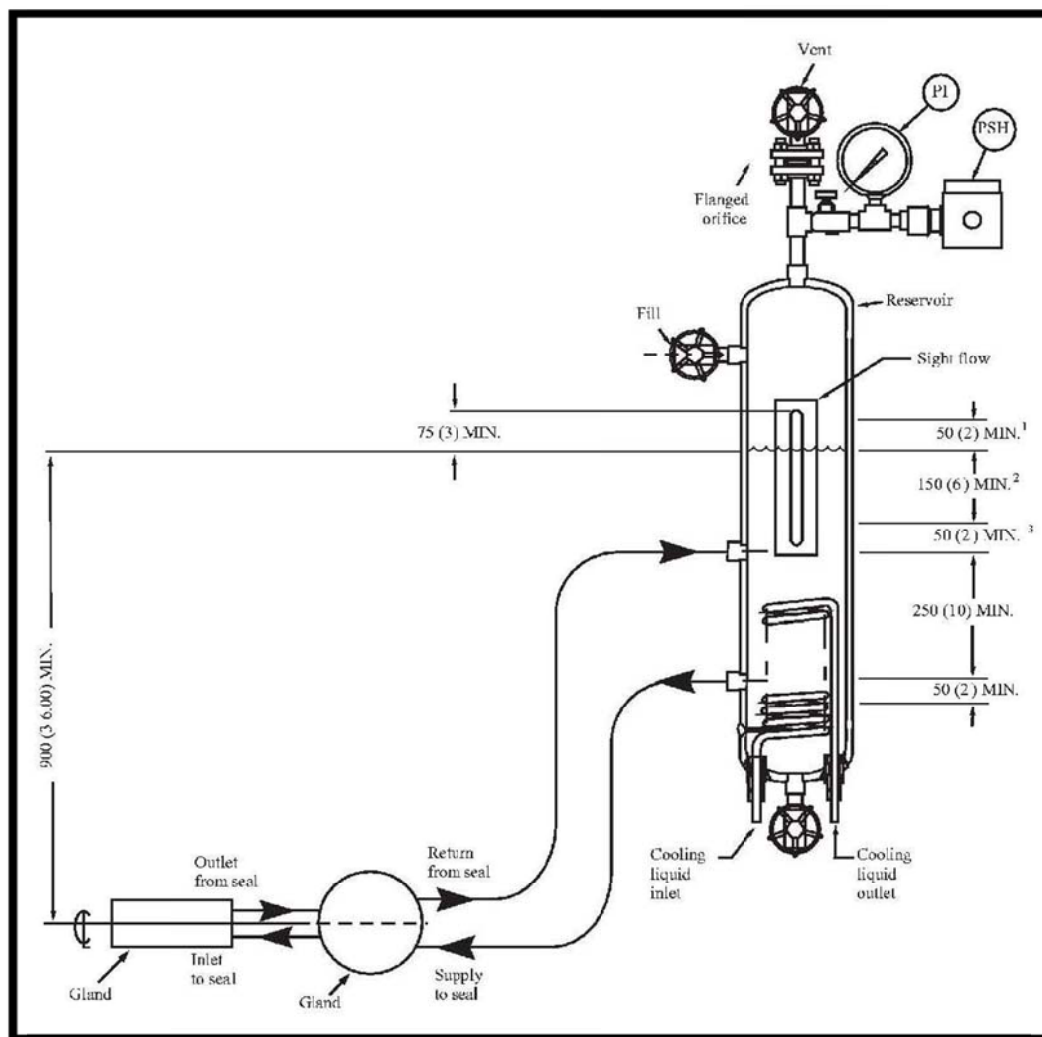
LSH : سوئیچ سطح - بالا

LSL : سوئیچ سطح - پایین

LI : نمایش گر سطح

PI : نمایش گر فشار

PSH : سوئیچ فشار - بالا



نصب نمونه‌وار یک مخزن سیال بافر / باربر

1: آلارم سطح بالا، نصب شده در این محدوده

2: سطح نرمال مایع NLL

3: آلارم سطح پایین، نصب شده در این محدوده

تذکرات:

۱. برای لوله‌کشی، از لوله‌های صاف و با شعاع خم زیاد استفاده کنید. برای لوله‌کشی، تعداد زانویی‌های ۹۰ درجه را کمینه کنید، اگرچه خم‌های ۴۵ درجه ممکن است استفاده شود.
۲. تمامی خطوط باید از گلند به سمت بالاترین نقطه تخلیه با شیب حداقل ۴۰ میلی‌متر در هر متر (0.5 اینچ در هر فوت) به صورت شیب‌دار باشند.
۳. کولر آب‌بند باید تا آن‌جا که امکان دارد به پمپ نزدیک باشد در حالی که هم‌زمان فضای کافی برای کارکرد و تعمیرات وجود داشته باشد. کولر نباید به طور مستقیم بالای پمپ نصب شود. اگر لازم باشد خطوط داغ باید برای ایمنی، عایق شوند.

📖 مبانی محرک‌های الکتریکی – بخش اول

کلیات

موتورهای الکتریکی به طور وسیعی در پمپ‌های سانتریفیوژ استفاده می‌شوند. موتورهای القایی سه فاز در محدوده عملکرد وسیعی در دسترس می‌باشند. موتورهای جریان متناوب تک فاز تنها زمانی که منبع سه فاز در دسترس نیست مورد استفاده قرار می‌گیرند. موتورهای جریان مستقیم برای تجهیزات اضطراری که نیاز است حتی زمانی که منبع اصلی برق از کار بیافتد به کار خود ادامه دهند مورد استفاده قرار می‌گیرند. مانند پمپ‌های روغن روان‌کاری اضطراری. این موتورها عموماً از باتری تغذیه بدون وقفه (UPS) تغذیه می‌شوند.

۱. منبع برق

۱.۱. جریان و ولتاژ

جریان الکتریکی حرکت ذرات باردار منفی (الکترون‌ها) درون مواد رسانا، نیمه رسانا، مایعات (الکتrolیت) و گازها است که بار الکتریکی را حمل می‌کنند. پتانسیل الکتریکی (ولتاژ) قدرت محرکه برای جریان برق در یک مدار الکتریکی است. جریان یک مدار الکتریکی بیان‌کننده حرکت ثابت و مداوم یا متناوب ذرات باردار در یک رسانا می‌باشد.

۱.۲. منبع جریان مستقیم (DC)

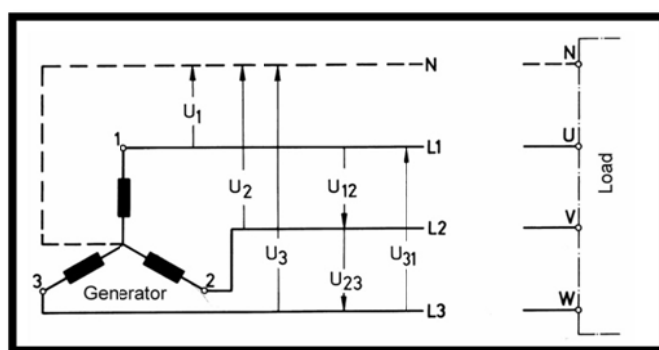
جریان الکتریکی با جهت جریان ثابت به عنوان جریان مستقیم شناخته می‌شود. ژنراتورهای DC برای تولید جریان مستقیم از منابع غیرالکتریکی استفاده می‌شوند. از آنجا که منابع اصلی برق جریان متناوب هستند، منبع DC عموماً از جریان متناوب و سه فاز تأمین می‌شود که با استفاده از یکسوکننده‌ها (رکتیفایرها) یا باتری‌ها (در مواقع اضطرار) به برق DC تبدیل می‌شوند. متداول‌ترین منابع DC ۱۱۰، ۲۲۰، ۴۴۰، ۵۵۰ و ۶۰۰ ولت و برای توان‌های پایین ۲۴ تا ۶۰ ولت می‌باشند.

۱.۳. جریان متناوب AC و منبع برق سه فاز

جریان الکتریکی که جهت و قدرتش به طور متناوب و به صورت موج سینوسی بین مقادیر منفی تا مثبت تغییر کند، به عنوان جریان متناوب شناخته می‌شود. یک ولتاژ متناوب در یک سیم‌پیچ که در یک میدان مغناطیسی همگن می‌چرخد، القا می‌شود. هر چرخش کامل ۳۶۰ درجه‌ای سیم‌پیچ، یک سیکل کامل ولتاژ متناوب را القا می‌کند. ادامه این چرخش باعث تولید الکترومغناطیس جریان متناوب می‌شود. برعکس جریان مستقیم، اندازه و جهت جریان AC به صورت دوره‌ای (سیکلی) می‌باشد. ساده‌ترین نوع منبع AC سیستم تک فاز است، اگرچه در عمل سیستم‌های چند فاز ارجح هستند. منبع استاندارد ۳ فاز می‌باشد.

سه‌فاز مهم‌ترین نوع منبع انرژی الکتریکی صنعت تولید برق می‌باشد. منبع سه‌فاز توسط سه جریان تک‌فاز که نسبت به یک-دیگر ۱۲۰ درجه در سیکل زمانی اختلاف دارند، تشکیل شده است. این سه‌فاز توسط سه هادی، یا چهار هادی (سه فاز و یک خط نول) جریان برق را انتقال می‌دهند. در کنار ولتاژ خط (ولتاژ دلتا) ولتاژ ستاره وجود دارد (بین خط و نقطه نول) که به

اندازه $\sqrt{3}$ کمتر از ولتاژ خط است. نیروگاه‌های برق تقریباً همیشه برق سه فاز تولید می‌کنند. سیستم‌های روشنایی، موتورهای کوچک و ابزارآلات برقی، برق تک‌فاز که از بین یک خط سه فاز و نول گرفته شده است، استفاده می‌کنند. سیستم‌های ولتاژ پایین سه فاز از سه خط اصلی $L1$ ، $L2$ ، $L3$ و خط نول N تشکیل شده‌اند. نقطه نول به نقطه ستاره ژنراتور متصل شده است. تنها دو خط یا یک خط تکی و نول یک سیستم جریان متناوب تک فاز را تشکیل می‌دهند. ولتاژ بین خط‌ها ($L1$ ، $L2$ ، $L3$) ولتاژ منبع U_L است؛ ولتاژ بین خط و نول ولتاژ ستاره U است.



شکل (۱): سیستم سه فاز

جریان‌های متناوب با فرکانس‌های (دور در ثانیه) مختلف تولید می‌شوند. فرکانس f واحد هرتز (Hz) دارد. سیستم برق شبکه اروپا با ۵۰ هرتز عمل می‌کند. در برخی مکان‌ها مانند سیستم‌های برق محلی یا سیستم راه‌آهن فرکانس شبکه متفاوت می‌باشد.

خارج از اروپا، سیستم‌های برق ۶۰ هرتز نیز متداول است. در برخی کشورها هم فرکانس ۵۰ و هم ۶۰ هرتز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۱: فرکانس‌های شبکه خارج اروپا

قاره	فرکانس	استثناها
افریقا	۵۰ هرتز	لیبی: ۶۰ هرتز
امریکا	۶۰ هرتز	باربادوس، شیلی، جامائیکا، پاراگوئه، اروگوئه: ۵۰ هرتز بولیوی، گویانا، هایتی: ۵۰ و ۶۰ هرتز
آسیا	۵۰ هرتز	کره، فیلیپین، عربستان سعودی، تایوان: ۶۰ هرتز ژاپن: ۵۰ و ۶۰ هرتز
استرالیا و نیوزیلند	۵۰ هرتز	-

منابع الکتریکی به سه رده تقسیم می‌شوند، ولتاژ خیلی پایین تا ۴۲ ولت، ولتاژ پایین تا ۱۰۰۰ ولت و ولتاژ بالا که بیشتر از ۱۰۰۰ ولت است. ولتاژهای خیلی پایین در اسباب‌بازی‌ها (تا ۲۴ ولت) و لامپ‌هایی که در محل‌های امن مانند داخل مخازن کار می‌کند، استفاده می‌شود. ولتاژ پایین و ولتاژ بالا منابع اصلی برای محرکه‌های الکتریکی هستند.

جدول ۲: منابع سه فاز ولتاژ پایین

فرکانس	ولتاژ نامی مطابق DIN IEC 38 (رواداری $\pm 10\%$)	محدوده ولتاژ مجاز مطابق DIN IEC 34-1 یا DIN VDE 0530 (رواداری اضافی $\pm 5\%$)
۵۰ هرتز	230V Δ / 400 V Y	220...240 V Δ / 380...420 V Y
	400 V Δ / 690 V Y	380...420 V Δ / 660...725 V Y
۶۰ هرتز	460 V Y	440...480 V Y
	460 V Δ	440...480 V Δ

جدول ۳: انتخاب ولتاژ بالا

۵۰ هرتز	3 kV		6 kV	6.6 kV		10 kV	
۶۰ هرتز	2.4 kV		4.8 kV			6.9 kV	12 kV

۲. موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی، انرژی الکتریکی را به کار مکانیکی تبدیل می‌کنند. موتورهای الکتریکی از توان تولید شده به وسیله میدان مغناطیسی روی یک هادی الکتریکی و گشتاور تولید شده استفاده می‌کنند. موتورهای تشکیل شده‌اند از یک استاتور ثابت و یک روتور که به وسیله یک فاصله هوایی از هم جدا شده‌اند.

بسته به برق انتخاب شده یا در دسترس، انواع موتورهای زیر موجود می‌باشند:

- موتورهای DC
- موتورهای AC تک‌فاز
- موتورهای سه‌فاز

۲.۱. موتورهای جریان مستقیم

موتورهای DC در انواع زیر وجود دارد:

- موتورهای سیم‌پیچی شنت
- موتورهای سیم‌پیچی سری
- موتورهای سیم‌پیچی ترکیبی
- موتورهای سیم‌پیچی شنت تحریک خارجی (مگنت ثابت)

برای چرخش پمپ‌های سانتریفیوژ با موتور DC، به صورت انحصاری، موتورهای سیم‌پیچی شنت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در موتورهای سیم‌پیچی شنت DC، میدان (استاتور) و سیم‌پیچی آرمیچر (روتور) به صورت موازی به منبع برق اصلی متصل می‌شود.

در مقایسه با انواع دیگر موتورهای DC، سیم‌پیچی شنت به خاطر آن‌که تقریباً دور موتور وابستگی به بار ندارد، مزیت نسبی دارد.

عموماً کاربرد پمپ‌های سانتریفیوژ با موتور سیم‌پیچی شنت DC به موارد خاص محدود می‌شود. مانند وسایل نقلیه، کشتی‌ها و تجهیزات اضطراری (مثلاً پمپ روغن رزرو). برق DC معمولاً از ژنراتورهای DC، یک‌سوکننده‌ها (رکتیفایرها) یا باتری‌ها (آکومولاتور) بدست می‌آید.

۲.۲. موتورهای جریان متناوب تک فاز

موتورهای القایی تک‌فاز برای توان‌های کم تا تقریباً ۵ کیلووات ساخته می‌شوند. این موتورها به منبع اصلی تک‌فاز که عموماً ۲۳۰ ولت است متصل می‌شوند. موتورهای تک‌فاز می‌توانند به یک منبع سه‌فاز با ولتاژ ستاره (U) متصل شوند. از آن‌جا که منبع برق تک‌فاز نمی‌تواند برای موتور جهت چرخش تعریف کند، بنابراین نمی‌تواند از حالت سکون به حرکت در آید. برای این منظور یک سیم‌پیچ کمکی (سیم‌پیچ راه‌انداز) که از یک خازن تغذیه کند به استاتور متصل می‌شود. جریان سیم‌پیچ کمکی از فاز استاتور تأمین می‌شود. به این طریق میدان مغناطیسی در یک جهت از پیش تعریف‌شده تولید می‌شود. به عنوان یک قانون، خازن دائمی برای پمپ‌های سانتریفیوژ مناسب می‌باشد. گشتاور راه‌اندازی تولید شده ۰.۳ تا ۰.۴ گشتاور نامی می‌باشد. اگر این مقدار ناکافی باشد می‌توان خازن‌های راه‌انداز و دائمی را متصل کرد. با این کار گشتاور تولید شده ۱.۵ تا ۱.۸ برابر گشتاور نامی می‌شود. خازن راه‌انداز با دور گرفتن موتور به وسیله سویچ گریز از مرکز از مدار خارج می‌شود.

۲.۳. موتورهای سه فاز

موتورهای القایی سه‌فاز به صورت ولتاژ پایین و ولتاژ بالا ساخته می‌شوند. محدوده بالایی توان برای موتورهای ولتاژ پایین تقریباً ۸۰۰ کیلووات است. موتورهای ولتاژ بالا تقریباً از توان ۱۶۰ کیلووات شروع می‌شوند، اگرچه مشخصاً در محدوده ۱ تا ۱۱ مگاوات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

موتورهای سه فاز در انواع زیر وجود دارد:

- موتورهای القایی قفس سنجابی آسنکرون
- موتورهای رینگ لغزش سه‌فاز
- موتورهای سنکرون

۲.۳.۱. موتورهای القایی قفس سنجابی آسنکرون سه‌فاز

این نوع از موتورها، بازار اصلی محرکه‌های پمپ‌های سانتریفیوژ را تشکیل می‌دهند. اصولاً مشخصه‌های عملکرد این موتورها نیازهای پمپ‌های سانتریفیوژ را پوشش می‌دهد و سادگی عملکرد مکانیکی آن به سختی بهتر از این خواهد شد. روتور نیاز به

منبع برق ندارد و بنابراین نیاز به کموتاتور (Commutator)، رینگ‌های لغزان یا جاروبک (brushe) نیست و صرف نظر از یاتاقان‌ها قطعات سایشی وجود ندارد.

متداول‌ترین ماشین‌های مورد استفاده بر اساس توان خروجی و ابعاد، استانداردسازی شده‌اند و بنابراین فرآیند طراحی محرکه پمپ ساده شده است.

قطعات الکتریکی موتور شامل استاتور و روتور می‌باشد. استاتور از ورقه‌های آهن با شیارهایی برای سیم‌پیچ‌های سه‌فاز ساخته شده است. روتور شیارهایی برای میله‌های مس یا آلومینیوم دارد. این میله در انتها به وسیله حلقه‌های اتصال کوتاه به هم متصل شده‌اند که تشکیل یک قفس می‌دهند. به خاطر همین به آن موتور قفس سنجابی گفته می‌شود. انتهای سیم‌پیچ‌های استاتور می‌تواند به صورت اتصال ستاره (Y) یا دلتا (Δ) یا به راه‌انداز ستاره – مثلث متصل شود.

اگر سیم‌پیچ‌های استاتور به منبع اصلی برق با ولتاژ و فرکانس ثابت متصل شود، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود که حول استاتور با سرعت سنکرون می‌چرخد.

$$n_{syn} = f/p \cdot 60 \text{ (rpm)} \quad (1)$$

که در آن f فرکانس تغذیه به هرتز، P تعداد قطب‌های سیم‌پیچ استاتور می‌باشد.

این میدان مغناطیسی ولتاژی را به هادی‌ها و روتور و همچنین جریانی را که مقدار آن وابسته به مقاومت مدار است، القا می‌کند. میدان دوار و جریان روتور شرط لازم برای تولید گشتاور می‌باشد. این بدین معنی است که روتور نمی‌تواند با سرعت چرخش میدان مغناطیسی بچرخد و همچنین تولید جریان روتور وابسته به هادی‌هایی است که خطوط نیروی میدان را قطع می‌کنند. بنابراین روتور با سرعت کمی کمتر (آسنکرون) از سرعت سنکرون می‌چرخد.

این اختلاف، لغزش S نام دارد و به صورت درصدی از سرعت سنکرون بیان می‌شود.

$$S = \frac{n_{syn} - n}{n_{syn}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

سرعت موتور (سرعت آسنکرون) برابر خواهد بود با:

$$n = n_{syn} \left(1 - \frac{S}{100} \right) [\text{rpm}] \quad (3)$$

جدول ۴: سرعت سنکرون n_{syn} به rpm در $f=50, 60 \text{ Hz}$ برای تعداد قطب‌های مختلف

تعداد قطب‌ها	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸
۵۰ هرتز	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۷۵۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۲۸	۳۷۵	۳۳۳
۶۰ هرتز	۳۶۰۰	۱۸۰۰	۱۲۰۰	۹۰۰	۷۲۰	۶۰۰	۵۱۴	۴۵۰	۴۰۰

با افزایش بار موتور، جریان روتور بیشتری مورد نیاز است و لغزش افزایش و دور موتور کاهش می‌یابد. لغزش مورد نیاز در توان نامی وابسته به سبک موتور است و با افزایش سبک موتور کاهش می‌یابد. در بی‌باری، موتور تنها باید بر تلفات کم داخلی غلبه کند و گشتاور کمی نیاز دارد. بنابراین در بارهای سبک، سرعت موتور نزدیک‌تر به سرعت سنکرون است.

جدول ۵: لغزش S_N برای توان‌های نامی مختلف (مقادیر راهنما)

توان نامی kW	۱	۱۰	۱۰۰	۱۰۰۰
لغزش S_N %	۶ تا ۹	۳ تا ۴	۰.۷ تا ۱.۶	۰.۵ تا ۰.۸

مقادیر کمتر برای موتورهای ۲ قطبی و مقادیر بالاتر برای موتورهای ۸ قطبی می‌باشد. سرعت و توان نامی واقعی از کاتالوگ سازنده قابل دست‌یابی می‌باشد. برای حرکت موتورهای القایی قفس سنجابی آسنکرون از سرعت $n=0$ تا سرعت نامی n_N تحت یک بار مشخص، بزرگی گشتاور راه‌اندازی و شکل منحنی گشتاور/سرعت، فاکتورهای تعیین‌کننده‌ای می‌باشند. شکل منحنی اساساً بوسیله طراحی روتور و به‌ویژه میله‌های هادی روتور تعیین می‌شود. تعداد زیاد تفاوت‌های ساخت و نام‌گذاری‌ها می‌تواند به سه نوع کاهش یابد: میله گرد، میله عمیق و روتورهای دو میله‌ای.

بسته به تعداد قطب‌ها و سایز فریم، موتورهای سه‌فاز با کلاس‌های روتور و منحنی‌های گشتاور مختلف وجود دارد. از آن‌جا که گشتاور حرکتی پمپ‌های سانتریفیوژ با توان دوم سرعت افزایش می‌یابد، کلاس گشتاور (روتور) موتور عموماً پیامد کمی برای راه‌اندازی پمپ دارد و همیشه گشتاور شتاب‌دار M_{bmi} کافی در دسترس است.

M_A : گشتاور راه‌اندازی

M_K : گشتاور پول-اوت

M_L : گشتاور بار

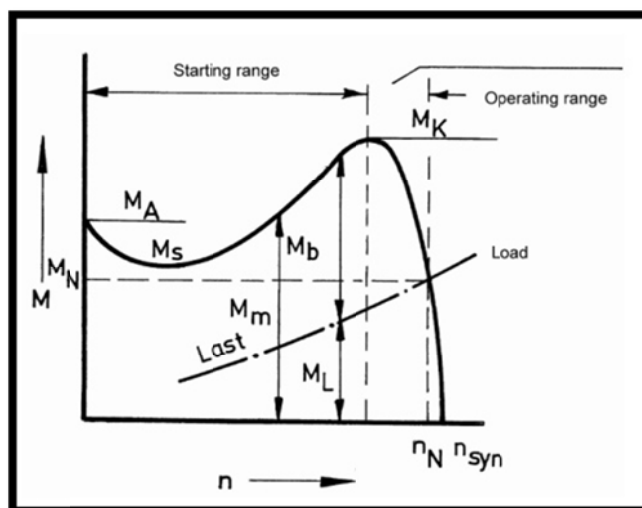
M_m : گشتاور موتور

M_N : گشتاور نامی

M_S : Pull up گشتاور پول آپ

n_N : سرعت نامی

n_{syn} : سرعت سنکرون



شکل ۲: منحنی مشخصه گشتاور/سرعت موتورهای القایی قفس سنجابی آسنکرون

۲.۳.۲. موتورهای القایی قفس سنجابی آسنکرون با ساختمان ویژه

برای تعدادی از کاربردها، ساختمان‌های ویژه موتور و پمپ که به صورت یک‌پارچه می‌باشند، ساخته شده است:

- موتورهای مستغرق
- موتورهای محصور شده (Canned)
- موتورهای زیر آب

پمپ مستغرق از سیال اطراف خود به عنوان خنک‌کننده استفاده می‌کند. موتورها آب‌بندی شده‌اند و با هوا یا روغن پر می‌شوند. این موتورها با ضرایب ایمنی کافی ساخته می‌شوند به طوری که حتی اگر به صورت کامل داخل آب قرار نگیرند، خنک-

کاری آن با مشکل مواجه نشود و قابل کار باشند. این موتورها به عنوان محرکه پمپ‌های مستغرق مانند پمپ‌های لجن‌کش، فاضلابی و پمپ‌های خنک‌کننده استفاده می‌شوند.

پمپ‌های موتور محصور روتور در تماس با سیال و استاتور خشک می‌باشد. یک کاور ضدسایش نازک سیم‌پیچ‌های استاتور را از سیال پمپ‌شونده آب‌بندی می‌کند. موتور پمپ‌های محصور، یک واحد پمپ بدون آب‌بند را تشکیل می‌دهند که امکان نشت سیال به بیرون به صفر می‌رسد. موتور پمپ‌های محصور به عنوان پمپ‌های مواد شیمیایی و پمپ‌های سیرکوله آب گرم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

موتورهای زیرآب دارای روتور و استاتور در تماس با سیال می‌باشند. موتور کاملاً با مایع (آب یا روغن) پر می‌شود. این موتورها در پمپ‌های چاه عمیق مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲.۳.۳. موتورهای رینگ لغزان آسنکرون سه‌فاز

این موتورها در مواقع زیر به عنوان جایگزین موتورهای قفس سنجابی انتخاب می‌شوند:

- وقتی گشتاور راه‌اندازی بالا مورد نیاز است.
- وقتی جریان راه‌اندازی پایین مورد نیاز است.

با این مقدمه این موتورها در کاربردهای پمپ‌های سانتریفیوژ قرار ندارند و استفاده از موتورهای رینگ لغزان لازم نیست. موتورهای رینگ لغزان در بعضی مواقع در پمپ‌های سانتریفیوژ که ترکیبی از کنترل دور و توان خروجی بالا مورد نیاز است، استفاده می‌شود. استفاده از رکتیفایرهای (یک‌سوکننده‌های) سری با موتور رینگ لغزان می‌تواند یک راه‌حل اقتصادی باشد. روتور رینگ لغزان یک سیم‌پیچ سه‌فاز با تعداد جفت قطب‌های یکسان و ساختار مشابه استاتور، دارد. سیم‌پیچ‌ها از طریق رینگ‌های لغزان با مقاومت متفاوت به هم متصل می‌شوند. گشتاور راه‌اندازی و حرکتی می‌توان با تغییر مقاومت کل مدار روتور تنظیم شود. به خاطر ساختار رینگ لغزان، این موتورهای آسنکرون سادگی و قابلیت اطمینان خود را از دست می‌دهند. این موتورها گران‌تر از موتور قفس سنجابی است و جاروبک‌ها و رینگ لغزان نیاز به تعمیرات دارند.

۲.۳.۴. موتورهای سنکرون سه‌فاز

استفاده از موتورهای سنکرون برای پمپ‌های سانتریفیوژ نتیجه‌ای از بررسی هزینه‌ای، اصلاح ضریب قدرت و نوع کاربرد پمپ است. هزینه موتورهای سنکرون بین ۱۰ تا ۴۰ درصد بیشتر از موتور آسنکرون مشابه است. در ازای آن مزیت موتورهای سنکرون در امکان اصلاح ضریب قدرت موتور و راندمان بالاتر آن است. بنابراین در توان‌های بالاتر از ۸ تا ۱۰ مگاوات برای پمپ‌های سانتریفیوژ مزیت اقتصادی خواهد داشت.

ژنراتورهای سنکرون می‌توانند به عنوان موتور سنکرون استفاده شوند. این ماشین‌ها در تلمبه‌خانه‌های نیروگاه‌های برق به عنوان محرکه پمپ و ژنراتور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳. ساختمان موتورهای الکتریکی

۳.۱. نوع ساختمان

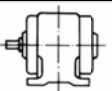
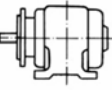
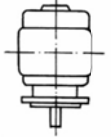
انواع ساختمان و نوع نصب موتورهای الکتریکی در استاندارد اروپایی (IEC 34-7, BS4999 pt 107) استانداردسازی شده است.

نام‌گذاری نوع نصب موتورها با دو سیستم کدگذاری می‌شود:

- کد ۱: سیستم نام‌گذاری شمارگان برای موتورهای با یاتاقان‌های در دو انتها و یک انتها محور
- کد ۲: یک کد عددی با محدوده کاربرد وسیع شامل کد ۱

متداول‌ترین انواع ساختمان قابل کاربرد در محرکه‌های پمپ‌های سانتریفیوژ در جدول زیر فهرست شده است.

جدول ۶: انواع ساختمان ماشین‌های الکتریکی

کد ۱	کد ۲	شکل	ساختمان
ماشین‌های با محور افقی			
IM B3	IM 1001		دو یاتاقان در دو انتها با پایه، نصب پایه‌دار
IM B35	IM 2001		دو یاتاقان در دو انتها، محفظه با پایه، فلنج شده در سمت محرکه، نصب پایه‌دار به همراه نصب فلنج اضافی
IM B5	IM 3001		دو یاتاقان در دو انتها، محفظه بدون پایه، فلنج شده در سمت محرکه، نصب فلنجی. توصیه می‌شود این نوع ساختمان تا فریم سایز ۲۰۰ (۳۷ کیلووات، ۳۰۰۰ دور، ۳۰ کیلووات ۱۵۰۰ دور) استفاده شود. برای توان‌های بالاتر ساختمان IM B35 می‌تواند استفاده شود.
ماشین‌های با محور عمودی			
IM V1	IM 3011		دو یاتاقان در دو انتها، فلنج شده در سمت محرکه، سطح فلنج رو به پایین است. با این ساختمان یک کاور محافظتی توصیه می‌شود. برای موتورهای ضد انفجار این یک دستورالعمل است.

۳.۲. کلاس حفاظتی تجهیزات الکتریکی

۳.۲.۱. کد IP

کد IP (حفاظت بین‌المللی) مطابق با استانداردهای (IEC 34-5, EN 60529 BS 4999 Pt. 105) عبارتی است که محافظت در برابر تماس افراد و نفوذ ذرات و مایعات به داخل تجهیزات الکتریکی را توصیف می‌کند.
محافظت شامل موارد زیر می‌باشد:

- محافظت در برابر تماس انسان با قطعات دارای جریان یا در حال حرکت داخل محفظه و جلوگیری از ورودی اجسام

خارجی

- محافظت تجهیز از ورود آب

درجه حفاظت به وسیله یک کد عددی که با IP شروع می شود و دو رقم بعد از آن، نام گذاری می شود.

جدول ۷: رقم اول محافظت در برابر تماس و اجسام خارجی را تعریف می کند

رقم اول	محافظت در برابر تماس و اجسام خارجی
0	محافظت ویژه ای ندارد.
1	محافظت در برابر ورودی اجسام خارجی بزرگتر از ۵۰ میلی متر، اما محافظت در برابر ورود عمدی ندارد.
2	محافظت در برابر ورود اجسام خارجی بزرگتر از قطر ۱۲ میلی متر. محافظت در برابر تماس انگشتان با قطعات در حال حرکت یا دارای جریان برق
3	محافظت در برابر ورود اجسام خارجی بزرگتر از قطر ۲.۵ میلی متر. محافظت در برابر تماس ابزارآلات یا سیم ها
4	محافظت در برابر ورود اجسام خارجی بزرگتر از قطر ۱ میلی متر. محافظت در برابر تماس ابزارآلات یا سیم ها
5	محافظت در برابر گرد و خاک مضر. نفوذ گرد و خاک ممانعت نشده است، اما به اندازه ای که به عملکرد ماشین صدمه نزند، جمع نمی شود. محافظت کامل در برابر تماس با قطعات دارای جریان برق یا در حال حرکت.
6	محافظت کامل در برابر گرد و خاک - محافظت کامل در برابر تماس

جدول ۸: رقم دوم محافظت در برابر آب را تعریف می کند.

رقم دوم	محافظت در برابر آب
0	محافظت ویژه ای ندارد.
1	محافظت در برابر قطرات آب که به صورت عمودی می افتد بدون اثر مضر
2	محافظت در برابر قطرات آب که به صورت عمودی می افتد بدون اثر مضر پوسته موتور ممکن است تا ۱۵ درجه از وضعیت عادی خود بلند شود بدون آن که اثر مضر داشته باشد.
3	محافظت در برابر ریزش آب در هر زاویه ای تا ۶۰ درجه بدون اثر مضر. آب اسپری شده
4	محافظت در برابر ریزش آب در هر زاویه ای بدون اثر مضر. آب اسپری شده/پاشیده شده
5	محافظت در برابر آب اسپری شده از یک نازل در هر زاویه ای، که نباید اثر مضر داشته باشد. آب با شیلنگ پاشیده شده
6	محافظت در برابر غوطه وری در آب، به عنوان مثال موج دریا، که نباید آب به اندازه ای داخل محفظه شود که اثر مضر داشته باشد.
7	محافظت در برابر آب وقتی دستگاه در یک فشار و مدت زمان مشخص داخل آب مستغرق شده است. آب نباید به داخل محفظه تا اندازه ای نفوذ کند که به دستگاه آسیب برساند.
8	محفظه برای استغراق کامل و پایدار در آب تحت شرایط تعریف شده توسط سازنده، طراحی شده است.

کلاس محافظتی استاندارد برای موتورهای سه فاز IP 55 می باشد.

۳.۲.۲. کد IK

کد IK درجه حفاظت محفظه را در برابر ضربات مکانیکی خارجی مطابق با استاندارد EN 50102 توصیف می کند.

کلاس حفاظت به وسیله یک کد عددی که با IK شروع می شود و دو رقم بعد از آن، نام گذاری می شود.

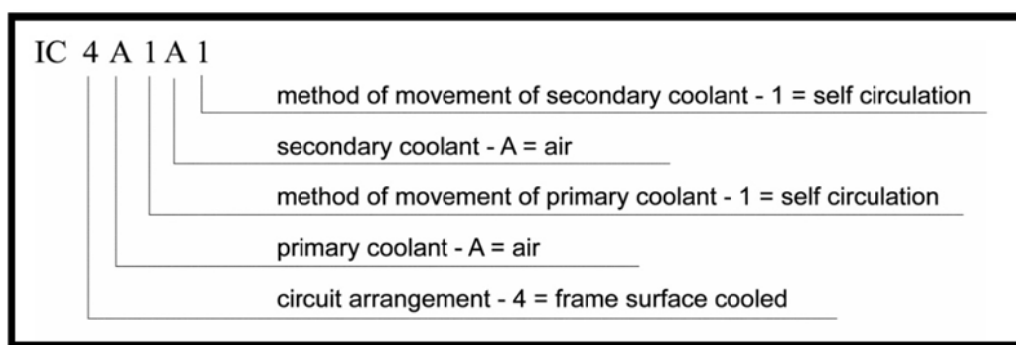
جدول ۹: درجه حفاظت در برابر ضربه مکانیکی

انرژی ضربه	کد IK	انرژی ضربه	کد IK
1 J	06	0.15 J	01
2 J	07	0.2 J	02
5 J	08	0.37 J	03
10 J	09	0.5 J	04
20 J	10	0.70 J	05

کلاس محافظتی استاندارد برای موتورهای سه فاز IK 08 می‌باشد.

۳.۳. روش خنک‌کاری

روش خنک‌کاری مطابق استاندارد (IEC 34-6, EN 60034-6, (BS4999 pt 106) تعریف می‌شود. کلاس خنک‌کاری به- وسیله یک کد عددی که با IC شروع می‌شود و تعدادی رقم و حروف بعد از آن، نام‌گذاری می‌شود. مثال:



فرم ساده‌شده:

اگر خطر ابهام وجود نداشته باشد، حرف A مربوط به هوا می‌تواند حذف شود، بنابراین شکل ساده شده خواهد بود: IC 411. روش استاندارد خنک‌کاری موتورهای القایی سه‌فاز با کلاس محافظتی IP 55 سیستم IC 411 است. این روش شامل خنک- کاری سطح موتور با هوا، محفظه صاف یا فن‌دار برای موتور و یک فن که روی محور نصب شده است، می‌باشد.

۳.۴. عایق

عایق سیم‌پیچ‌ها مطابق با استاندارد IEC 34-1 به کلاس‌های دمایی طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۱۰: افزایش دما (ΔT) و دمای بیشینه در داغ‌ترین نقطه در سیم‌پیچی (T_{max}) مطابق استاندارد IEC 34-1

عایق	ΔT اندازه‌گیری شده با روش مقاومتی	T_{max} دمای خنک‌کاری $40^\circ C$ برای هوا
کلاس B	80 K	$125^\circ C$
کلاس F	105 K	$155^\circ C$
کلاس H	125 K	$180^\circ C$

عموماً موتورهای سه‌فاز با کلاس عایقی F ساخته می‌شوند.

مبانی پمپ‌های سانتریفیوژ اسلاری

۱. مبانی پمپ‌های سانتریفیوژ اسلاری

۱.۱. مقدمه

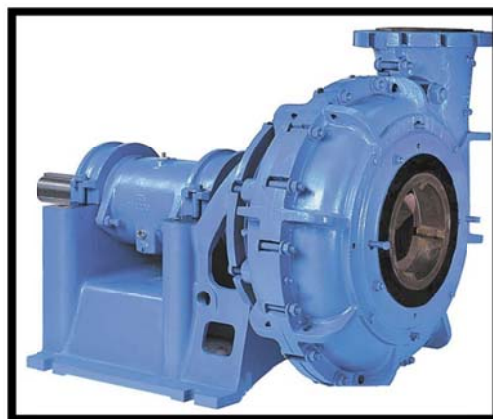
اسلاری مخلوط و ترکیبی از هر نوع سیال به همراه مقداری ذرات جامد می‌باشد. ترکیب نوع، اندازه، شکل و مقدار ذرات جامد به همراه خصوصیات و طبیعت انتقال سیال، مشخصه‌های دقیق و خواص جریان اسلاری را مشخص می‌کند.

اسلاری‌ها را می‌توان به دو گروه عمومی اشباع شده و اشباع نشده تقسیم کرد.

اسلاری‌های اشباع نشده شامل ذرات بسیار نرمی می‌باشند که می‌توانند مخلوط یکنواخت و پایداری ایجاد کنند و باعث افزایش ویسکوزیته سیال شوند. این اسلاری‌ها معمولاً خواص سایشی کمی دارند اما به هنگام انتخاب پمپ می‌بایست توجه ویژه‌ای به آن‌ها شود چرا که آن‌ها اغلب رفتاری مشابه با سیالات معمولی ندارند. معمولاً وقتی ذرات جامد در سیال به اندازه‌ای باشند که رفتار سیال مشابه با سیالات معمولی نباشد آن‌ها را سیالات غیرنیوتنی می‌نامند.

اسلاری‌های اشباع شده از ذرات زبر و خشنی تشکیل شده‌اند که تمایل دارند مخلوط غیر یکنواختی ایجاد کنند. بنابراین توجه ویژه‌ای در محاسبه جریان و توان باید به عمل آید. این ذرات زبر و خشن خواص سایشی زیادی دارند و قسمت اعظم کاربردهای اسلاری را تشکیل می‌دهند. این نوع اسلاری را بعضی اوقات اسلاری ناهمگن می‌نامند.

انواع مختلف پمپ برای پمپاژ اسلاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. پمپ‌های جابه‌جایی مثبت و انواع خاص پمپ‌ها مانند اژکتورها، در کاربردهای اسلاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما متداول‌ترین پمپ‌های اسلاری، پمپ‌های سانتریفیوژ می‌باشند. یک پمپ سانتریفیوژ به طور خاص یک ماشین دوار با یک پروانه می‌باشد که نیروی محور را به فشار سیال تبدیل می‌نماید. انرژی دینامیکی به وجود آمده، سپس در یک دیفیوزر خاص یا یک پوسته، به هد یا فشار تبدیل می‌شود. پمپ اسلاری سانتریفیوژ به مانند پمپ‌های سانتریفیوژ مایعات تمیز از نیروی گریز از مرکز که توسط پروانه ایجاد می‌شود برای ایجاد انرژی حرکتی به اسلاری استفاده می‌کند. اما تشابه پمپ اسلاری سانتریفیوژ با پمپ‌های سانتریفیوژ مایعات تمیز در همین جا خاتمه می‌یابد.



شکل ۱- نمای از یک پمپ سانتریفیوژ افقی

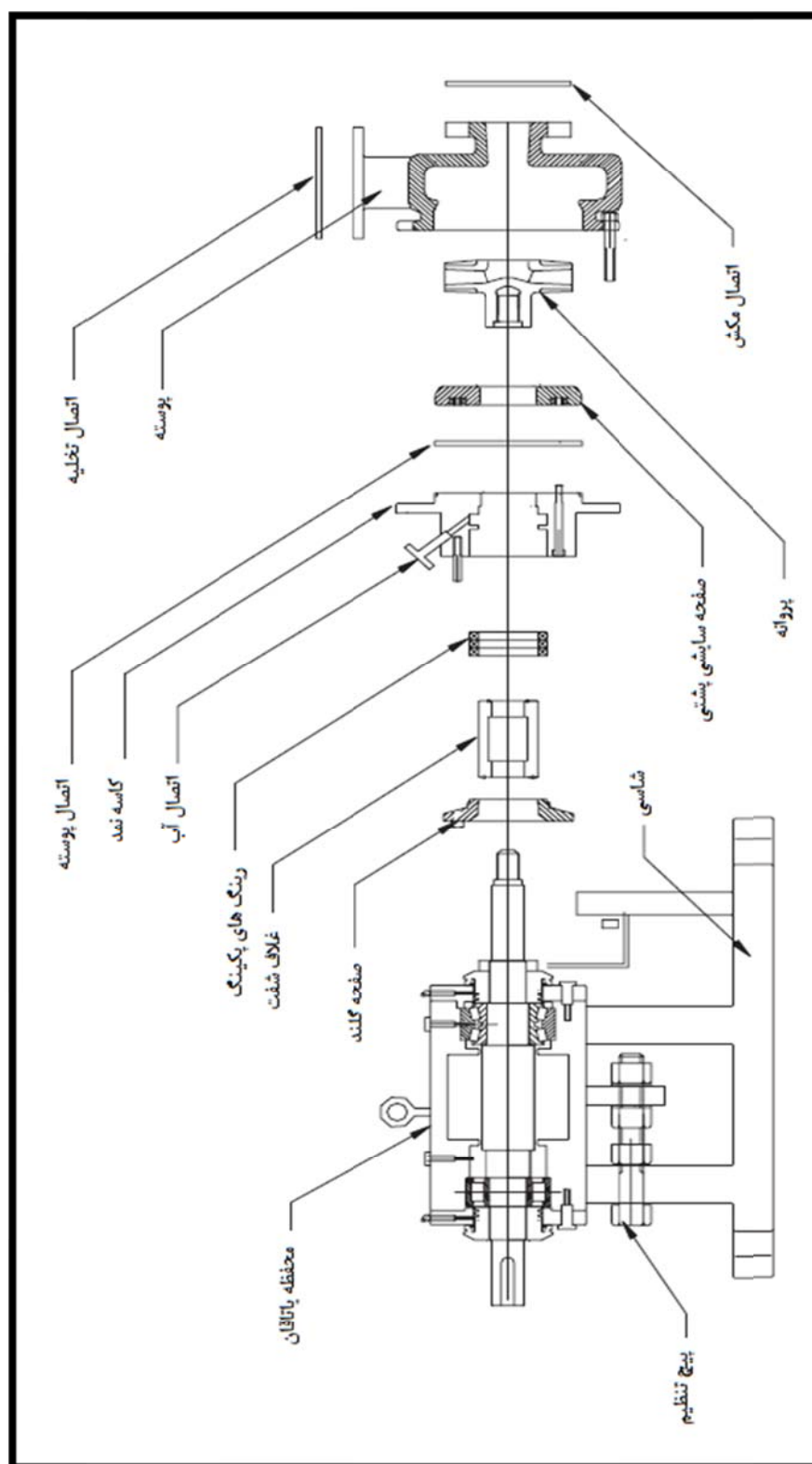
برای انتخاب پمپ‌های اسلاری سانتریفیوژ ملاحظات مربوط به اندازه و سایز پروانه و نوع طراحی گذرگاه پروانه برای عبور ذرات جامد، آب‌بندی مناسب محور و انتخاب بهینه مواد برای عمر طولانی باید توسط مهندسی که قطعات در تماس با سیال پمپ را انتخاب می‌کند مورد توجه قرار گیرد. قطعات در تماس با سیال می‌توانند در معرض سایش یا خوردگی شیمیایی قرار گیرند. برای دستیابی به سرعت‌های پایین کاری، پمپ‌های اسلاری، سایز بزرگ‌تری نسبت به پمپ‌های آب تمیز دارند. این کار باعث می‌شود سرعت سیال در پمپ کاهش یابد و نرخ سایش کمینه گردد. یاتاقان‌ها و محور نیز در پمپ‌های اسلاری بسیار قوی‌تر و صلب‌تر می‌باشند و معمولاً برای عملکرد در کارهای سنگین طراحی می‌گردند.

۱.۲. اجزا پمپ اسلاری

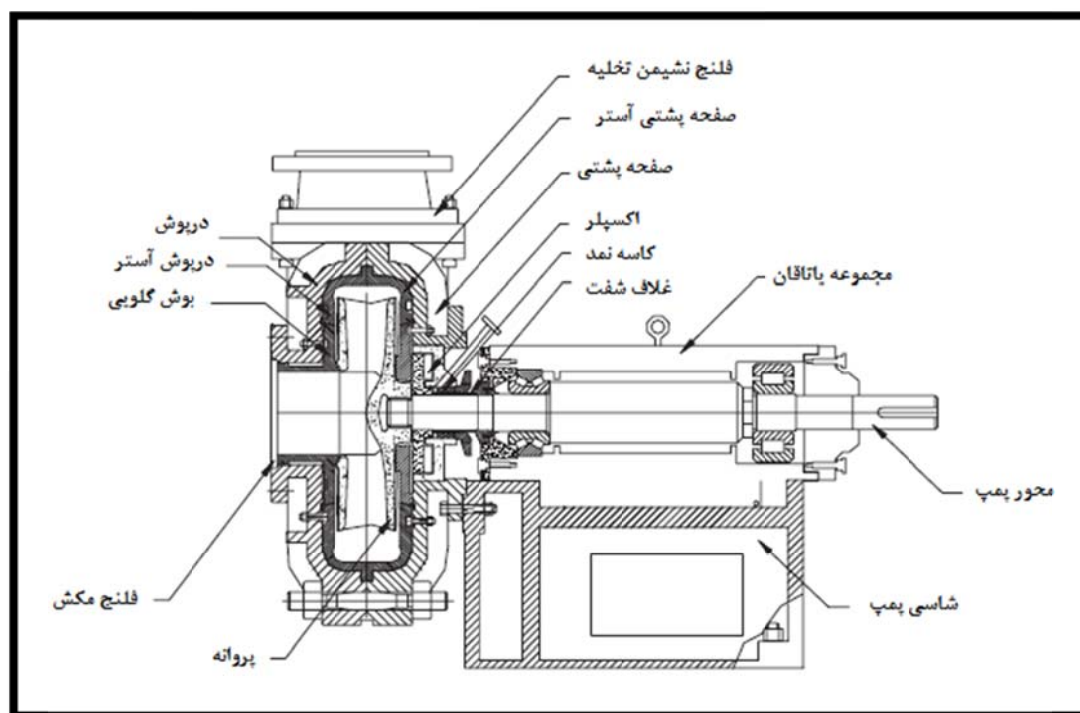
اجزای اصلی یک پمپ اسلاری سانتریفیوژ به ۲ قسمت عمده تقسیم می‌شوند:

- مجموعه یاتاقان‌ها یا کارتریج و شاسی
 - قسمت‌های خیس (در تماس با سیال) که انتهای در تماس با سیال را تشکیل می‌دهند
- اجزای اصلی قسمت‌های در تماس با سیال، موارد زیر می‌باشند:

- ❖ پوسته و حلزونی پمپ
 - ❖ آستر (لایزر) حلزونی
 - ❖ صفحه مکش جلویی یا بوش گلویی در پمپ‌های بزرگ
 - ❖ صفحه سایشی پشتی
 - ❖ پروانه
 - ❖ اکسپلر
 - ❖ غلاف محور
 - ❖ نوارهای آب‌بندی یا رینگ‌های پکینگ
 - ❖ کاسه‌نمدها، گلندها، گریس‌خور و اتصالات آب مربوطه
 - ❖ در موارد خاص، آب‌بندهای مکانیکی
- انتهای متصل به موتور شامل موارد زیر می‌باشد:
- ❖ محور پمپ
 - ❖ رینگ پیستون‌ها یا قطعات دیگری که از ورود ذرات جامد به درون مجموعه یاتاقان‌ها جلوگیری کند
 - ❖ آب‌بندها یا اورینگ‌ها
 - ❖ یاتاقان‌ها یا مهره یاتاقان‌ها
 - ❖ صفحات نگه‌دارنده گریس، گریس‌خورها و روغن‌دان‌ها
 - ❖ کارتریج یاتاقان یا پوشش یاتاقان
 - ❖ یک بولت قابل تنظیم جهت تنظیم پروانه در پوسته با حرکت دادن محور
 - ❖ شاسی پمپ
 - ❖ پولی‌ها و کوپلینگ‌ها



شکل ۲- اجزای یک پمپ اسلاری بدون آستر (لایتر)

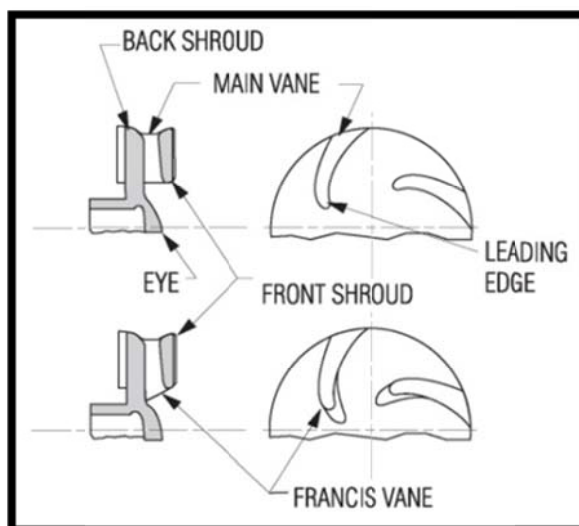


شکل ۳- اجزای یک پمپ با آستر لاستیکی^۱

در ادامه به بررسی چند قسمت مهم می‌پردازیم:

۱.۲.۱. پروانه

پروانه اصلی‌ترین قطعه دورانی می‌باشد که به طور معمول دارای پره‌هایی است که نیروی گریز از مرکز را به سیال اعمال و سیال را هدایت می‌کنند. معمولاً پروانه پمپ‌های اسلاری از نوع ساده (تک خمشه و تخت) یا نوع فرانسسیس (لبه‌های ورودی تا اندازه‌ای به سمت چشم پروانه کشیده شده‌اند) می‌باشند.



شکل ۴- پروفیل‌های پره پروانه

^۱ - Rubber Lined

از مزایای پروفیل پره فرانسس می‌توان به راندمان بالا، عملکرد مکشی بهتر و در بعضی از پمپ‌های اسلاری تا اندازه‌ای طول عمر سایشی بیشتر اشاره نمود. دلیل طول عمر سایشی بیشتر در پره‌های فرانسس را می‌توان این‌طور توجیه نمود که زاویه حمله سیال در ورودی تا اندازه‌ای بهبود یافته است.

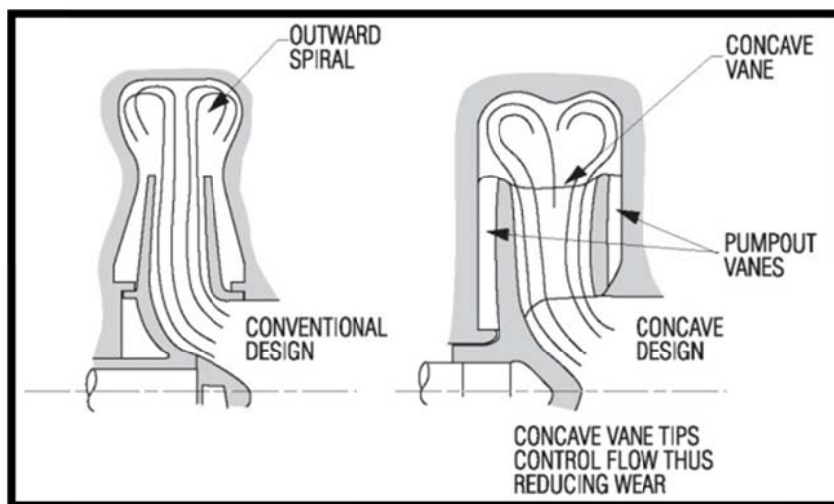
پروانه با پره‌های ساده در بسیاری از کاربردهای اسلاری خصوصیات عمر سایشی بهتری را نشان داده‌اند. همچنین در مواقعی که پروانه‌های الاستومری مورد نیاز است این پروانه‌ها مشخصه‌های مناسب‌تری را دارا می‌باشند. تعداد پره‌های پروانه معمولاً بین سه تا شش، بسته به اندازه ذرات در اسلاری تغییر می‌کند.

پروانه پمپ‌های اسلاری عموماً از نوع بسته می‌باشند اما پروانه‌های نیمه باز نیز گاهی اوقات در کاربردهای ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پروانه‌ها عموماً از نوع بسته می‌باشند چرا که این پروانه‌ها راندمان بالاتری دارند و در محدوده آستر (لایندر) جلویی کمتر دچار سایش می‌شوند. پروانه‌های نیمه باز در پمپ‌های کوچک متداول‌تر می‌باشد. در پمپ‌های کوچک ممکن است انسداد ذرات جامد مشکل ساز شود. همچنین یک پروانه باز می‌تواند با ایجاد نیروی برشی به پمپاژ کف کمک کند.

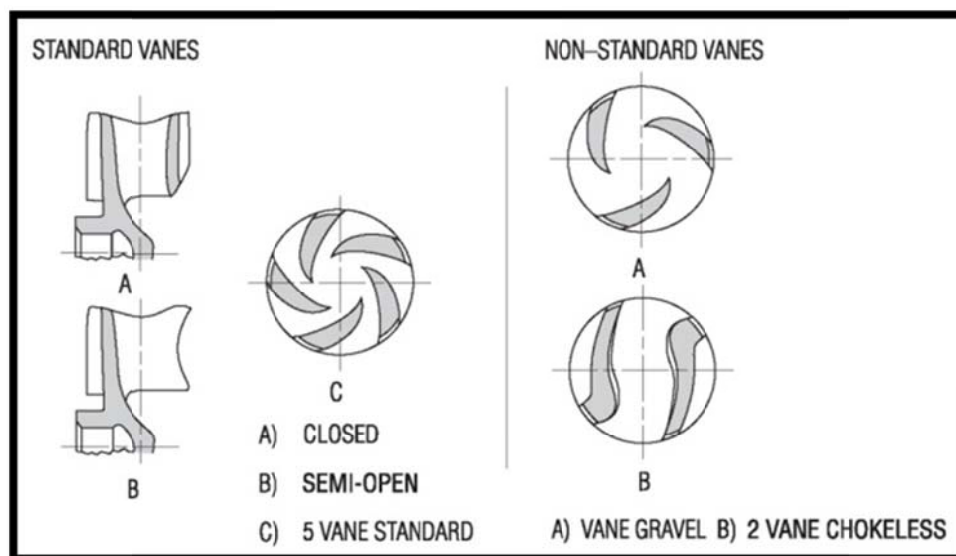
مشخصه دیگر پروانه پمپ‌های اسلاری پره‌های کمکی در پشت و جلو صفحات پروانه می‌باشد. این پره‌ها سه وظیفه دارند. یکی کاهش فشار در محفظه آب‌بند، دیگری جلوگیری از بازچرخش سیال به سمت چشم پروانه و سوم ممانعت از ته‌نشین شدن و رسوب ذرات جامد بین فضای پروانه و پوسته می‌باشد.

توجه به الگوهای جریان و نرخ سایش داخل پمپ از مهم‌ترین معیارهای طراحی پروانه در پمپ‌های اسلاری می‌باشد.



شکل ۵- الگوهای جریان پروانه/پوسته

بعضی از پروانه‌های استاندارد و غیراستاندارد (ویژه) در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۶- انواع پروانه استاندارد و غیراستاندارد (ویژه)

پروانه‌های غیراستاندارد (ویژه) در کاربردهای زیر ممکن است مورد استفاده قرار گیرند:

- پمپاژ زغال سنگ خشن و زبر

ذرات بزرگ ممکن است باعث انسداد یک پروانه بسته ۵ پره شود. یک پروانه ویژه با تعداد ۴ پره ممکن است مورد نیاز باشد.

- پمپاژ مواد فیبری و الیافی

الیاف بلند ممکن است باعث انسداد ورودی پروانه‌های استاندارد شود. یک پروانه ویژه که هیچ‌گاه دچار گرفتگی نمی‌شود^۲ می‌تواند برای این منظور مورد استفاده قرار گیرد.

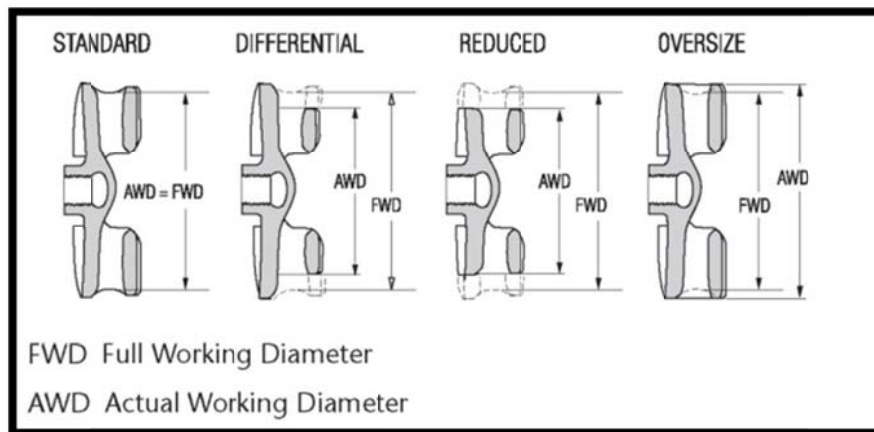
- هد ورودی بالا

در مواقعی که هد ورودی به قدری بالا است که آب‌بندهای گریز از مرکز قادر به کار نمی‌باشند یک پروانه دیفرانسیلی ممکن است مورد نیاز باشد.

- سایش‌های بسیار بالا

در بعضی کاربردهای سایشی بسیار بالا مانند خروجی‌های آسیاب، یک پروانه ویژه با چشم کوچک شده می‌تواند عمر سایشی پروانه را افزایش دهد.

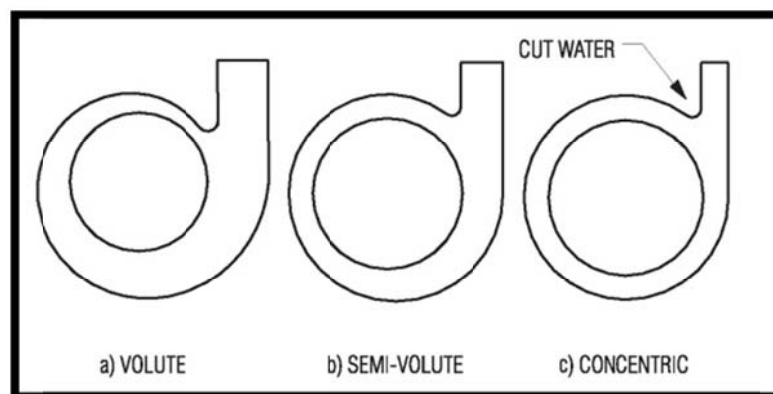
²Choke less



شکل ۷- انواع پروانه تراش خورده

۱.۲.۲. پوسته

بیشتر پوسته‌های پمپ‌های اسلاری آهسته‌تر و یکنواخت‌تر از پمپ‌های آب می‌باشند. در واقع کاهش سرعت در پوسته باعث کاهش نرخ ساییش در پوسته می‌شود. عموماً شکل پوسته به صورت نیمه حلزونی یا دایروی با لقی زیاد در نقطه آب‌شکن می‌باشد. این اختلافات در شکل زیر نشان داده شده است. راندمان در این پوسته‌ها نسبت به پوسته‌های حلزونی پایین‌تر می‌باشد اما این موضوع در مقابل افزایش عمر ساییشی پوسته قابل پذیرش می‌باشد.



شکل ۸- انواع پوسته پمپ

۱.۳. محدوده کاربرد پمپ‌های اسلاری

پمپ‌های اسلاری به طور وسیعی در صنایع معدنی استفاده می‌شوند جایی که بیشتر کارخانجات از سیستم‌های جدایش خیس استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها معمولاً حجم عظیم اسلاری را در فرآیندهای خود جابه‌جا می‌کنند. هم‌چنین پمپ‌های اسلاری به طور گسترده‌ای برای دفع بقایای سوخت‌های فسیلی نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از کاربردهای دیگر پمپ‌های اسلاری می‌توان به کارخانجات تولید کود، اصلاح و آبادانی زمین‌ها و اراضی، لایروبی کردن و انتقال زغال‌سنگ و مواد معدنی در فواصل طولانی اشاره کرد.

افزایش توجه عمومی به محیط زیست و مصرف انرژی، کاربرد پمپ‌های اسلاری را وسیع‌تر و گسترده‌تر از پیش می‌کند.

۱.۴. مفاهیم انتخاب مواد (متریال)

انتخاب نوع موادی که باید در ساخت پمپ‌های اسلاری مورد استفاده قرار گیرند فرآیند مشخص و دقیقی نیست. این فرآیند باید تمام مشخصه‌های قابل تغییر در اسلاری مورد نظر را دربر گیرد و همچنین محدودیت‌هایی که عواملی مانند نوع پمپ، سرعت چرخش و انواع انتخاب‌های موجود در مدل پمپ ایجاد می‌کند شامل شود. اطلاعات اولیه که برای انتخاب نوع متریال مورد نیاز است شامل موارد زیر می‌باشد:

- اندازه ذرات جامد
- شکل و سختی ذرات جامد
- خواص خوردگی سیال پمپ‌شونده که اجزا اسلاری را پمپاژ می‌کند
- انتخاب مواد برای آستر (لاینر) پمپ و پروانه به دو رده کلی زیر تقسیم می‌شوند:

❖ الاستومرها

❖ آلیاژهای ریختگی مقاوم در برابر خوردگی و سایش

۱.۴.۱. الاستومرها

سه نوع الاستومر به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. معیارهای انتخاب این مواد به شرح ذیل می‌باشد:

- **لاستیک‌های طبیعی**
 - مقاومت سایشی عالی برای آسترهای (لاینرهای) پوسته تا سایز ذرات جامد ۱/۲ اینچ و آسترهای (لاینرهای) پروانه تا سایز ۱/۴ اینچ
 - برای ذرات جامد خیلی تیز ممکن است مناسب نباشد.
 - ممکن است توسط ذرات جامد بزرگ‌تر یا ناخالصی‌های دیگر آسیب ببینند.
 - سرعت محیطی پروانه باید کمتر از ۵۴۰۰ فوت بر دقیقه باشد. این موضوع به خاطر اجتناب از خرابی لاینر ناشی از افزایش دما در نزدیکی لبه خارجی پروانه می‌باشد
 - نامناسب برای روغن‌ها، حلال‌ها و اسیدهای قوی
 - نامناسب برای دماهای بالای ۱۷۰ درجه فارنهایت یا ۷۷ درجه سانتی‌گراد

- پلی‌یورتان

- در مواقعی که سرعت محیطی پروانه بیش از ۵۴۰۰ فوت بر دقیقه باشد (یا استفاده از پروانه‌های لاستیکی استاندارد غیرممکن باشد) از این مواد استفاده می‌شود.
- در مواقعی که سایش از نوع "بستر لغزنده" باشد مقاومت به سایش بالاتری دارند.

- در مواقعی که ذرات جامد لبه‌های تیزی دارند مقاومت به سایش پایین‌تری نسبت به لاستیک‌های طبیعی دارند. در حالتی که ذرات جامد نرم باشند در بعضی مواقع مقاومت به سایش بالاتری نسبت به لاستیک‌های طبیعی دارند.
- برای دماهای بالای ۱۵۸ درجه فارنهایت یا ۷۰ درجه سانتی‌گراد نامناسب می‌باشند. همچنین برای محلول‌های اسیدی و آلکالین‌ها، کتون‌ها، استرها و نیتروهایدروکربن‌ها نیز نامناسب می‌باشند. در صورتی که با تغییر فرمولاسیون، مقاومت دمایی این مواد افزایش یابد، مقاومت به سایش آن‌ها به تناسب کاهش خواهد یافت.

- الاستومرهای مصنوعی

- الاستومرهای مصنوعی مانند نئوپرن، بوتیل، هیپالون، وایتون نوع A و غیره. این مواد در کاربردهای شیمیایی مخصوص در شرایط زیر استفاده می‌شوند:
- مقاومت به سایش پایین‌تری نسبت به لاستیک‌های طبیعی دارد.
 - مقاومت شیمیایی بالاتری نسبت به لاستیک‌های طبیعی و پلی‌یورتان دارد.
 - عموماً دماهای کاری مجاز بالاتری نسبت به لاستیک‌های طبیعی و پلی‌یورتان دارد.

۱.۴.۲. آلیاژهای ریختگی مقاوم در برابر خوردگی و سایش

آلیاژهای ریختگی مقاوم در برابر سایش در پمپ‌های اسلاری وقتی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شرایط برای استفاده از لاستیک‌ها مناسب نباشد. به عنوان مثال وجود ذرات جامد زبر یا لبه تیز یا حالت‌هایی که سرعت‌های محیطی پروانه و دماهای کاری بالا باشد.

📖 آزمون‌های پذیرش هیدرولیکی برای پمپ‌های سانتریفیوژ

مقدمه

هدف از یک آزمون پذیرش تحقیق گارانتی فنی، هیدرولیکی و مکانیکی توافق شده بین خریدار و سازنده پمپ می‌باشد. هرگونه اثبات گارانتی شامل هزینه است و بنابراین باید محدود به اطلاعات اساسی برای کاربرد مطلوب باشد. برای پمپ‌های استاندارد، معمولاً تنها تست‌های نمونه‌ای انجام می‌شود. آزمون‌های پذیرش به انواع زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- **آزمون پذیرش کارخانه‌ای.** که در محل ایستگاه تست سازنده به وسیله ابزارهای اندازه‌گیری بسیار دقیق انجام می‌شود.
- **آزمون پذیرش در سایت.** که در محل نصب پمپ در سایت انجام می‌گیرد و دقت آن وابستگی زیادی به تجهیزات اندازه‌گیری در محل نصب پمپ دارد. اگر توافق قراردادی وجود داشته باشد، آزمون پذیرش در سایت قابل انجام می‌باشد.
- **آزمون‌های دوره‌ای در سایت.** که تغییرات در عملکرد پمپ یا سایش را در مدت زمان‌های مشخص ارزیابی می‌کند.
- **آزمون‌های مدل.** در مواقعی که پمپ بزرگی برای بار اول تولید می‌شود، به منظور بررسی عملکرد هیدرولیکی و اجتناب از هزینه‌های مربوط به دوباره کاری، ابتدا با استفاده از قوانین تشابه، مقیاس کوچک‌تری از پمپ ساخته می‌شود و تحت آزمون پذیرش قرار می‌گیرد. با این کار اطمینان بیشتری از صحت عملکرد هیدرولیکی در مقیاس کامل پمپ به دست آید.

۱. نکات اولیه

آزمون‌های پذیرش هیدرولیکی مطابق با آیین‌نامه‌های ثابت که در استانداردهای مناسب تعریف شده است، می‌باشد. این آیین‌نامه‌ها، ارتباط بین سازنده یا تأمین‌کننده پمپ و خریدار یا بازرس تأییدکننده آزمون را تسهیل می‌کند. عموماً آیین‌نامه شامل موارد زیر می‌باشد:

- تعریف تمامی پارامترهای مورد نیاز برای توصیف عملکرد پمپ سانتریفیوژ به منظور تعیین نقاط گارانتی (Q_G), (H_G), راندمان (η_G) و مقدار NPSH مورد نیاز ($NPSH_R$).
- تعیین گارانتی‌های فنی و شرایط احراز آن‌ها
- توصیه‌هایی برای آماده‌سازی برای اجرای آزمون‌های پذیرش جهت نقاط گارانتی.
- ترسیم روش‌هایی که برای مقایسه نتایج اندازه‌گیری شده با نقاط گارانتی باید استفاده شود و توصیف نتیجه‌گیری.
- توصیه‌هایی برای تهیه گزارش تست

- توصیف مهم‌ترین روش‌های اندازه‌گیری که برای تأیید نقاط گارانتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- عباراتی که در این متن مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند "گارانتی" یا "پذیرش" مفهوم فنی دارند و نباید از منظر قانونی تلقی شوند. عبارت "گارانتی" مقادیر تست قراردادی را مشخص می‌کند، اما نسبت به قوانین و تعهدات که اگر این مقادیر بدست نیامده باشد، هیچ معنی ندارد. عبارت "پذیرش" هیچ معنی حقوقی در این متن ندارد. آزمون پذیرش موفق خودش معنی پذیرش حقوقی ندارد.
- اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر آزمون و نزدیک‌تر به مقادیر گارانتی شامل رویه‌های اضافی و پرهزینه می‌باشد. این اندازه‌گیری‌ها برای مواقعی که اطمینان از کارکرد بدون خطای تأسیسات ضروری است، استفاده می‌شود.

۲. آزمون‌های پذیرش مطابق استاندارد EN ISO 9906

- این استاندارد برای آزمون هیدرولیکی پمپ‌های سانتریفیوژ است و ترکیبی از استانداردهای بین‌المللی قبلی زیر می‌باشد:
- ISO 3555: "پمپ‌های سانتریفیوژ (شعاعی، جریان مختلط و محوری) – راهنمایی‌هایی برای آزمون‌های پذیرش – کلاس B" (مطابق با گرید ۱ استاندارد جدید)
 - ISO 2548: "پمپ‌های سانتریفیوژ (شعاعی، جریان مختلط و محوری) – راهنمایی‌هایی برای آزمون‌های پذیرش – کلاس C" (مطابق با گرید ۲ استاندارد جدید)
- این استاندارد بیشتر جایگزین استاندارد ملی زیر شده است:
- DIN 1944: "آزمون‌های پذیرش برای پمپ‌های سانتریفیوژ"
- فاکتورهای تفرانس جدید به گونه‌ای معرفی شده‌اند که تا آن‌جا که امکان دارد، یک پمپ که تحت استانداردهای بین‌المللی قبلی (ISO 2548 یا ISO 3555) قابل تأیید بوده است، در استاندارد بین‌المللی جدید نیز قابل تأیید باشد.
- استاندارد بین‌المللی ISO 5198 با نام "پمپ‌های سانتریفیوژ (شعاعی، جریان مختلط و پمپ‌های محوری) – دستورالعمل برای آزمون‌های عملکرد هیدرولیکی – گرید دقیق" نباید به عنوان یک دستورالعمل آزمون پذیرش تلقی شود. این استاندارد راهنمایی برای اندازه‌گیری‌های خیلی دقیق از طریق روش‌های ترمودینامیکی برای اندازه‌گیری مستقیم راندمان‌ها می‌باشد، اما برای تأیید گارانتی هیچ توصیه‌ای ندارد.

۱.۲. کلیات

استاندارد بین‌المللی EN ISO 9906 آزمون‌های عملکرد هیدرولیکی برای پذیرش پمپ‌های سانتریفیوژ (شعاعی، جریان مختلط و پمپ‌های محوری، از این به بعد برای ساده‌سازی "پمپ‌ها" نامیده می‌شود) را مشخص کرده است.

استاندارد شامل دو گرید دقت در اندازه‌گیری می‌باشد:

- گرید ۱، برای دقت بالاتر
- گرید ۲، برای دقت پایین‌تر

این گریدها مقادیر مختلفی برای ضرایب تفرانس، نوسانات مجاز و عدم قطعیت‌ها در اندازه‌گیری، دارند.

برای پمپ‌هایی که در تعداد زیاد تولید می‌شوند و از طریق منحنی عملکرد نمونه‌ای انتخاب می‌شوند و همچنین برای پمپ‌های با توان ورودی کمتر از ۱۰ کیلووات، جدول ۵ را ملاحظه کنید. مقادیر نشان داده شده در این جدول ضرایب تفرانس بالاتری دارند.

این استاندارد هم برای پمپ تنها بدون اتصالات و هم برای ترکیب پمپ و تمام یا قسمتی از اتصالات بالادستی یا پایین دستی، کاربرد دارد.

اگر سازنده/ تأمین‌کننده و خریدار توافق دیگری نداشته باشند، موارد زیر به کار می‌رود:

- دقت با گرید ۲

- تست در کارخانه سازنده انجام می‌شود.

- تست کاویتاسیون (NPSH) انجام نمی‌شود.

هر گونه مغایرت از موارد فوق می‌بایست بین سازنده و خریدار مورد توافق قرار گیرد.

متداول‌ترین این مغایرت‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

- دقت مطابق با گرید ۱

- ضرایب تفرانس منفی مجاز نباشد.

- ضرایب تفرانس بالاتر برای پمپ‌های ساخته شده به صورت سری و برای پمپ‌های با توان ورودی کمتر از ۱۰ کیلووات.

- تعداد پمپ‌هایی که باید تست شوند در حالتی که چندین پمپ وجود دارد.

- بررسی رفتار پمپ در ارتباط با دمای یاتاقان‌ها، سطوح نويز و ارتعاش حین تست عملکرد

- بستر تست برای بررسی قابلیت خودمکشی یک پمپ خودمکش

- رویه پیش‌بینی عملکرد واقعی پمپ بر پایه تست با آب سرد تمیز

- شرح گارانتی

الف) پمپ بدون الکتروموتور یا پمپ با الکتروموتور

ب) پمپ با یا بدون لوله‌کشی

پ) مقادیر گارانتی برای یک یا چند نقطه عملکرد (مانند، دبی، هد کل، توان جذبی، راندمان، $NPSH_R$)

- ضرایب تفرانس در نقطه عملکرد و نقاط دیگر (اگر چندین نقطه عملکرد باید گارانتی شود)

- ساختار مشابه پمپ‌ها (مثلاً چندین روتور در یک پوسته)

- الزام برای تست کاویتاسیون (NPSH)

۲.۲. گارانتی

یک نقطه گارانتی باید توسط یک دبی گارانتی Q_G و یک هد گارانتی H_G تعریف شود. سازنده/ تأمین کننده تحت شرایط مشخص شده و در سرعت مشخص شده، گارانتی می کند که منحنی $H(Q)$ اندازه گیری شده، از محدوده تلرانس حول نقطه گارانتی عبور می کند (شکل ۱). علاوه بر این ممکن است در دبی گارانتی، یک یا چندین پارامتر زیر در شرایط مشخص شده و در سرعت مشخص شده، گارانتی شود:

- راندمان پمپ η_G یا راندمان کل دستگاه شامل پمپ و موتور η_{grG}

- مقدار NPSH مورد نیاز $NPSH_R$

اگر طور دیگری توافق نشده باشد، نقطه گارانتی برای آب سرد تمیز معتبر می باشد.

۳.۲. سرعت تست

اگر طور دیگری توافق نشده باشد، تست ها ممکن است در یک سرعت چرخش بین محدوده ۵۰ تا ۱۲۰ درصد سرعت مشخص شده انجام شود. اما، وقتی سرعت تست بیشتر از ۱۲۰ درصد سرعت مشخص شده باشد، این موضوع باید به عنوان مغایرت نوشته شود. تست در سرعت های بیشتر از ۱۲۰ درصد سرعت مشخص شده، ممکن است بر راندمان پمپ تأثیر داشته باشد. برای تست های NPSH، سرعت چرخش در تست باید بین ۸۰ تا ۱۲۰ درصد سرعت دوران مشخص شده باشد. همچنین دبی باید بین ۵۰ تا ۱۲۰ درصد دبی BEP (نقطه بهترین راندمان) در سرعت دوران تست قرار گیرد. سرعت ها باید طوری باشد که عدد نوع Type number برابر با ۲ یا کمتر باشد. برای پمپ های با عدد نوع بیشتر از ۲، توافقات ویژه ای باید بین طرفین بدست آید.

۴.۲. تست پمپ هایی که سیالی به غیر از آب سرد تمیز پمپاژ می کنند

اساساً عملکرد یک پمپ با خصوصیات سیال پمپ شونده متفاوت می شود. (ویسکوزیته، گازهای نامحلول، ذرات جامد و ...). اگرچه امکان ندارد که یک قانون کلی در این مورد ارائه داد که در چه مواقعی عملکرد با آب سرد تمیز می تواند برای پیش-گویی عملکرد سیال دیگر مورد استفاده قرار گیرد. انتظار می رود طرفین قرارداد در خصوص قوانین تجربی و مناسب بودن تست پمپ با آب سرد تمیز توافق کنند.

مشخصه "آب تمیز سرد" مطابق با استاندارد در جدول زیر تعریف می شود:

جدول ۱: "مشخصه آب تمیز سرد"

مقدار بیشینه	واحد	خصیصه
40	°C	دما
1.75×10^{-6}	m ² /s	ویسکوزیته سینماتیک
1050	kg/m ³	دانسیته (چگالی)
2.5	kg/m ³	مقدار ذرات جامد نامحلول
50	kg/m ³	مقدار ذرات جامد محلول

مقدار کل گاز محلول و آزاد آب نباید از حجم اشباع و مطابق با شرایط زیر فراتر باشد:

- برای یک مدار باز، حجم اشباع مربوط به فشار و دما در سمت مکش مخزن باز است.
- برای یک مدار بسته، حجم اشباع مربوط به فشار و دما در مخزن بسته می‌باشد.

پمپ‌هایی که برای سیالی به غیر از آب سرد تمیز استفاده می‌شوند، اگر سیال پمپ‌شونده مشخصات جدول زیر را داشته باشد،

ممکن است برای تست دبی، هد و راندمان با آب سرد تمیز تست شود.

مقدار گاز محلول و آزاد سیال نباید از حجم اشباع تعریف شده در بالا، فراتر رود.

جدول ۲: خصوصیات سیالات

مقدار ماکزیمم	مقدار مینیمم	واحد	خصیصه سیال
10×10^{-6}	بدون محدودیت	m ² /s	ویسکوزیته سینماتیک
2000	450	kg/m ³	دانسیته
5.0	-	kg/m ³	مقدار ذرات جامد نامحلول

برای تست پمپ‌هایی که برای سیالی به غیر از خصوصیات فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید توافقی ویژه‌ای به‌عمل آید.

اگر طور دیگری توافق نشده باشد، تست‌های کاویتاسیون باید با آب سرد تمیز انجام شود. مقدار NPSH مورد نیاز همیشه برای آب سرد تمیز داده می‌شود.

۵.۲. تبدیل نتایج تست به شرایط گارانتی شده

در صورتی که سرعت دوران تست n با سرعت مشخص شده n_{sp} مغایرت داشته باشد، باید تمامی اطلاعات تست به مقادیر مربوط به سرعت مشخص شده n_{sp} تبدیل شود. اگر دانسیته سیال پمپ شونده با آب متفاوت باشد، محاسبه توان جذبی P باید انجام شود.

اگر سرعت تست در محدوده بیان شده در بخش ۳.۲ باشد، اطلاعات اندازه‌گیری شده برای دبی Q ، هد کل H ، توان جذبی P ، و راندمان η می‌تواند با روابط زیر تبدیل شوند:

$$Q_T = Q (n_{sp} / n)$$

$$H_T = H (n_{sp} / n)^2$$

$$P_T = P (n_{sp} / n)^3 \cdot (\rho_{sp} / \rho)$$

$$\eta_T = \eta$$

اطلاعات اندازه‌گیری شده برای مقدار NPSH می‌تواند با فرمول زیر تبدیل شود:

$$(NPSH)_T = (NPSH)_R \cdot (n_{sp} / n)^x$$

به عنوان یک تقریب، اگر شرایط بخش ۳.۲ برقرار باشد و حالت فیزیکی مایع در ورودی پروانه به گونه‌ای باشد که جدایش گازی، عملکرد پمپ را تحت تأثیر قرار ندهد، برای مقدار NPSH، توان $x = 2$ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. اگر پمپ نزدیکی محدوده کاویتاسیون عمل نماید، یا اگر مغایرت سرعت تست از سرد مشخص شده در بخش ۳.۲ فراتر رفته باشد، مقادیر توان x بین ۱.۳ تا ۲ در نظر گرفته می‌شود که مقدار دقیق باید بین طرفین برای تعیین فرمول تبدیل، مورد توافق قرار گیرد.

۶.۲. مقادیر ضرایب تفرانس

پمپ‌های سانتریفیوژ با تفرانس‌های مجاز در ریخته‌گری و ماشین‌کاری ساخته می‌شوند. حین تولید، هر پمپ با مغایرت‌هایی نسبت به ابعاد نقشه تولید می‌شود.

وقتی نتایج تست با مقادیر گارانتی شده مقایسه می‌شود (نقاط عملکرد)، تفرانس‌ها باید مجاز دانسته شود تا هرگونه مغایرت در تست پمپ نسبت به یک پمپ ساخته شده بدون هرگونه اختلاف نسبت به طراحی (صرفاً از منظر تئوری) پوشش داده شود. در صورتی که توافق ویژه‌ای صورت نگرفته باشد، ضرایب تفرانس در جدول زیر باید برای نقاط گارانتی Q_G و H_G استفاده شود:

جدول ۳: مقادیر ضرایب تفرانس

اندازه‌گیری	نماد	گرید ۱ %	گرید ۲ %
دبی	t_Q	± 4.5	± 8
هد کل پمپ	t_H	± 3	± 5
راندمان پمپ	t_η	- 3	- 5

برای پمپ‌های تولید شده به صورت سری که از منحنی‌های عملکرد نمونه‌ای انتخاب می‌شوند، ضرایب تفرانس زیر کاربرد دارد:

جدول ۴: ضرایب تفرانس برای پمپ‌های تولید شده به صورت سری

اندازه‌گیری	نماد	ضریب تفرانس %
دبی	t_Q	± 9
هد کلی پمپ	t_H	± 7
توان جذبی پمپ	t_p	9+
توان ورودی موتور	t_{pgr}	9+
راندمان	t_η	7-

برای پمپ‌های با توان جذبی کمتر از ۱۰ و بیشتر از ۱ کیلووات، جایی که اتلافات اصطکاکی در اجزا مکانیکی گوناگون (بلبرینگ‌ها، نوارهای گرافیتی و آب‌بندهای مکانیکی) به طور نسبی مهم و قابل پیش‌بینی نمی‌باشد، ضرایب تفرانس در جدول زیر می‌تواند به کار رود:

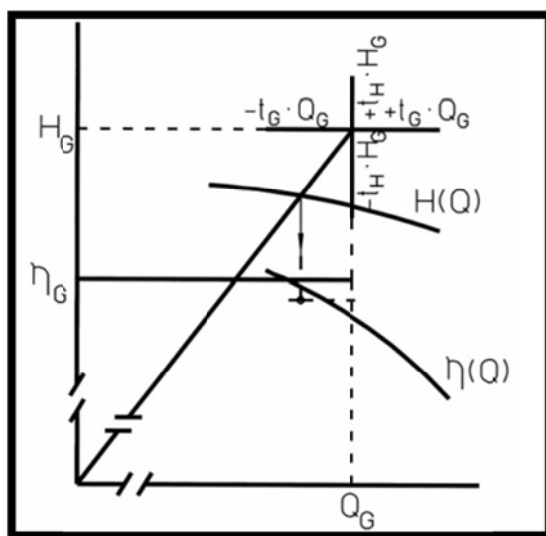
جدول ۵: ضرایب تفرانس برای پمپ‌های با توان جذبی بین ۱ تا ۱۰ کیلووات

اندازه‌گیری	نماد	ضرایب تفرانس %
دبی	t_Q	± 10
هد کل پمپ	t_H	± 8

۷.۲. احراز گارانتی

احراز هر گارانتی باید یوسيله مقایسه نتایج بدست آمده از تست‌ها (شامل هرگونه عدم قطعیت اندازه‌گیری) با مقادیر گارانتی شده در قرارداد (شامل تفرانس‌های مربوطه) صورت پذیرد.

۱.۷.۲. احراز گارانتی دبی، هد و راندمان



شکل ۱: احراز گارانتی نرخ جریان، هد و راندمان

مقادیر اندازه‌گیری شده به مقادیر در سرعت مشخص شده تبدیل می‌شود. این مقادیر بر حسب دبی Q رسم می‌شود. منحنی-هایی با بهترین تقریب برای نقاط اندازه‌گیری شده نمایش‌گر عملکرد پمپ می‌باشد.

یک صلیب تفرانسی حول نقطه گارانتی به گونه‌ای ترسیم می‌شود که در امتداد افق از $Q = Q_G - t_Q$ تا $Q = Q_G + t_Q$ و در امتداد عمود از $H = H_G - t_Q$ تا $H = H_G + t_Q$ کشیده شود.

مقدار گارانتی دبی و هد کل وقتی بدست می‌آید که منحنی QH خط عمودی یا افقی را قطع کند یا حداقل در یک نقطه مماس شود (شکل ۱).

راندمان باید از منحنی QH اندازه‌گیری شده بدست آید، یک خط مستقیم گذرنده از نقطه گارانتی Q_G, H_G و نقطه صفر محورهای QH رسم می‌شود. از نقطه برخورد این خط با منحنی QH یک خط مستقیم عمودی رسم می‌شود تا منحنی $Q\eta$ را قطع کند (شکل ۱).

شرط گارانتی راندمان برقرار خواهد بود اگر مقدار بدست آمده برای راندمان بیشتر یا حداقل برابر با $\eta_G \cdot (1 - t_\eta)$ باشد.

اگر مقادیر اندازه‌گیری شده Q و H بیشتر از مقادیر گارانتی شده Q_G و H_G ولی در محدوده تoleransi باشد و راندمان نیز در محدوده تoleransi باشد، توان جذبی واقعی ممکن است بیشتر از مقدار داده شده در دیتاشیت شود.

۸.۲. بدست آوردن مشخصه‌های تعیین شده

۱.۸.۲. کاهش قطر پروانه

وقتی از نتایج تست‌ها معلوم شود که مشخصه‌های پمپ بیشتر از مشخصه‌های تعیین شده است، عموماً قطر پروانه یا قطر پره‌ها کاهش می‌یابد.

اگر اختلاف بین مقادیر توافق شده و مقادیر اندازه‌گیری شده کوچک باشد، امکان دارد به منظور اجتناب از تست مجدد از قوانین تشابه استفاده شود. با استفاده از قوانین تشابه، قطر پروانه یا پره با دقت کافی بدست می‌آید.

۲.۸.۲. تغییر سرعت

اگر یک پمپ با محرکه سرعت متغیر از مقادیر گارانتی شده فراتر رود یا به آن نرسد، نقاط تست ممکن است برای یک سرعت دیگر مجدداً محاسبه شود، به شرط آن‌که سرعت از ماکزیمم سرعت پیوسته مجاز فراتر نرود.

۹.۲. تست‌های کاویتاسیون

در بیشتر موارد کاویتاسیون به وسیله کاهش در هد خروجی در دبی داده شده تعیین می‌شود. در پمپ‌های چند طبقه، اگر امکان‌پذیر باشد، کاهش هد در طبقه اول اندازه‌گیری می‌شود. اگر هد طبقه اول قابل اندازه‌گیری نباشد، از تقسیم هد کل بر تعداد طبقات بدست می‌آید.

بیشتر تست‌های کاویتاسیون با آب سرد تمیز انجام می‌شود. اما تست‌های کاویتاسیون با آب سرد تمیز نمی‌تواند به طور دقیق رفتار پمپ با سیالات دیگر را پیش‌گویی کند.

انواع مختلف تست‌های کاویتاسیون مطابق الزامات یا توافقات قابل انجام می‌باشد.

۱.۹.۲. احراز مشخصه‌های گارانتی شده در یک مقدار NPSH تعیین شده

یک بررسی ساده برای تعیین عملکرد دبی پمپ در مقدار NPSH تعیین شده بدون بروز اثرات کاویتاسیون ممکن است صورت پذیرد.

پمپ مطابق الزامات است اگر هدکل پمپ و راندمان گارانتی شده در دبی و $NPSH_A$ تعیین شده بدست آید.

۲.۹.۲. احراز این‌که عملکرد پمپ در مقدار $NPSH_A$ تعیین شده بوسیله کاویتاسیون تحت تأثیر نمی‌باشد.

یک بررسی ممکن است به این منظور انجام شود که دبی پمپ در شرایط تعیین شده تحت اثر کاویتاسیون نبوده است.

پمپ مطابق الزامات است اگر یک تست در مقدار NPSH بالاتر از مقدار $NPSH_A$ تعیین شده، همان هد کل و راندمان را در همان دبی بدهد.

۳.۹.۲. تعیین $NPSH_3$

در این تست، $NPSH$ به طور پیوسته کاهش می‌یابد تا هد کل (برای پمپ‌های طبقاتی، هد طبقه اول) در دبی ثابت ۳ درصد کاهش یابد. این مقدار $NPSH$ به $NPSH_3$ معروف است.

پمپ مطابق الزامات است اگر مقادیر اندازه‌گیری شده، کمتر یا برابر مقدار $NPSH_R$ (مقداری که توسط سازنده داده می‌شود) باشد.

برای پمپ‌های با هد کل خیلی پایین، کاهش بیشتر هد برای احراز گارانتی می‌تواند توافق شود.

۴.۹.۲. انواع دیگر تست کاویتاسیون

معیارهای دیگر کاویتاسیون مانند افزایش نویز یا حباب گاز و تست‌های کاویتاسیون مربوط به آن ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت توافق ویژه‌ای در قرارداد مورد نیاز است. لازم است به صورت شفاف معیارها و محدوده مقادیری که باید استفاده شود، معین شود.

۱۰.۲. ضرایب تفرانس برای $NPSH_R$

پیشینه اختلاف مجاز بین $NPSH_R$ اندازه‌گیری شده و گارانتی شده برابر است با:

$$t_{NPSHR} = +3\% \text{ or } t_{NPSHR} = +0.15 \text{ m} \quad \text{برای گرید ۱}$$

$$t_{NPSHR} = +6\% \text{ or } t_{NPSHR} = +0.30 \text{ m} \quad \text{برای گرید ۲}$$

هر کدام که بزرگ‌تر باشد.

با استفاده از فرمول زیر، گارانتی برقرار می‌باشد، اگر:

$$(NPSHR)_G + (t_{NPSHR} \cdot NPSHR_G) \geq NPSHR_{measured}$$

یا

$$NPSHR_G + (0.15 \text{ m and/or } 0.3.0 \text{ m}) \geq NPSHR_{measured}$$

۳. آزمون‌های پذیرش مطابق استاندارد API 610**۱.۳. ضرایب تفرانس**

تست‌های عملکرد و $NPSH$ باید با استفاده از روش‌ها و الزامات مربوط به عدم قطعیت که در استاندارد ISO 9906 گرید ۱، ANSI/HI 1.6 (برای پمپ‌های سانتریفیوژ) یا ANSI/HI 2.6 (برای پمپ‌های عمودی) بیان شده است، باشد. تفرانس‌های عملکرد مطابق با جدول زیر می‌باشد.

جدول ۶: تolerانس‌های عملکرد مطابق استاندارد API 610 ویرایش یازدهم سال ۲۰۱۰

شرایط	نقطه کاری %	نقطه شات - اف (دبی صفر)
هد نقطه کار:		
0 m to 75 m (0 ft to 250 ft)	± 3	$\pm 10^a$
> 75 m to 300 m (> 250 ft to 1000 ft)	± 3	$\pm 8^a$
> 300 m (> 1000 ft)	± 3	$\pm 5^a$
توان نقطه کار	4^b	-
راندمان	c	
NPSH نقطه کار	0	-
(a) تolerانس منفی تنها زمانی مجاز است که منحنی عملکرد پمپ هنوز نزولی باشد. (b) با نتایج تست تصحیح شده برای شرایط نقطه کار برای دبی، سرعت، دانسیته (وزن مخصوص) و ویسکوزیته، لازم است که توان به هر دلیلی از ۱۰۴٪ مقدار نامی rated فراتر نرود (تجمع تolerانس‌ها مجاز نیست). (c) عدم قطعیت راندمان تست توسط کد تست تعیین شده، $\pm 2.5\%$ است. بنابراین، راندمان شامل عملکرد نقطه کاری پمپ نمی‌باشد. در کاربردهایی که راندمان اهمیت اساسی برای خریدار دارد، مقدار مشخص و تolerانس مربوط به آن در زمان خرید باید مذاکره شود.		

برآورد نتایج تست مشابه روش بیان شده در استاندارد ISO 9906 می‌باشد.

۲.۳ الزامات اساسی قبل از آزمون پذیرش

مطابق این استاندارد، الزامات زیر باید قبل از انجام تست عملکرد و هنگامی که پمپ به مدار تست بسته شده است، رعایت شود:

- آببندها و یاتاقان‌های ذکر شده در قرارداد باید برای تست عملکرد استفاده شوند.
 - اگر توسط خریدار تأیید شود و اگر به جهت جلوگیری از خرابی آببندهای ذکر شده در قرارداد احتیاج باشد یا اگر آببندهای ذکر شده در قرارداد با سیال تست هم‌خوانی نداشته باشد، آببندهای جایگزین ممکن است حین تست عملکرد استفاده شود (به استاندارد ISO 21049:2004 بند 10.3.5 مراجعه شود).
 - آببند (آببندها) حین تست عملکرد پمپ نباید هیچ‌گونه نشی فراتر از موارد بیان شده در استاندارد ISO 21049:2004 بخش A.1.3 داشته باشند، مگر آن‌که بین خریدار و فروشنده توافق صورت گرفته باشد. هرگونه نشی غیر مجاز حین تست عملکرد مستلزم دمونتاژ و تعمیر آببند می‌باشد. اگر آببند دمونتاژ یا خارج شود، آب-بند باید تست مجدد با هوا شود.
- وقتی پمپ در مدار تست می‌باشد و سیال تست، آب است، آببندهای مناسب برای تست با آب نباید نشی قابل مشاهده‌ای داشته باشند. برای تأیید این‌که آیا معیار نشی غیرقابل‌مشاهده معیار مناسبی برای آببند تست می‌باشد، استاندارد ISO 21049:2004, A.1.3 باید بررسی شود. به‌خصوص، آببندهای دوگانه تحت فشار با سیال باربر فشار بالا (بیشتر از ۴۰ بار)، باید مورد بررسی قرار گیرند.

تذکر: استاندارد ANSI/API Std 682 / ISO 21049 با استاندارد ISO 21049 برابر است.

- اگر طور دیگری توافق نشده باشد، تست‌های عملکرد باید با آب در دمای کمتر از 55°C (130°F) انجام شود.

۳.۳. الزامات اساسی حین انجام تست عملکرد

اگر طور دیگری توافق نشود، مطابق با این استاندارد برای تست عملکرد باید موارد زیر رعایت شود:

- سازنده باید اطلاعات تست شامل هد، دبی، توان و ارتعاش را حداقل در ۵ نقطه یادداشت نماید. این نقاط معمولاً به شرح زیر می باشد:

(۱) نقطه شات-اف (اندازه‌گیری ارتعاش لازم نیست)

(۲) کمینه دبی پیوسته پایدار (شروع محدوده عملکرد مجاز)

(۳) بین ۹۵٪ و ۹۹٪ دبی نقطه کاری

(۴) بین دبی نقطه کاری و ۱۰۵٪ دبی نقطه کاری

(۵) دبی تقریبی نقطه بهترین راندمان (اگر دبی نقطه کار در فاصله ۵٪ دبی بهترین راندمان نباشد)

(۶) انتهای محدوده عملکرد مجاز

- اگر طور دیگری توافق نشده باشد، سرعت تست در فاصله ۳٪ سرعت کاری تعیین شده در دیتاشیت باید باشد. نتایج باید برای سرعت کاری اصلاح شود.

۴.۳. الزامات اساسی بعد از انجام تست عملکرد

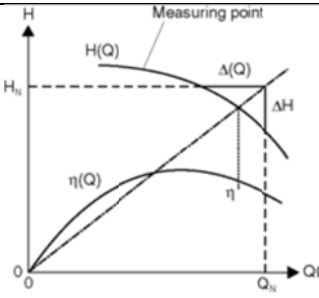
مطابق این استاندارد، الزامات زیر باید پس از انجام تست عملکرد رعایت شود:

- اگر لازم باشد بعد از تست عملکرد، پمپ برای قرارگیری در محدوده تفرانسی هد، تراش پروانه داده شود و در واقع پمپ دمونتاز شود، تست مجدد پمپ نیاز نیست اگر کاهش قطر پروانه از ۵٪ قطر کامل پروانه کمتر باشد.
- اگر مشخص شده باشد، برای پمپ‌های طبقاتی حتی اگر کاهش قطر پروانه کمتر از ۵٪ باشد، تست مجدد باید انجام شود.
- اگر طور دیگری مشخص نشده باشد، پمپ‌ها نباید بعد از تست عملکرد نهایی دمونتاز شوند. پمپ به همراه محفظه آب‌بند باید تا آن‌جا که عملی باشد، از سیال تخلیه شود، با مایع محافظ جایگزین آب به مدت ۴ ساعت پر شود و مجدداً تخلیه شود.

۴. مقایسه استانداردهای ISO، API 610 و انستیتو هیدرولیک HI در ارتباط با نقاط گارانتی و اندازه گیری

عدم قطعیت ها

جدول ۷: مقایسه استاندارد ISO 9906 گرید ۱ و ۲ و استاندارد ISO 5198

ISO 9906 گرید ۲	ISO 9906 گرید ۱	ISO 5198 بالاترین گرید دقت	ISO گرید دقت مطابق استاندارد									
تولرانس ساخت در عدم قطعیت اندازه‌گیری کل، لحاظ شده است. مقدار گارانتی دبی و هد کل وقتی بدست می‌آید که منحنی QH خط عمودی یا افقی را قطع کند یا حداقل در یک نقطه مماس شود. راندمان باید از منحنی QH اندازه‌گیری شده بدست آید، یک خط مستقیم گذرنده از نقطه گارانتی Q_G، H_G و نقطه صفر محورهای QH رسم می‌شود. از نقطه برخورد این خط با منحنی QH یک خط مستقیم عمودی رسم می‌شود تا منحنی Qη را قطع کند. شرط گارانتی راندمان برقرار خواهد بود اگر مقدار بدست آمده برای راندمان بیشتر یا حداقل برابر با η_G · (1 - t_η) باشد.												
$\left[\frac{H_G \cdot t_G}{\Delta H}\right]^2 + \left[\frac{Q_G \cdot t_Q}{\Delta Q}\right]^2 \geq 1$			شرط گارانتی عملکرد									
±5% ±8% 5%- 6% < 0.3 m	±3% ±4.5% 3%- 3% < 0.15 m	(1.5%) (2.5%) (-2.2%) (3% < 0.15 m)	t _H t _Q t _η t _{NPSH3}									
بیشینه پراکندگی مجاز مقدار اندازه‌گیری شده بر اساس دقت آمادی ۹۵٪												
9	7	5	3	9	7	5	3	9	7	5	3	تعداد مشاهدات در هر نقطه اندازه‌گیری
1.6	1.4	1.0	0.6	0.8	0.7	0.5	0.3	0.9	0.7	0.5	0.25	n ± به (سرعت)
5.8	4.5	3.5	1.8	2.8	2.2	1.6	0.8	2.8	2.2	1.6	0.8	H, P, Q ± به (اطلاعات عملکرد)
عدم قطعیت کل مجاز برای تجهیزات اندازه‌گیری و اندازه‌گیری‌ها:												
مقادیر داخل پرانتز مربوط به ابزار دقیق‌ها می‌باشد.												
(± 2.5) ± 3.5%			(± 1.5) ± 2.0%			(± 1.0) ± 1.5%			دبی			
(± 1.5) ± 3.5%			(± 1.0) ± 1.5%			(± 0.5) ± 1.0%			هد			
(± 2.0) ¹⁾ ± 4.0%			(± 1.0) ± 2.0%			(± 0.6) ± 1.3%			توان ورودی			
± 6.4%			± 3.2%			± 2.25%			راندمان			
(± 1.4) ± 2.0%			(± 0.35) ± 0.5%			(± 0.1) ± 0.2%			سرعت			
۱) برای تعیین راندمان پمپ												

جدول ۸: مقایسه استاندارد API 610 ویرایش یازدهم و استاندارد HI

استانداردهای انستیتو هیدرولیک شماره 1.6 و 2.6		API 610 (ISO 13709)			
برای پذیرش سطح A، پمپ‌ها باید در محدوده تoleransi زیر باشند: در حد نقطه کار: ۱۰٪+ دبی نقطه کار یا در دبی و سرعت نقطه کاری ۵٪+ هد برای هدهای کمتر از ۱۵۰ متر ۳٪+ هد برای هدهای بیشتر از ۱۵۰ متر تطابق با یکی از تoleransi‌های فوق لازم است. تoleransi‌های منفی برای دبی، هد و راندمان در نقطه کاری مجاز نمی-باشد.		در η_G و Q_G :			
		هد کلی پمپ	نقطه گارانتی	شات-اف	
		تا ۷۵ متر	$\pm 3\%$	$\pm 10^{(1)}\%$	
		بین ۷۵ تا ۳۰۰ متر	$\pm 3\%$	$\pm 8\%$	
		بیشتر از ۳۰۰ متر	$\pm 3\%$	$\pm 5\%$	
		η_G		گارانتی نمی شود.	
		P_G	+4%		
		$NPSH_R$	0		
نوسان مجاز عدم قطعیت اندازه‌گیری (ابزار دقیق)					
دبی $\pm 2\% (\pm 1.5)$		عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری در مقادیر پیشنهاد شده در فوق لحاظ شده است			
هد $\pm 2\% (\pm 1.0)$					
هد مکش $\pm 2\% (\pm 0.5)$					
سرعت $\pm 0.3\% (\pm 0.3)$					
توان ورودی $\pm 2\% (\pm 1.5)$					
(۱) تoleransi منفی تنها زمانی مجاز است که منحنی عملکرد پمپ هنوز نزولی باشد.					

۵. ایستگاه تست

پمپ باید روی مدار تست با لوله‌کشی مکش و رانش مناسب نصب شود به گونه‌ای که مشابه نقشه نصب واقعی باشد. شرایط مکش مناسب باید به عنوان مهم‌ترین موضوع در نظر گرفته شود.

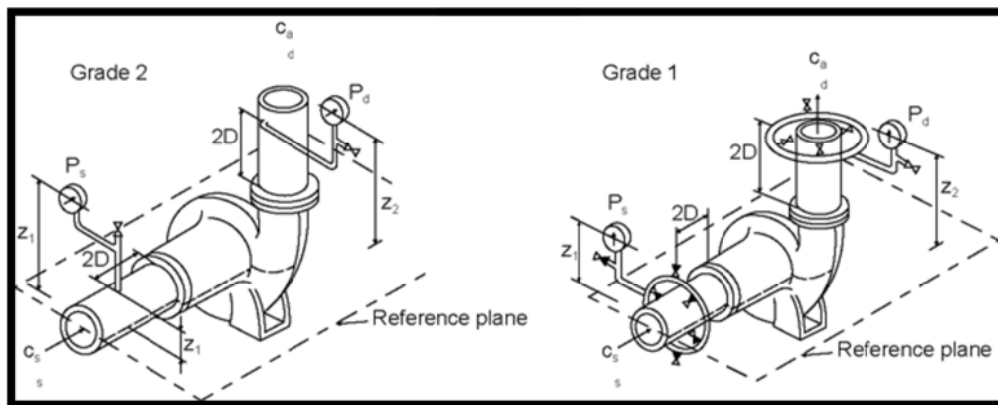
به‌خصوص برای پمپ‌های جریان مختلط و جریان محوری عمودی (با زانویی مکش) که با دبی بالا و هد پایین کار می‌کنند، شکل ورودی مکش ایستگاه تست باید مناسب باشد و تا آن‌جا که امکان دارد مشابه ایستگاه اصلی نصب باشد.

به طور ایده‌آل، دبی داخل سطح مقطع وسیله اندازه‌گیری فشار باید الزامات زیر را داشته باشد:

(۱) توزیع سرعت یکنواخت در جهت محوری

(۲) فشار استاتیکی برابر در صفحه اندازه‌گیری

(۳) جریان ورودی باید عاری از چرخش باشد.



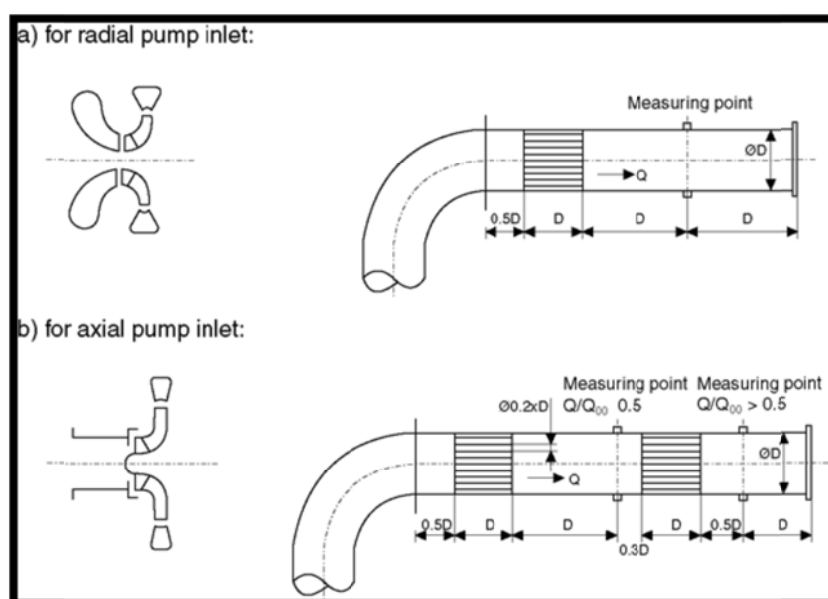
شکل ۲: نصب تجهیزات اندازه‌گیری برای تعیین هد فشار

این شرایط اغلب به سختی می‌تواند تأمین شود، اما مهم است که یک توزیع سرعت مناسب در نقطه اندازه‌گیری فشار بوسیله انتخاب لوله‌کشی مناسب و اگر لازم باشد بوسیله هادی‌ها و صاف‌کننده‌های جریان بدست آید.

عموماً برای مکش، حداقل هفت برابر قطر لوله بعد از زانویی ۹۰ درجه، لوله صاف احتیاج است، تا توزیع سرعت قابل قبول در مکش پمپ بدست آید. اگر شیر خفه‌کننده در لوله مکش استفاده شده باشد، طول‌های بیشتر برای جلوگیری از اغتشاش جریان مورد نیاز است.

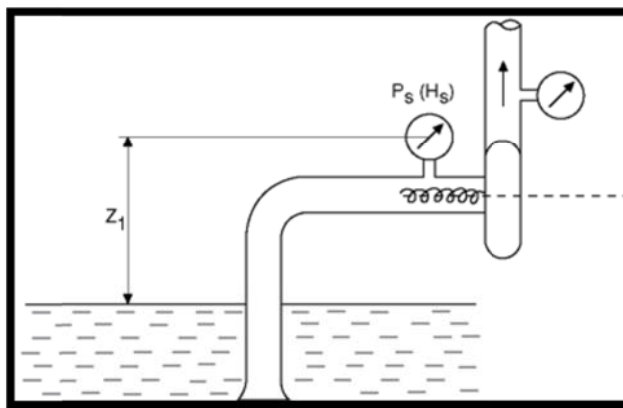
برای تأمین توزیع سرعت یکنواخت در نقطه اندازه‌گیری فشار، هدایت‌کننده یا صاف‌کننده جریان در فاصله کافی از نقطه اندازه‌گیری نصب می‌شود.

شکل مدار تست در مکش وابسته به طبیعت مکش پمپ می‌باشد.



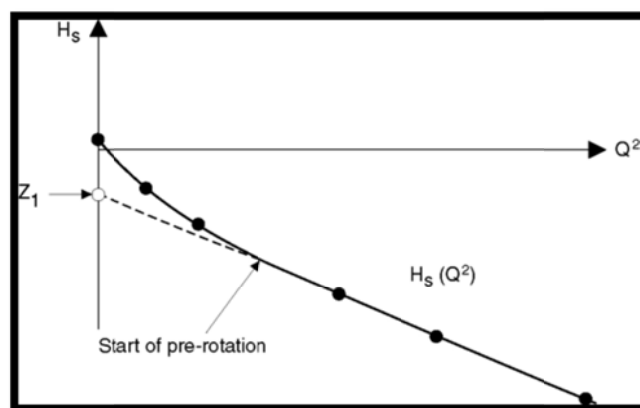
شکل ۳: اشکال مدار تست

شکل ۴: بسته به اتصال بین فشارسنج و لوله (پر شده با آب یا هوا)، Z_1 باید همان-طور که در شکل نشان داده شده است در نظر گرفته شود.



برای پمپ‌های با مکش محوری، لازم است که بازچرخش ایجاد شده توسط پروانه برای دبی‌های $Q / Q_{BEP} < 0.5$ از بین برود. برای این منظور صاف‌کننده جریان ثانویه باید نصب شود. در غیر این صورت اندازه‌گیری فشار استاتیک نادرست است. برای مثال، بسته به اتصال بین فشارسنج و لوله (پر شده با آب یا هوا)، اندازه Z_1 باید همانند شکل ۴ یا در حالتی که با هوا پر شده است، وابسته به محل اتصال لوله باشد.

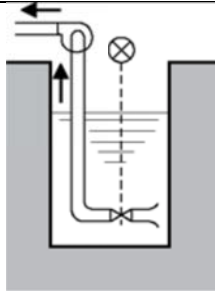
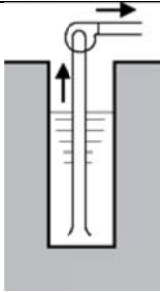
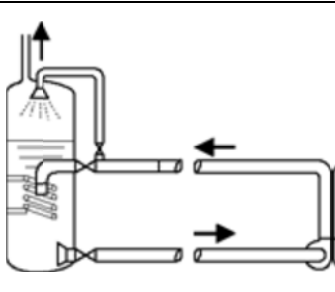
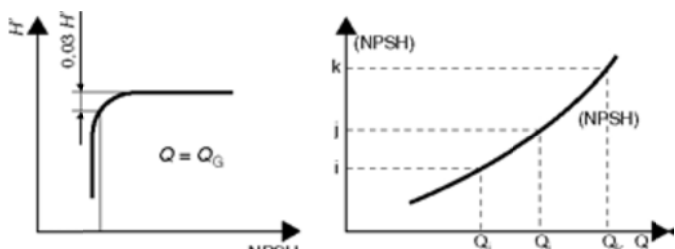
به عبارت دیگر، هدهای مکش ممکن است بر حسب مربع دبی خروجی ترسیم شود (شکل ۵). خط مماس بر منحنی که به این روش بدست می‌آید، در نقطه‌ای که محور H_s را قطع می‌کند بیان‌گر Z_1 می‌باشد. این منحنی نشان می‌دهد که وقتی پمپ در بار جزئی کار می‌کند، هد مکش افزایش می‌یابد.



شکل ۵: شروع بازچرخش

نحوه نصب برای اندازه‌گیری NPSH پمپ در جدول ۹ نشان داده شده است. برای تست NPSH، بسته به شرایط دبی ورودی، یک پمپ فشار ساز با شیر خفه‌کننده ممکن است احتیاج باشد. دیگر بسترهای تست پرهزینه‌تر می‌باشد. علاوه بر این، برای پمپ‌های با فشار بالاتر (هد هر طبقه بیشتر از ۶۰۰ متر) ممکن است مقادیر NPSH با جزئیات بیشتر و همچنین الگوهای حباب برای طبقه مکش در تست‌های مدل تعیین شده باشد.

جدول ۹: انواع سیستم‌های نصب برای اندازه‌گیری NPSH

سیستم	سیستم‌های باز		سیستم‌های بسته
محدوده NPSH	بزرگ‌تر از 2.5 m با شیر خفه کننده مکش	بین 2.5 متر تا 8 متر با سطح آب کنترل شده	عملاً بدون محدودیت برای مدار بسته
اصول نصب			
دبی‌ها	تمام دبی‌ها	دبی‌های پایین	دبی و هدهای پایین و متوسط
روش کنترل	خفه کردن فشار مکش	تغییر سطح آب	تغییر فشار سیستم
روش برآورد در دبی ثابت. $n, H', Q, (Q_G)$ مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشند.	$Q_G =$ دبی ثابت $Q =$ دبی کل $H' =$ هد طبقه اول 		

انواع مدارک بازرسی – استاندارد EN10204

۱. هدف

۱.۱. این استاندارد انواع مختلف مدارک بازرسی را که به منظور تحویل تمامی محصولات فلزی هم‌چون صفحه، ورق، شمش، قطعات ریخته‌گری یا آهنگری یا قطعات تولید شده به هر روش ساختی، که بر حسب خواسته‌های مندرج در سفارش صادر می‌شود، شرح می‌دهد.

۱.۲. این استاندارد جهت قطعات غیرفلزی نیز به کار می‌رود.

۱.۳. این استاندارد در رابطه با مشخصاتی از محصول که شرایط فنی محصول را در هنگام تحویل مشخص می‌کند، به کار می‌رود.

یادآوری ۱: لیست اطلاعاتی که در مدارک بازرسی آورده می‌شوند در اسنادی مناسب و مرتبط مثل EN 10168 برای فولادها نیز یافت می‌شود.

یادآوری ۲: خلاصه‌ای از مدارک مشروح در این استاندارد در پیوست A آورده شده است.

۲. اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و واژه‌ها با تعاریف زیر به کار می‌روند:

۲.۱. بازرسی و آزمون غیر ویژه

عبارت است از انجام بازرسی و آزمون توسط تولیدکننده، براساس روش‌های اجرایی تولیدکننده، به منظور ارزیابی و تعیین تطابق محصول تولید شده در همان فرآیند، با خواسته‌های مندرج در سفارش. محصول مورد بازرسی و آزمون، ممکن است کالای تحویل شده نباشد.

۲.۲. بازرسی و آزمون ویژه

عبارت است از انجام بازرسی و آزمون، قبل از تحویل، بر طبق خواسته‌های فنی مندرج در سفارش، بر روی محصول یا قطعاتی که محصول تحویلی بخشی از آن است به منظور تعیین تطابق کالای مورد آزمون با خواسته‌های مندرج در سفارش.

۲.۳. سازنده

سازمانی که محصولات مربوطه را مطابق با الزامات سفارش و خصوصیات تعیین شده در مرجع تولید محصول تولید می‌کند.

۲.۴. واسطه

سازمانی است که محصول تولیدی را از سازنده تحویل گرفته و سپس آن را بدون هیچ عملیات اضافه و تغییرات در مشخصات تعیین شده محصول در اسناد سفارش و مراجع معین محصول، آن را تحویل دهد.

۲.۵. مشخصات محصول

مشخصات و الزامات فنی کامل و دقیق مطابق با سفارش که به صورت کتبی همراه با قوانین، استانداردها و مشخصات مرجع، اظهار شوند.

۳. مدارک بازرسی بر اساس بازرسی و آزمون غیرویه

۳.۱. گواهی نامه انطباق با سفارش نوع ۲.۱

اسنادی است که در آن سازنده اظهار می کند که محصولات تحویلی مطابق با الزامات سفارش می باشند. این اسناد بدون نتایج آزمون می باشند.

۳.۲. گزارش آزمون نوع ۲.۲

اسنادی است که در آن سازنده اظهار می کند که محصولات تحویلی مطابق با الزامات سفارش می باشند. این اسناد دارای نتایج آزمونی بر اساس بازرسی و آزمون غیر ویژه می باشند.

۴. مدارک بازرسی بر اساس بازرسی و آزمون ویژه

۴.۱. گواهی نامه بازرسی نوع ۳.۱

مدرکی است که توسط سازنده ارائه شده و در آن سازنده اظهار می کند که محصولات تحویلی مطابق با الزامات سفارش می باشد. این مدارک حاوی نتایج آزمون می باشند.

دستگاه آزمون و روند آزمون ها توسط مشخصات محصول تعیین شده و قوانین و مقررات رسمی یا مطابق با سفارش، تعیین می شوند.

اسناد و مدارک توسط نماینده مجاز سازنده که مستقل از واحد تولید می باشد، مورد اعتبارسنجی قرار می گیرد.

انتقال نتایج آزمون مربوط به گواهی نامه آزمون ۳.۱، که از ارزیابی و بازرسی مخصوص محصولات اولیه که سازنده از آن ها استفاده می کند، جهت استفاده در محصولات آینده، باید برای سازنده مجاز باشد به شرط آن که سازنده فعالیت هایی قابل ردیابی را انجام داده و بتواند مدارک بازرسی مربوطه مورد نیاز را فراهم سازد.

۴.۲. گواهی نامه بازرسی نوع ۳.۲

مدارکی که توسط نماینده مجاز سازنده که مستقل از واحد تولید بوده و نماینده مجاز خریدار یا بازرسی که توسط قواعد و توافق نامه ای رسمی تعیین می شود، تهیه شده و در آن اظهار می شود که محصولات تحویلی، مطابق با الزامات سفارش می باشند. نتایج آزمون نیز همراه با این مدارک ارائه می گردد.

انتقال نتایج آزمون مربوط به گواهی نامه آزمون ۳.۲، که از ارزیابی و بازرسی مخصوص محصولات اولیه که سازنده از آن ها استفاده می کند، جهت استفاده در محصولات آینده، باید برای سازنده مجاز باشد به شرط آن که سازنده فعالیت هایی قابل ردیابی را انجام داده و بتواند مدارک بازرسی مربوطه مورد نیاز را فراهم سازد.

۵. اعتبارسنجی و ارسال مدارک بازرسی

اسناد و مدارک بازرسی باید توسط فردی مسئول (با قید نام و سمت) مورد اعتبارسنجی واقع شوند.

حفاظت و انتقال اسناد باید به شکل داده های الکترونیکی یا کاغذی باشد.

۶. انتقال اسناد و مدارک بازرسی توسط یک واسطه

فرد واسطه تنها باید نسخه اصلی یا کپی مدارک بازرسی را که از سازنده دریافت نموده، بدون هیچ تغییری انتقال دهد. این مستندسازی باید با شناختی مناسب از محصول همراه باشد تا از قابلیت ردیابی بین محصول و اسناد مطمئن شویم.

کپی‌برداری از اسناد اصلی تنها زمانی مجاز است که شرایط زیر فراهم باشد:

- فرآیندهای ردیابی ممکن بوده و اجرایی باشند.
 - در صورت نیاز (درخواست) نسخه اصلی موجود باشد.
- با کپی‌برداری، مجاز می‌باشد که اطلاعات نسخه اصلی با مقادیر حقیقی جایگزین شوند.

پیوست A

(آموزشی)

خلاصه‌ای از اسناد بازرسی

خلاصه‌ای از اسناد بازرسی در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۱- خلاصه‌ای از اسناد بازرسی

نوع سند	تعریف	محتوی سند	شخص اعتبارسنج
نوع ۲.۱	اظهار تطابق با سفارش	اظهار تطابق با سفارش	سازنده
نوع ۲.۲	نتایج تست	اظهار تطابق با سفارش، به همراه نتایج آزمون غیرویژه	سازنده
نوع ۳.۱	گواهی‌نامه بازرسی ۳.۱	اظهار تطابق با سفارش، به همراه نتایج آزمون ویژه	نماینده مجاز سازنده که مستقل از واحد تولید می‌باشد
نوع ۳.۲	گواهی‌نامه بازرسی ۳.۲	اظهار تطابق با سفارش، به همراه نتایج آزمون ویژه	نماینده مجاز سازنده که مستقل از واحد تولید بوده و نماینده مجاز خریدار یا بازرسی که توسط قواعد و توافق‌نامه‌ای رسمی تعیین می‌شود

📖 انواع مدارک بازرسی – استاندارد ایزو ۱۰۴۷۴

۱. هدف

هدف از تدوین این استاندارد، شرح انواع مختلف مدارک بازرسی است که به منظور تحویل کالا بر حسب خواسته های مندرج در سفارش صادر می شود.

۲. دامنه و کاربرد

این استاندارد، به طور خاص برای انواع مختلف کالاهای فولادی کاربرد دارد، ولی در صورتی که در قرارداد و سفارش توافق شده باشد، می تواند برای سایر کالاها نیز استفاده شود.

۳. اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و واژه ها با تعاریف زیر به کار می رود:

۳.۱. بازرسی و آزمون ویژه

عبارت است از انجام بازرسی و آزمون، قبل از تحویل، بر طبق خواسته های فنی مندرج در سفارش، بر روی محصول یا بر روی واحدهای آزمون که محصول تحویلی بخشی از آن است به منظور تعیین تطابق کالای مورد آزمون با خواسته های مندرج در سفارش.

۳.۲. بازرسی و آزمون غیر ویژه

عبارت است از انجام بازرسی و آزمون توسط تولیدکننده، براساس روش های اجرایی تولیدکننده، به منظور ارزیابی و تعیین تطابق محصول تولیدشده در همان فرآیند، با خواسته های مندرج در سفارش.

یادآوری: محصول مورد بازرسی و آزمون، ممکن است کالای تحویل شده نباشد.

۳.۳. مدارک بازرسی نوع «۲»

مدارکی است که پس از بازرسی و آزمون انجام شده توسط کارکنان مجاز از طرف تولیدکننده صادر می شود. این کارکنان ممکن است خود عضو بخش تولید باشند.

۳.۴. گواهی نامه انطباق با سفارش نوع «۲/۱»

مدارکی است که تولیدکننده آن را صادر و طی آن انطباق محصول عرضه شده را با خواسته های مندرج در سفارش گواهی می کند. گواهی نامه انطباق با سفارش نوع «۲/۱» بر اساس بازرسی و آزمون غیرویه تنظیم می شود.

۳.۵. گزارش آزمون نوع «۲/۲»

مدرکی است که تولیدکننده آن را صادر و طی آن انطباق محصول عرضه شده را با خواسته‌های مندرج در سفارش گواهی می‌کند. در این مدرک تولیدکننده، نتایج آزمون بر اساس بازرسی و آزمون غیر ویژه را نیز ارائه می‌کند.

۳.۶. گزارش آزمون ویژه نوع «۲/۳»

مدرکی است که تولیدکننده آن را صادر کرده و طی آن انطباق کالای عرضه شده را با مشخصات مندرج در سفارش گواهی می‌کند. در این مدرک تولیدکننده، نتایج آزمون براساس بازرسی و آزمون ویژه را نیز ارائه می‌کند.

یادآوری ۱: گزارش آزمون ویژه نوع «۲/۳» فقط در صورتی تنظیم می‌شود که تولیدکننده فاقد بخش کنترل کیفی دارای صلاحیت و مستقل از بخش تولید باشد.

یادآوری ۲: در صورتی که تولیدکننده دارای بخش کنترل کیفی با صلاحیت و مستقل از بخش تولید باشد، باید گواهی بازرسی نوع «۳/۱B» را به جای گواهی نوع «۲/۳» ارائه کند.

۳.۷. مدارک بازرسی نوع «۳»

مدرکی است که پس از بازرسی و آزمون انجام شده یا / نظارت شده توسط کارکنان مجاز، مستقل از بخش تولید و بر اساس بازرسی و آزمون ویژه صادر می‌شود.

۳.۸. گواهی‌نامه بازرسی

مدرکی است که بر اساس بازرسی و آزمون و مطابق مشخصات فنی مندرج در سفارش، یا بر طبق مقررات رسمی وقواعد مرتبط صادر می‌شود. آزمون‌ها باید بر روی کالای عرضه شده، یا واحد بازرسی که کالای تحویلی بخشی از آن می‌باشد، انجام گیرد.

یادآوری : بر اساس استاندارد کالا، مقررات رسمی و قواعد فنی مرتبط یا مطابق با سفارش تعیین می‌شود.

۳.۹. گواهی‌نامه بازرسی نوع «۳/۱/A»

گواهی‌نامه‌ای است که توسط بازرس بر اساس مقررات رسمی تعیین شده و بر طبق مقررات مذکور و قواعد فنی مرتبط صادر شده و اعتبار می‌یابد.

۳.۱۰. گواهی‌نامه بازرسی نوع «۳/۱/ B»

گواهی‌نامه‌ای است که توسط یک بخش مستقل از بخش تولید صادر می‌شود و به وسیله یکی از کارکنان مجاز که مستقل از بخش تولید است، اعتبار می‌یابد.

۳.۱۱. گواهی‌نامه بازرسی نوع «۳/۱/ C»

گواهی‌نامه‌ای است که بر طبق مشخصات مندرج در سفارش، توسط نماینده مجاز خریدار صادر شده و اعتبار می‌یابد.

۳.۱۲. گزارش بازرسی نوع « ۳/۲ »

هنگامی که گواهی نامه بازرسی، در پی یک توافق خاص، توسط نماینده مجاز تولیدکننده و خریدار اعتبار می یابد، به عنوان گزارش بازرسی نوع « ۳/۲ » شناخته می شود.

۳.۱۳. مدارک بازرسی که توسط تولیدکننده ثانویه یا واسطه ارائه می شود

هنگامی که کالا توسط تولیدکننده ثانویه یا واسطه عرضه می شود، مدارک بازرسی مذکور در این استاندارد که توسط تولیدکننده اصلی صادر می گردد، باید بدون هیچ گونه تغییری تحویل خریدار شود. این مدارک باید به خوبی اطلاعات شناسایی کالا، برای ردیابی و انطباق با مدارک را ارائه دهد. تولیدکننده ثانویه و یا واسطه در صورت ایجاد هرگونه تغییر در وضعیت یا ابعاد کالا، باید مدرک اضافی حاوی شرایط جدید را ارائه کند. این موضوع شامل تمامی خواسته های ویژه ای می باشد که در مدارک تولیدکننده اصلی قید نگردیده است.

۳.۱۴. اعتبارسنجی مدارک بازرسی

مدارک بازرسی باید توسط فرد یا افراد مسئول و مجاز، تأیید و به گونه ای مقتضی امضاء یا علامت گذاری گردد.

پیوست الف استاندارد

خلاصه مدارک بازرسی

(جهت اطلاع)

شماره بند استاندارد بین‌المللی	مدرک	محتویات مدرک	شرایط تحویل	امضای مدرک
۲.۱	گواهی‌نامه انطباق با سفارش	بدون ذکر نتایج آزمون	طبق خواسته‌های مندرج در سفارش و همچنین در صورت نیاز طبق مقررات رسمی و قواعد فنی مرتبط	تولیدکننده
۲.۲	گزارش آزمون	با ذکر نتایج آزمون براساس بازرسی و آزمون غیر ویژه		
۲.۳	گزارش آزمون ویژه			
۳.۱.A	گواهی‌نامه بازرسی «۳/۱A»	با ذکر نتایج آزمون بر اساس بازرسی و آزمون ویژه	طبق مقررات رسمی و قواعد فنی مرتبط	بازرس تعیین شده طبق مقررات رسمی
۳.۱.B	گواهی‌نامه بازرسی «۳/۱/B»		طبق مشخصات مندرج در سفارش و همچنین در صورت نیاز طبق مقررات رسمی وقواعد فنی مرتبط	نماینده مجاز تولیدکننده و مستقل از بخش تولید
۳.۱.C	گواهی‌نامه بازرسی «۳/۱/C»			نماینده مجاز خریدار
۳.۲	گزارش بازرسی «۳/۲»		طبق مشخصات مندرج در سفارش	نماینده مجاز تولیدکننده و مستقل از بخش تولید ونماینده مجاز خریدار

مروری بر روش‌های ریخته‌گری

۱. مروری بر روش‌های ریخته‌گری

۱.۱. ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای

ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای^۳ یک فرآیند ریخته‌گری ساده است که در آن فلز مذاب درون حفره یک قالب ماسه‌ای یک‌بار مصرف ریخته شده و شکل مورد نظر را به خود می‌گیرد. قالب از ماسه کوبیده شده ساخته می‌شود و پس از ریزش مواد مذاب به داخل آن باید صبر کرد تا فلز به صورت جامد درآید و سپس قالب را تخریب نمود. قطعه کار حاصل، سطوحی خشن دارد که برخی سطوح آن زاویه‌دار می‌باشد. ماسه قالب‌گیری از مخلوط کردن ماسه و مقدار کمی چسب مخصوص ساخته می‌شود تا به هنگام کوبیدن در قالب، شکل خود را حفظ کند. در ریخته‌گری ماسه‌ای از ماسه طبیعی یا ماسه ترکیبی (ماسه دریاچه) استفاده می‌شود، که دارای یک ماده نسوز به نام سیلیکامی باشد. دانه‌های شن باید بقدر کافی کوچک باشند تا بتوان آن‌ها را به میزان کافی متراکم کرده و در عین حال باید آن‌قدر درشت باشند تا گازهای تشکیل شده در هنگام ریخته‌گری از بین منافذ آن‌ها خارج شوند. در قالب‌های بزرگ‌تر از ماسه سبز استفاده می‌کنند (ترکیبی از ماسه، خاک رس و مقداری آب). ماسه را می‌توان مجدداً مورد استفاده قرار داد. همچنین زائده‌ها و فلزات اضافی تمیزکاری شده و مجدداً استفاده می‌گردند. عموماً مذاب در فضای بین دو قسمت قالب که حفره قالب نام دارد، جاری می‌گردد. شکل و هندسه طرح توسط یک قطعه چوبی که الگو نام دارد، ایجاد می‌شود. شکل طرح، تقریباً شبیه به قطعه مورد نظر جهت ریخته‌گری می‌باشد.

❖ ویژگی‌های فرآیند

- از نیروی جاذبه برای ورود مواد مذاب به داخل قالب ماسه‌ای استفاده می‌شود.
- برای قالب‌گیری از مخلوط ماسه و مقدار کمی ماده چسبناک استفاده می‌شود.
- برای قالب‌گیری باید از یک مدل^۴ برای ایجاد حفره فرم‌دار استفاده نمود.
- روی سطح قطعه کار خط جدایش دیده می‌شود.
- سطوح مدل باید اندکی زاویه‌دار باشد که بتوان آن را به راحتی از ماسه کوبیده شده جدا کرد. گوشه‌های مدل نیز باید کمی گرد باشد.
- سطح قطعه کار خشن خواهد بود.
- پس از کامل شدن فرآیند، راه‌گاه^۵، تغذیه^۶، راه‌بار^۷ را باید از قطعه کار جدا کرد.

❖ شماتیک فرآیند

^۳ Green sand casting

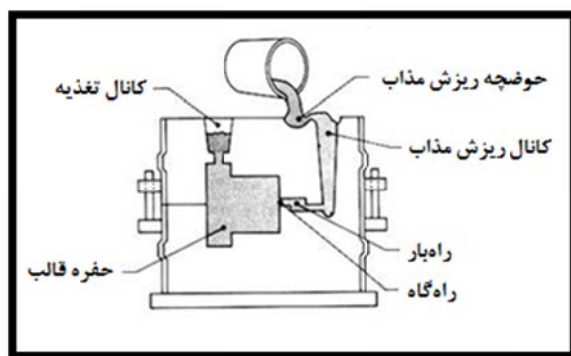
^۴ Pattern

^۵ Gate

^۶ Riser

^۷ Runner

همان‌طور که در شکل قالب ملاحظه می‌شود روی سطح فوقانی قالب و در مجاورت کانال ریزش^۸، باید یک حوضچه کوچک به وجود آید تا مواد مذاب به داخل آن ریخته شود. مذاب پس از پرکردن حوضچه وارد کانال ریزش شده و با عبور از راه‌بار و راه‌گاه، وارد حفره قالب می‌شود. راه‌گاه یا دهانه ورود مذاب به حفره قالب، قطر مشخصی دارد تا بتواند سرعت مواد به درون حفره را کنترل نماید. پس از پر شدن حفره قالب از مواد مذاب، مواد وارد کانال تغذیه شده و آن را نیز پر می‌کند. این کانال برای جبران کمبود مواد به هنگام سرد شدن مذاب و انقباض آن در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱- نمایی از روش ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای

با توجه به این‌که فلز مذاب به هنگام سرد شدن منقبض می‌شود، لازم است حفره قالب (یا به عبارت دیگر ابعاد مدل) کمی بزرگ‌تر از اندازه نهایی قطعه کار باشد. ساخت مدل با سطوح شیب‌دار و گوشه‌های گرد برای خارج کردن راحت آن از ماسه لازم است. تقریباً هر فلز قابل ذوب را می‌توان به روش ریخته‌گری شکل داد.

❖ تجهیزات مورد نیاز

برای ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای، یک کوره ذوب فلز، یک بوته^۹، پوسته قالب ماسه‌ای^{۱۰}، مدل (معمولاً از جنس چوب) و ماسه مورد نیاز است. درجه به دو نیم درجه بالا و پایین تقسیم می‌شود و این دو نیم درجه از هم قابل جدا کردن هستند. پس از قالب‌گیری مدل چوبی درون ماسه و کوبیدن ماسه، می‌توان مدل را با احتیاط از قالب جدا کرده و سپس دو نیم درجه قالب‌گیری شده را به هم متصل نمود. البته کانال‌های ریزش مذاب، راه‌گاه و تغذیه نیز باید در محل مناسب درون ماسه ایجاد شود. در این حالت می‌توان فلز مذاب را درون قالب ریخت. بدین ترتیب فلز مذاب، حفره به جامانده از مدل چوبی را پر می‌کند.

❖ اجزای قالب

مدل‌های مورد استفاده در ریخته‌گری معمولاً چوبی و گاهی فلزی می‌باشند. جنس مدل به تعداد تولیدات (دفعات استفاده از مدل) و پیچیدگی قطعه کار بستگی دارد. یک مدل ساده دوتکه‌ای، برای تولید قطعات به تعداد متوسط مناسب می‌باشد.

❖ فرم قطعه کار

یکی از مزایای فرآیند ریخته‌گری این است که می‌توان قطعاتی را با فرم هندسی و اندازه‌های متنوع با هزینه پایین تولید نمود. ضخامت دیواره قطعات ریخته‌گری شده در ماسه، معمولاً بیشتر از ۰.۲۵ اینچ و وزن این قطعات معمولاً ۱ تا ۵۰ پوند می‌باشد.

^۸ Spur

^۹ Crucible

^{۱۰} Flask

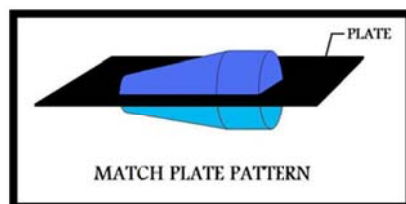
البته تحت شرایط خاص، می‌توان ضخامت دیواره قطعات را تا ۰.۰۳ اینچ نیز کاهش داد. قطعات بسیار سنگین با وزن چند درصد پوند را نیز می‌توان در ماسه ریخته‌گری نمود.

❖ تفرانس‌های ابعادی و پرداخت سطحی

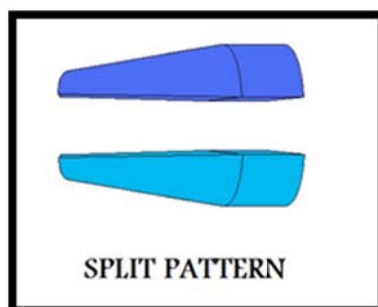
تفرانس ابعادی قطعات ریخته‌گری شده معمولاً در حد ۱/۸ اینچ می‌باشند. ولی در کارهای دقیق می‌توان دامنه تفرانسی را تا حد ۱/۱۶ اینچ کاهش داد. محدوده کیفیت پرداخت سطح نیز معمولاً ۶۰۰-۳۰۰ میکرواینچ است ولی این محدوده ممکن است تا ۱۰۰۰-۲۰۰ میکرواینچ نیز گسترش یابد.

❖ فرم مدل

سه نوع مدل رایج در فرآیند ریخته‌گری در ماسه عبارتند از: مدل‌های صفحه‌ای^{۱۱}، مدل‌های دوتکه^{۱۲} و مدل‌های آزاد با صفحه پشت‌بند^{۱۳}.



شکل ۲- مدل صفحه‌ای



شکل ۳- مدل دوتکه

از مدل صفحه‌ای زمانی استفاده می‌شود که بخواهیم تعداد زیادی قطعات کوچک را ریخته‌گری کنیم. مدل‌های دوتکه برای قطعات ریخته‌گری بزرگ به کار می‌روند. از مدل‌های آزاد با صفحه پشت‌بند نیز برای ریخته‌گری قطعات با فرم پیچیده که خط جدایش نامنظم دارند استفاده می‌شود. در طراحی مدل و فرآیند ریخته‌گری باید سعی شود ضخامت در قسمت‌های مختلف قطعه کار یکنواخت باشد و این ضخامت بیش از حد نیاز نباشد. ایجاد گوشه‌های گرد باعث تسهیل جریان مذاب درون قالب و جلوگیری از ایجاد تنش‌های ناخواسته در قطعه کار (به هنگام ساخت یا به هنگام مصرف قطعه کار) می‌شود. برای کاهش وزن و تقلیل هزینه‌های براده‌برداری می‌توان برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های موضعی را در قطعه کار در نظر گرفت. در ریخته‌گری

^{۱۱} Matchplate pattern

^{۱۲} Split pattern

^{۱۳} Loose pattern

قطعات شبکه‌ای نیز باید ترجیحا شبکه‌ها مقابل هم نباشند، بلکه به صورت یک در میان قرار بگیرند تا در اثر انقباض قطعه کار پس از ریخته‌گری، پیچیدگی فرم و ترک در آن به وجود نیاید.

❖ اثرات ریخته‌گری بر خواص مواد

اثرات ریخته‌گری بر خواص مکانیکی مواد عبارتند از: سخت‌شدن سطوح قطعه کار و ایجاد حفره‌های داخلی (مک) به دلیل حبس شدن گازهای حاصل از تبخیر رطوبت موجود در ماسه در داخل ماده مذاب. عملیات ریخته‌گری در ماسه، اثرات اندکی بر خواص شیمیایی و فیزیکی ماده دارد.

❖ جنس قطعه کار

در جدول زیر قابلیت ریخته‌گری چند فلز در قالب‌های ماسه‌ای ارائه شده است. قابلیت ریخته‌گری آلومینیوم خوب تا عالی است. برنج و فولاد، قابلیت ریخته‌گری متوسط تا خوبی دارند. قابلیت ریخته‌گری چدن، اندکی بهتر از آلومینیوم است. با افزودن سیلیسیم به چدن، سیالیت مذاب بهتر شده، به طوری که به راحتی خواهد توانست حفره‌های قالب را پر کند.

جدول ۱- محدوده قابلیت ریخته‌گری و جنس مواد

جنس قطعه کار	قابلیت ریخته‌گری در ماسه			
	ضعیف	متوسط	خوب	عالی
آلومینیوم	*****			
برنج	*****			
چدن	*****			
فولاد	*****			
محدوده معمول				***: محدوده ممکن

❖ جنس مدل

مدل‌های مورد مصرف در فرآیند ریخته‌گری در ماسه را می‌توان از چوب، فلز یا پلاستیک آماده نمود. چوب‌هایی که برای مدل-سازی به کار می‌روند عبارتند از صنوبر و ماهون. این چوب‌ها ارزان بوده و شکل دادن به آن‌ها آسان است. مدل‌های فلزی معمولا از آلومینیوم، چدن و فولاد ساخته می‌شوند و برای تعداد تولید بالا و کارهای دقیق مناسب می‌باشند. مدل‌های فلزی، مقاومت بیشتری در برابر سایش و ثبات بیشتری در شرایط رطوبتی مختلف دارند. مدل‌های پلاستیکی را می‌توان با شکل‌های پیچیده و با تolerانس‌های دقیق آماده کرد. مدل‌های پلاستیکی برای تعداد تولید متوسط مناسب می‌باشند.

جدول ۲- ویژگی‌های جنس مدل

ویژگی‌ها و کاربردها	جنس مدل
- ساخت مدل‌های مرجع و مدل‌های ریخته‌گری برای تعداد تولید کم - دارای دقت پایین	چوب
- مناسب برای تعداد تولید بالا - دارای دقت ابعادی بالا	فلز
- مناسب برای مدل‌های با فرم‌های پیچیده - برای تعداد تولید متوسط - دارای دقت ابعادی بالا	پلاستیک

❖ عوامل موثر در نتیجه فرآیند

دقت ابعادی و کیفیت پرداخت سطحی قطعات ریخته‌گری شده به عوامل زیر بستگی دارد:

- دقت ابعادی مدل و ماهیچه‌ها
- مقدار انقباض قطعه کار به هنگام سرد شدن مذاب
- ثبات ابعادی مدل
- صافی سطوح مدل
- مقدار سایش مدل
- میزان فشردگی ماسه
- ثبات ابعادی فلز ریخته شده
- سیستم راه‌گاهی و کانال‌های تغذیه قالب

❖ مشخصات کلی مدل

کلیه سطوح عمودی مدل باید کمی زاویه داشته باشند که به هنگام خارج کردن آن از ماسه، فرم ماسه فشرده شده تخریب نشود. مقدار این زاویه به ابعاد قطعه کار، روش ریخته‌گری، نوع مدل و تجهیزات ماهیچه‌گذاری بستگی دارد. در نمودار زیر مقدار اختلاف ابعادی قطعه کار بر اساس مقدار زاویه دیواره (۱ تا ۵ درجه) و ارتفاع دیواره ارایه شده است. اگر سطوح عمودی مدل خیلی صاف باشد، احتیاج به زاویه کمتری خواهد داشت.

❖ بازدهی وزنی در ریخته‌گری

در جدول زیر، درصد بازدهی وزنی^{۱۴} برای ریخته‌گری قطعات متوسط (با وزن ۵۰ تا ۱۰۰ پوند) ارایه شده است. درصد بازدهی وزنی، نشان‌دهنده نسبت وزن خالص قطعه ریخته‌گری شده به وزن کلی آن پس از خروج از قالب ماسه‌ای (یعنی قطعه کار به اضافه زایدات مربوط به کانال‌های راه‌گاهی و تغذیه که به آن چسبیده‌اند) می‌باشد. این درصدها بر اساس سیستم‌های استاندارد برای طراحی کانال‌های تغذیه و راه‌گاه‌های قالب برآورده شده‌اند. مثلاً اگر وزن مجموعه قطعات ریخته‌گری شده به همراه زایدات آن ۱۲۵ پوند و وزن قطعه خالص ۱۰۰ پوند باشد، درصد بازدهی وزنی فرآیند، ۸۰ درصد می‌باشد.

¹⁴ Yield percentage

جدول ۳- درصد بازدهی وزنی بر اساس جنس قطعه کار

درصد بازدهی وزنی	انقباض (اینچ بر فوت)	جنس قطعه کار
۷۵-۸۵	۱/۸ - ۳/۱۶	آلومینیوم
۶۰-۷۰	۵/۳۲ - ۳/۱۶	برنج
۸۰-۸۵	۱/۱۰ - ۱/۸	چدن
۵۰-۶۰	۳/۱۶ - ۱/۴	فولاد

درصد بازدهی وزنی به بیان ساده عبارتند از نسبت وزن قطعه کار خالص بر وزن ماده مذاب ریخته‌گری شده در قالب.

❖ مواد کمکی آزادکننده مدل از قالب

برای آزادشدن راحت‌تر مدل از قالب ماسه‌ای، از موادی نظیر روغن‌های معدنی، گریس، مولیبدن دی‌سولفید، روغن تخم ترب، مخلوط روغن- گرافیت و پارافین استفاده می‌شود. گاهی اوقات موادی نظیر گرافیت کلوییدی، آزیست، ورمیکولایت^{۱۵}، آلومینیوم اکسید و مخلوط سیلوسل^{۱۶} که نوعی ماده دیرگداز می‌باشند را با آب مخلوط کرده و روی سطح حفره داخلی قالب ماسه‌ای می‌پاشند تا سرعت سردشدن مذاب در قالب را بتوان کنترل نمود. این مواد با آب مخلوط شده و به صورت یک پوشش نازک روی سطح پاشیده می‌شوند.

جدول ۴- انواع پوشش حفره قالب و مواد کمکی آزادکننده مدل

پوشش حفره قالب	مواد کمکی آزادکننده مدل
گرافیت کلوییدی	روغن‌های معدنی
آزیست	گریس
ورمیکولایت	مولیبدن دی‌سولفید
آلومینیوم اکسید	مخلوط روغن- گرافیت
مخلوط خاک و سیلوسل	پارافین

❖ انرژی مورد نیاز فرآیند

در جدول زیر، چگالی، دمای ذوب و گرمای ویژه برای مواد مختلف فلزی مورد استفاده در عملیات ریخته‌گری در ماسه، ارائه شده است. برای محاسبه انرژی کل، باید گرمای ویژه، چگالی ماده و دمای ذوب را در هم ضرب نمود.

جدول ۵- گرمای ویژه، چگالی ماده و دمای ذوب انواع مواد ریخته‌گری

گرمای ویژه (بی تی یو ^{۱۷} بر پوند فارنهایت)	دمای ذوب (فارنهایت)	چگالی (پوند بر اینچ مکعب)	نوع ماده
۰.۲۱۴	۱۲۲۰	۰.۰۶۷	آلومینیوم
۰.۴۵۰	۱۹۸۰	۰.۳۰۶	برنج
۰.۱۳۰	۱۹۹۰ - ۲۳۰۰	۰.۲۸۰	چدن
۰.۱۱۷	۲۵۰۰	۰.۲۸۳	فولاد

¹⁵ Vermiculite

¹⁶ Silocel

¹⁷ Btu

❖ عوامل هزینه

در برآورد هزینه عملیات ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای باید عوامل زیر را در نظر گرفت:

- زمان تنظیم
- زمان قالب‌گیری و خارج کردن قطعه کار از قالب
- زمان ریخته‌گری
- هزینه تامین مواد اولیه
- هزینه مستقیم نیروی انسانی
- هزینه‌های بالاسری
- هزینه استهلاک ماشین و تجهیزات

❖ محاسبه زمان

زمان ریخته‌گری به فضای حفره قالب و کانال‌های فرعی آن و سرعت پرشدن قالب از مواد مذاب بستگی دارد. زمان کل فرآیند عبارتند از: زمان ریختن مذاب، زمان خنک شدن و زمان خارج کردن قطعه کار از قالب و تمیزکردن آن. زمان کل، مجموع زمان‌های ذکرشده در بالا می‌باشد.

❖ ملاحظات اساسی در این روش

- به وسیله طرح، تنها سطح خارجی قطعه ساخته می‌شود. سطوح داخلی توسط ماهیچه‌ها ایجاد می‌شوند.
- باید مقدار فضای لازم را برای انقباض قطعه ریخته‌گری شده بعد از انجماد پیش‌بینی کرد.
- وقتی دو قسمت تشکیل‌دهنده قالب را از هم جدا کنیم و طرح ایجاد شده توسط قسمت پایینی و بالایی را به دو نیم تقسیم کنیم، به یک برشی عرضی از قطعه می‌رسیم. به سطح این برش عرضی خط جداکننده می‌گویند.
- برای جلوگیری از صدمه سطح قالب هنگام خارج کردن الگو، قطعات چوبی مربوط به لوله‌های هوا و راه‌گاه‌ها باید سطوح عمودی قطعه را کمی مایل طراحی کنیم.
- ماهیچه‌ها توسط اجزایی به نام برجستگی ماهیچه‌در جای خود نگه داشته می‌شوند.
- بعد از آماده شدن قطعه ریخته‌گری شده باید آن را با فشار هوا تمیز کرد.
- سطوح مهم باید ماشین‌کاری شوند تا سطحی پرداخت شده و دقیق حاصل گردد.

۱.۲ ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای ماهیچه‌دار

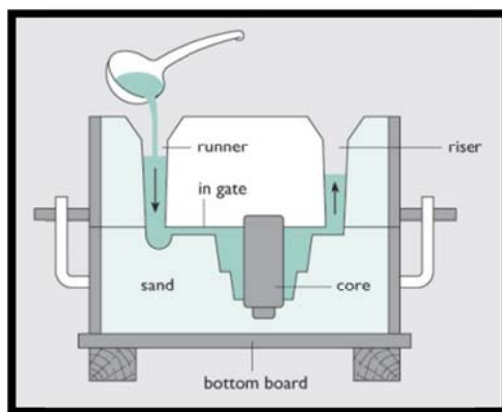
ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای ماهیچه‌دار^{۱۸}، یک فرآیند ریخته‌گری است که قالب آن از چند طبقه تشکیل شده و این طبقات با چسب یا تسمه‌های فولادی به هم متصل می‌شوند. ماهیچه‌ها از ماسه مخصوص ریخته‌گری و کامپوزیت‌ها ساخته می‌شوند و از

¹⁸ Cored sand casting

نظر اندازه و فرم بسیار متنوع می‌باشند. با ماهیچه‌گذاری قالب‌های ریخته‌گری می‌توان قطعات پیچیده با حفره‌های گوناگون را ریخته‌گری نمود.

❖ ویژگی‌های فرآیند

- با استفاده از ماهیچه‌ها در این فرآیند می‌توان قطعاتی با فرم‌های پیچیده را تولید نمود.
 - ماهیچه‌ها قطعاتی فرم‌دار از ماسه و مواد دیگر می‌باشند که در اثر حرارت یا روش‌های دیگر، اندکی سخت و صلب می‌شوند.
 - سرعت تولید در این فرآیند پایین می‌باشد.
 - ماهیچه‌ها را به وسیله چسب یا تسمه‌های فولادی به هم مونتاژ کرده و در قالب ماسه‌ای جاسازی می‌کنند.
 - قطعات ساخته شده به این روش ممکن است چند خط جدایش داشته باشند.
- در شکل زیر نمونه‌ای از یک قالب مونتاژ شده در حال ریختن مذاب به داخل آن را مشاهده می‌نمایید:



شکل ۴- طرح‌واره‌ای از فرآیند ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای ماهیچه‌دار

با ساخت ماهیچه‌های ساده و مونتاژ دقیق آن‌ها در قالب ماسه‌ای، با استفاده از یک فرآیند ریخته‌گری معمولی، می‌توان قطعات پیچیده‌ای را تولید نمود.

۱.۳ ریخته‌گری دقیق

ریخته‌گری دقیق^{۱۹} یک فرآیند ریخته‌گری است که در آن فلز مذاب درون یک قالب سرامیکی پیش‌گرم شده، ریخته می‌شود. توسط این فرآیند می‌توان قطعات ظریف با فرم‌های پیچیده و دقیق تولید نمود. در روش‌های قالب‌گیری در ماسه، مدل‌های چوبی یا فلزی به منظور تعبیه شکل قطعه در داخل مواد قالب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این گونه‌روش‌ها، قالب فقط یک‌بار استفاده می‌شود. در روش دقیق هم مدل و هم قالب فقط یک بار استفاده می‌شوند. مهم‌ترین مزایای روش ریخته‌گری دقیق آن است که تولید انبوه قطعات با اشکال پیچیده که توسط روش‌های دیگر ریخته‌گری نمی‌توان تولید نمود توسط این فرآیند امکان‌پذیر می‌باشد. مواد قالب و نیز تکنیک بالای این فرآیند، امکان تکرار تولید قطعات با دقت ابعادی و صافی سطح یکنواخت را می‌دهد. این روش برای تولید کلیه فلزات و آلیاژهای ریختگی به کار می‌رود. هم‌چنین در این روش امکان تولید قطعاتی از

¹⁹ Investment Casting

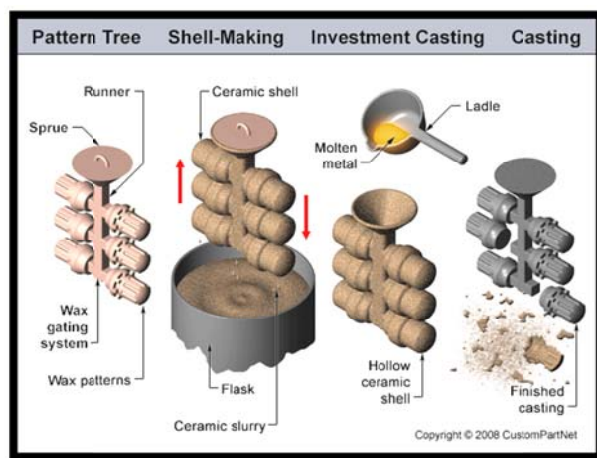
چند آلیاژ مختلف وجود دارد. توسط این فرآیند امکان تولید قطعاتی با حداقل نیاز به عملیات ماشین کاری وجود دارد. بنابراین به کمک این روش محدودیت استفاده از آلیاژهای با قابلیت ماشین کاری بد از بین می‌رود. اما این روش دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد که مهمترین محدودیت‌های آن عبارتند از آن که اندازه و وزن قطعات تولید شده توسط این روش محدود بوده و عموماً قطعات با وزن کمتر از ۵ کیلوگرم تولید می‌شوند و هزینه تجهیزات و ابزارها در این روش نسبت به سایر روش‌ها بیشتر است.

❖ ویژگی‌های فرآیند

- توسط این فرآیند می‌توان فرم‌های پیچیده با اجزای ظریف و ابعاد دقیق تولید نمود.
- در این فرآیند از مدل‌های مومی یا پلاستیکی استفاده می‌شود.
- در ساخت قالب‌های ریخته‌گری دقیق، نیازی به ایجاد شیب روی دیواره‌های قالب نمی‌باشد.
- برای افزایش بهره‌وری می‌توان چند مدل را به صورت خوشه‌ای به هم وصل کرده و یک قالب چند حفره‌ای آماده نمود.
- پس از کامل شدن پوسته سرامیکی روی مدل‌ها، می‌توان با گرم کردن پوسته، مدل‌ها را ذوب کرده و از قالب خارج نمود تا یک قالب سرامیکی توخالی برای ریخته‌گری ایجاد شود.

❖ شماتیک فرآیند

قبل از ریخته‌گری فلز مذاب، قالب سرامیکی را پیش‌گرم^{۲۰} می‌کنند. برای اطمینان از پرشدن حفره‌های قالب از فلز مذاب می‌توان از فشار، مکش یا تیروی گریز از مرکز کمک گرفت. پس از ریخته‌گری مذاب و سرد شدن قالب، فلز مذاب منجمد شده و قطعات درون قالب سخت می‌شوند. در این وضعیت با شکستن پوسته سرامیکی یا با استفاده از عملیات شن‌زنی^{۲۱} می‌توان قطعات را از قالب جدا نمود. مرحله آخر عملیات، جداکردن هر یک از قطعات از کانال‌های عبور مذاب و زائده‌های حاصل از ریخته‌گری است. این کار معمولاً با عملیات سنگ‌زنی انجام می‌شود.

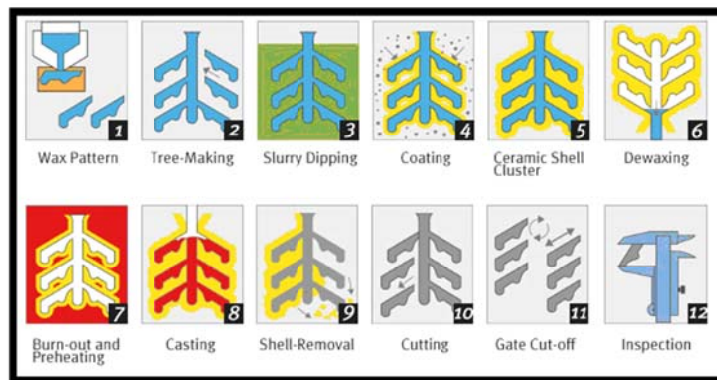


شکل ۵- فرآیند ریخته‌گری دقیق

²⁰ Preheat

²¹ Sand Blasting

تقریباً هر نوع فلزی را می‌توان با این روش ریخته‌گری نمود. مخصوصاً فلزاتی که نقطه ذوب آن‌ها بالاست و نمی‌توان آن‌ها را در قالب‌های فلزی یا گچی ریخته‌گری نمود. در قالب‌های ریخته‌گری دقیق، خط جدایش وجود ندارد، زیرا بدنه قالب برای هر قطعه کار یک‌پارچه است.



شکل ۶- فرآیند ریخته‌گری دقیق به طور کامل

قطعات فلزی با فرم‌های پیچیده که با دیگر روش‌های رایج، قابل ساخت نمی‌باشند را می‌توان به روش ریخته‌گری دقیق تولید نمود. پرداخت سطحی قطعات تولیدی خیلی خوب و تolerانس‌های ابعادی آن‌ها عالی می‌باشد.

❖ تجهیزات مورد نیاز

در شکل زیر تجهیزات مورد نیاز این روش نشان داده شده است. البته علاوه بر این تجهیزات، ماشین‌آلاتی برای آماده‌سازی مدل‌های مومی نیز مورد نیاز می‌باشد. برای ذوب‌کردن فلز و تخلیه قالب در مدل‌های مومی، این عملیات نیازمند کوره مناسبی می‌باشد.



شکل ۷- ماشین ریخته‌گری دقیق

در این روش ابتدا باید مدل‌های یک‌بار مصرف را به روش قالب‌گیری تزریقی از موم یا پلاستیک آماده نمود. مدل‌های مومی سپس به یک سیستم راه‌گاهی چندشاخه مومی متصل شده و به صورت خوشه‌ای از مدل‌های چسبیده به سیستم راه‌گاهی درمی‌آیند. این خوشه مومی، مکرراً در یک مخزن حاوی دوغاب مواد ریز سرامیکی غوطه‌ور شده، سپس با دانه‌های درشت‌تر و پودر خشک مواد دیرگداز پوشش داده شده و خشک می‌شود تا یک پوسته سرامیکی سخت با ضخامت مناسب روی مدل‌های

مومی به وجود آید. با این روش یک قالب سرامیکی پوسته‌ای^{۲۲} آماده می‌شود. در قالب‌های سرامیکی ضخیم^{۲۳}، خوشه مدل مومی در یک ظرف فلزی قرار گرفته و مواد سرامیکی به درون ظرف و اطراف مدل ریخته می‌شود تا ظرف پر از ماده سرامیکی گردد. برای خارج کردن مدل از درون قالب سرامیکی، قالب را درون یک کوره قرار می‌دهند تا موم ذوب شده و از قالب خارج شود. سپس می‌توان قالب را که پیش‌گرم شده، برای ریخته‌گری ارسال نمود. در قالب‌های ریخته‌گری دقیق، نیازی به ایجاد شیب در دیواره‌های قطعه کار نیست، زیرا هم مدل و هم قالب به هنگام اجرای فرآیند تخریب می‌شوند و هیچ یک در انتهای فرآیند به شکل اولیه خود باقی نمی‌مانند.

❖ قابلیت‌های فرآیند

تقریباً هیچ محدودیتی برای فرم قطعاتی که به روش ریخته‌گری دقیق تولید می‌شوند، وجود ندارد. قطعات با فرم‌های پیچیده را به راحتی با این روش می‌توان تولید نمود. ضخامت قطعات ریخته‌گری شده با این روش ممکن است به نازکی ۰.۰۵ اینچ باشد. وزن قطعات ریخته‌گری شده دقیق در محدوده ۴۰-۰.۳ پوند می‌باشد.

❖ تolerانس‌های ابعادی و پرداخت سطحی

tolerانس ابعادی قطعات ساخته شده به روش ریخته‌گری دقیق معمولاً ۰.۰۰۵ اینچ می‌باشد ولی می‌توان این دامنه tolerانس را تا ۰.۰۰۲ اینچ نیز تقلیل داد. کیفیت پرداخت سطحی قطعات نیز معمولاً ۱۲۵-۵۰ میکرواینچ است ولی این محدوده ممکن است تا ۳۰۰-۳۲ میکرواینچ نیز گسترش یابد. دقت ابعادی و کیفیت پرداخت سطح قطعات تولیدی به کیفیت سطوح قالب سرامیکی، درجه حرارت فلز مذاب و نوع آلیاژ فلز بستگی دارد.

❖ ملاحظات طراحی

در طراحی قطعه کار برای ریخته‌گری دقیق باید به یکنواختی ضخامت در قسمت‌های مختلف آن توجه داشت. نکته مهم دیگر، گوشه‌های تیز و دیگر نقاط تمرکز تنش است که باید از آن‌ها اجتناب شود. نکته دیگر این است که قطعه کار، با کمترین عملیات براده‌برداری کامل شود.

❖ جنس مدل

مواد ساخت مدل در قالب‌گیری ریخته‌گری دقیق عبارتند از: موم، پلاستیک و جیوه. استفاده از موم نسبت به بقیه موارد رایج‌تر بوده زیرا ارزان‌تر بوده و به راحتی فرم می‌گیرد. ضمناً مجدداً می‌توان از آن استفاده نمود. پلاستیک در تولید قطعات به تعداد زیاد و تولید قطعات پیچیده با دیواره نازک مناسب است. برای تولید قطعات با پرداخت سطحی بهتر و با ابعاد دقیق می‌توان از جیوه منجمد برای ساخت مدل استفاده نمود. البته استفاده از جیوه به دلیل هزینه بالا، به کارگیری دشوار آن در قالب‌گیری و سمی بودن آن، رایج نمی‌باشد.

❖ اثرات ریخته‌گری دقیق بر خواص ماده

²² Shell

²³ Flask type

در این فرآیند می‌توان اندازه و آرایش دانه‌های تشکیل شده به هنگام انجماد مذاب را به خوبی کنترل کرده و انجماد مواد را جهت‌دار نمود.

جدول ۶- اثرات ریخته‌گری دقیق بر خواص ماده

خواص ماده	اثرات ریخته‌گری دقیق بر خواص ماده
مکانیکی	- اندازه دانه‌ها و طرز استقرار آنها قابل کنترل است - می‌توان انجماد مذاب را جهت‌دار نمود
فیزیکی	- اثرات اندکی دارد
شیمیایی	- اثرات اندکی دارد

❖ جنس قطعه کار

قابلیت ریخته‌گری دقیق فلزاتی نظیر آلومینیوم، چدن و منیزیم خوب تا عالی است، زیرا وجود سیلیسیم در آلیاژهای این فلزات باعث سیالیت خوب آنها می‌شود. قابلیت ریخته‌گری دقیق فولاد و برنج، متوسط تا خوب ارزیابی می‌شود.

جدول ۷- اثرات ریخته‌گری دقیق بر خواص ماده

جنس قطعه کار	قابلیت ریخته‌گری دقیق			
	عالی	خوب	متوسط	ضعیف
آلومینیوم	*****	*****		
چدن	*****	*****		
فولاد	*****	*****	*****	
برنج	*****	*****	*****	
منیزیم	*****	*****		
	***: محدوده ممکن	محدوده معمول		

❖ عوامل موثر در نتیجه فرآیند

تولرانس ابعادی و کیفیت پرداخت سطحی قطعه کار به عوامل زیر بستگی دارد:

- دقت مدل و قالب‌گیری
- ثبات ابعادی مدل
- طراحی سیستم راه‌گاهی و عبور مذاب
- میزان انبساط قالب به هنگام ذوب کردن مدل و پیش‌گرم
- پایداری آلیاژ فلز مذاب
- کیفیت دوغاب و پودر سرامیکی مورد استفاده در قالب‌گیری

❖ پارامترهای فرآیند

دو پارامتر مهم در فرآیند ریخته‌گری دقیق عبارتند از انقباض^{۲۴} و بازدهی مذاب^{۲۵}. انقباض بر حسب اینچ در هر فوت سنجیده می‌شود. مثلاً آلومینیوم به هنگام انجماد حداقل ۱/۸ اینچ بر فوت منقبض می‌شود. در طراحی ابعاد مدل مومی باید به میزان انقباض توجه کرد. بازدهی مذاب بر حسب درصد بیان می‌شود و عبارت است از وزن قطعه کار نهایی سالم نسبت به وزن مذاب تهیه شده برای آن. مقدار بازدهی مذاب معمولاً بین ۹۰-۵۵ درصد می‌باشد.

جدول ۸- میزان انقباض و بازدهی مذاب بر حسب نوع ماده

بازدهی مذاب (درصد)	انقباض (اینچ بر فوت)	جنس قطعه کار
۸۰-۹۰	۱/۸-۳/۱۶	آلومینیوم
۸۰-۸۵	۱/۱۰-۱/۸	چدن
۵۵-۶۵	۳/۱۶-۱/۴	فولاد
۶۵-۷۵	۵/۳۲-۳/۱۶	برنج
۸۰-۹۰	۱/۱۰-۵/۳۲	منیزیم

در فرآیند ریخته‌گری دقیق، نیازی به استفاده از مواد جداکننده برای جداکردن قطعه کار از قالب نیست. ولی در تولید مدل‌های مومی، برای جداسازی مدل از قالب معمولاً از اسپری سیلیکون استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که دمای قالب بر خواص فیزیکی و شیمیایی قطعات اثر می‌گذارد. انرژی مصرفی در این فرآیند معمولاً بر حسب بی تی یو سنجیده می‌شود. برای تعیین این انرژی لازم است مقادیر مربوط به چگالی فلز، درجه حرارت ذوب آن و گرمای ویژه این ماده مشخص گردد. انرژی مصرفی به دست آمده با این روش، در واقع انرژی مورد نیاز برای ذوب کردن فلز می‌باشد.

جدول ۹- انرژی مورد نیاز در فرآیند ریخته‌گری دقیق

گرمای ویژه (بی تی یو بر پوند فارنهایت)	دمای ذوب (فارنهایت)	چگالی (پوند بر اینچ مکعب)	نوع ماده
۰.۲۱۴	۱۲۲۰	۰.۰۹۷	آلومینیوم
۰.۱۳۰	۱۹۹۰-۲۳۰۰	۰.۲۸۰	چدن
۰.۱۱۷	۲۵۰۰	۰.۲۸۳	فولاد
۰.۴۵۰	۱۹۸۰	۰.۳۰۶	برنج
۰.۲۱۷	۱۲۰۰	۰.۰۶۴	منیزیم

۱.۴. ریخته‌گری در قالب‌های ماسه-رزین

قالب‌های ماسه-رزین^{۲۶}، شبیه قالب‌های ریخته‌گری ماسه‌ای معمولی بوده که در آن‌ها فلز مذاب به درون یک قالب ساخته شده از مخلوط ماسه، رزین سخت‌شونده سریع و یک کاتالیزور ریخته شده و آن‌قدر در قالب باقی می‌ماند که کاملاً منجمد و سخت گردد.

²⁴ Shrinkage

²⁵ Yield

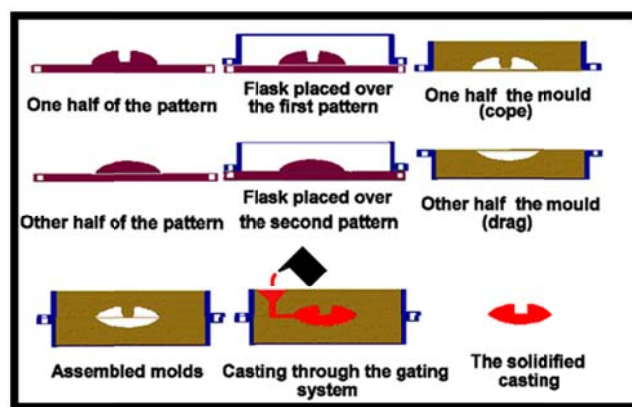
²⁶ No-Bake mold

❖ ویژگی‌های فرآیند

- فلز مذاب به واسطه نیروی وزن خود به داخل قالب یک بار مصرف ماسه‌ای سخت، وارد می‌شود
- ماسه در این قالب‌ها کوبیده نمی‌شود، بلکه به همراه رزین، قالب‌گیری شده و سخت می‌گردد
- قالب‌های ماسه- رزین در دمای محیط و به واسطه انجام یک واکنش شیمیایی سخت می‌شوند و احتیاج به حرارت ندارند
- ابعاد قطعه کار ریخته‌گری شده در این روش دقیق خواهد بود
- هزینه نیروی انسانی و دور ریز مواد در این فرآیند پایین است

❖ شماتیک فرآیند

در این روش فلز مذاب باید به آرامی در چاله دهانه قالب ریخته شود که از آن‌جا از طریق یک کانال عمودی و راه‌گاه به حفره قالب وارد شود (سطح مقطع راه‌گاه، سرعت ورود مذاب به داخل حفره قالب را کنترل می‌کند). پس از پرشدن حفره قالب، فلز مذاب وارد کانال تغذیه شده و آن را هم پر می‌کند. به هنگام انجماد فلز در قالب، مقداری از این فلز مذاب به داخل حفره قالب تغذیه می‌شود تا فرم قطعه کار باقی بماند. پس از انجماد کامل، قالب باید خرد شده و قطعه کار را از آن جدا نمود. تنها تجهیزات مورد نیاز برای اجرای این فرآیند، یک کوره ذوب فلز، یک بوته برای حمل مذاب و یک قالب ماسه- رزین می‌باشد. در این روش، معمولاً مدل‌ها از چوب و گاهی از فلز ساخته می‌شوند. جنس مدل به پیچیدگی فرم قطعه کار و تعداد تولید آن بستگی دارد. قالب ماسه- رزین از دو نیمه بالایی و پایینی ساخته می‌شود. برای ایجاد قطعات توخالی باید یک ماهیچه نیز در قالب قرار داد.



شکل ۸- نمایی از مراحل ریخته‌گری با ماسه- رزین

۱.۵ ریخته‌گری در قالب گچی

ریخته‌گری در قالب گچی^{۲۷} یکی از فرآیندهای ریخته‌گری فلزات است که در آن، فلزات غیرآهنی ذوب شده و در یک قالب گچی یک‌بار مصرف ریخته می‌شوند. آن‌قدر در قالب باقی می‌مانند که انجماد مذاب کامل گردد.

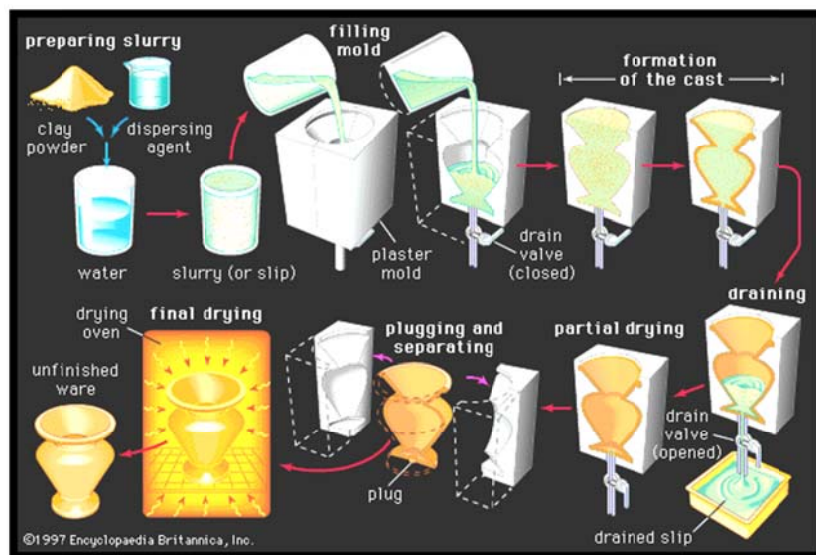
²⁷ Plaster mold casting

❖ ویژگی‌های فرآیند

- در این فرآیند از انرژی وزن مذاب برای پرکردن قالب گچی استفاده می‌شود.
- این فرآیند مخصوص ریخته‌گری فلزات غیرآهنی است.
- در مقایسه با ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای، قطعات ریخته‌گری شده در قالب گچی از کیفیت سطحی بهتری برخوردار می‌باشند.
- دور ریز مواد در این فرآیند کم است.
- در این فرآیند می‌توان قطعات با دیواره نازک و فرم‌های پیچیده را تولید نمود.

❖ شماتیک فرآیند

در این فرآیند فلز مذاب به داخل چاله ریزش در بالای قالب ریخته شده و از آن‌جا به واسطه نیروی وزن خود از کانال عمودی به داخل قالب و به حفره قالب هدایت می‌گردد. پس از پرشدن حفره اصلی قالب، فلز مذاب به کانال تغذیه قالب نیز وارد می‌شود تا هنگام انجماد و انقباض مذاب، از این کانال تغذیه گردد. با تکمیل انجماد مذاب، قالب گچی شکسته شده و می‌توان قطعه کار را خارج نمود. هنگامی که نیاز باشد یک قطعه کار پیچیده با دیواره‌های نازک و پرداخت سطحی خوب ریخته‌گری شود، می‌توان از قالب گچی برای این عملیات استفاده نمود. تجهیزات اصلی در فرآیند ریخته‌گری در قالب گچی عبارتند از: بوته، قاب فلزی، قالب گچی و کوره مذاب. قاب فلزی برای مهارکردن قالب گچی به هنگام ریختن فلز مذاب به کار می‌رود. بوته نیز از جنس گرافیت است و برای انتقال مذاب از کوره به قالب مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۹- نمایی از ریخته‌گری در قالب گچی

۲. مروری بر انواع مواد قالب‌گیری

در صنعت ریخته‌گری دو گروه اصلی از مواد قالب‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای فلزات غیرآهنی در دمای کمتر از ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد غالباً از سولفات کلسیم نیمه هیدراته یا گچ استفاده می‌شود. این ماده با نسوزهای مختلفی مخلوط

می‌شود. برای ریخته‌گری فلزات آهنی و غیرآهنی که حداکثر در دمای ۱۷۰۰ درجه سانتی‌گراد ریخته‌گری می‌شوند، از سیلیکات اتیل هیدرولیز شده استفاده می‌شود که نسوزهای مختلفی مثل زیرکن، مولیت تکلیس شده یا جوشه سیلیس مخلوط و مقدار کمی ماده ژل‌ساز (معمولاً محلول کربنات آمونیوم ۷.۵ درصد) نیز به آن اضافه شده است. در برخی موارد از آلکی سیلیکات هیدرولیز شده نیز به عنوان چسب استفاده می‌شود. غالباً از یک نسوز فسفات به عنوان پوشش ثانویه مدل‌هایی که در درجه قالب‌گیری می‌شوند استفاده می‌شود. مواد قالب‌گیری متداول و کاربرد آن‌ها را در جدول ۱۵ مشاهده می‌نمایید. مواد قالب‌گیری مورد استفاده برای ریخته‌گری فلزات غیرآهنی تنوع زیادی دارند، اما اساساً از یک چسب و یک ماده نسوز تشکیل شده‌اند و اغلب مواد دیگری نیز جهت افزایش استحکام و نفوذپذیری به آن‌ها اضافه می‌شود. چسب‌ها شامل موارد زیر می‌شوند:

- گچ
- سیمان پرتلند
- روغن برزک
- خاک رس
- سیلیکات اتیل
- فسفات‌ها
- رزین‌ها
- چسب شیشه (سیلیکات سدیم)

جدول ۱۰- مواد قالب‌گیری متداول و کاربرد آن‌ها

مواد غیرتجاری (درصد وزنی)	روش قالب‌گیری	فلزات تحت ریخته‌گری	حداکثر دمای مذاب‌ریزی
۹۵ درصد تالک، ۴ درصد سیمان تندگیر، ۱ درصد آزیست	همه روش‌ها	برنج / آلومینیوم / برنز	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
ماسه سیلیسی و خاک نسوز (به نسبت ۱:۱)	قالب‌گیری توپر	همه فلزات	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
۷۰ درصد گچ قالب‌گیری درجه ۱، ۲۹ درصد تالک، ۱ درصد آهک هیدراته، ۰.۳۴ درصد سیمان پرتلند	همه روش‌ها	برنج / آلومینیوم / برنز	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
۵۴ درصد ماسه سیلیسی ۱۰۰ مش، ۳۲ درصد گچ قالب‌گیری درجه ۱، ۱۳ درصد تالک، ۱ درصد سیمان تندگیر	همه روش‌ها	برنج / آلومینیوم / برنز	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
پودر اولیوین ۲۰۰ مش، گچ قالب‌گیری درجه ۱ (به نسبت ۳:۲)	همه روش‌ها	برنج / برنز	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
گچ تکلیس شده (گچ معمولی)	قالب‌گیری با درجه، قالب‌گیری توپر	آلومینیوم	-
گچ و پودر سیلیس (به نسبت ۱:۱)	همه روش‌ها	برنج / آلومینیوم / برنز	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
خاک آجر و گچ قالب‌گیری (به نسبت ۳:۲)	همه روش‌ها	برنج / آلومینیوم / برنز	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
ماسه سیلیسی ۱۰۰ مش و سیمان تندگیر (به نسبت ۱:۱)	قالب‌گیری با درجه، قالب‌گیری توپر	همه فلزات	۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد

- برای قطعات سنگین آهنی از ماسه تر یا خشک با عدد ریزی ۶۱ و ۵۰ و نفوذپذیری ۸۰ تا ۱۲۰ استفاده می‌شود.
 - برای قطعات متوسط آهنی از ماسه تر با عدد ریزی ۷۰ و ۴۵ و نفوذپذیری ۵۰ تا ۷۰ استفاده می‌شود.
 - برای شمشه فشاری سبک از ماسه تر با عدد ریزی ۱۱۰ و ۸۰ و نفوذپذیری ۲۰ تا ۳۰ استفاده می‌شود.
 - برای ورق کوره‌ای از ماسه تر با عدد ریزی ۲۰۰ و ۱۶۰ و نفوذپذیری ۹ تا ۱۷ استفاده می‌شود.
 - برای فولاد خام سنگین، از ماسه تر با عدد ریزی ۶۰ و ۳۵ و نفوذپذیری ۱۴۰ تا ۲۹۰ استفاده می‌شود.
 - برای قطعات سنگین فولادی از ماسه خشک با عدد ریزی ۵۵ و ۴۰ و نفوذپذیری ۹۰ تا ۲۵۰ استفاده می‌شود.
 - برای قطعات سبک چند چکش‌خوار فشاری، از ماسه‌ای با عدد ریزی ۱۳۰ و ۹۵ و نفوذپذیری ۲۰ تا ۴۰ استفاده می‌شود.
 - برای قطعات سنگین چند چکش‌خوار، از ماسه‌ای با عدد ریزی ۸۰ و ۷۰ و نفوذپذیری ۴۰ تا ۷۰ استفاده می‌شود.
 - برای مس و موندل از ماسه‌ای با عدد ریزی ۱۵۰ و ۱۲۰ و نفوذپذیری ۳۰ تا ۶۰ استفاده می‌شود.
 - برای آلومینیوم از ماسه با عدد ریزی ۲۵۰ و ۱۵۰ و نفوذپذیری ۶ تا ۱۵ استفاده می‌شود.
 - برای برنج معمولی از ماسه با عدد ریزی ۱۵۰ و ۱۲۰ و نفوذپذیری ۱۲ تا ۲۰ استفاده می‌شود.
- ماسه پتروبانند نیز از دیگر ماسه‌های کاربردی با خواص زیر می‌باشد:
- ✓ این ماسه را نمی‌توان با دست مخلوط کرد و باید از مولر یا همزن برقی استفاده کرد.
 - ✓ این نوع ماسه در هنگام ذوب‌ریزی دود شدیدی ایجاد می‌کند. پس در محیط‌های بسته نباید مورد استفاده قرار گیرد.
 - ✓ ماسه پتروبانند ماسه‌ای پر دردر است زیرا محموله‌های آن یکنواخت نیست و از منابع متفاوتی تهیه می‌شود.
 - ✓ به دلیل سوختن ماسه در سطح قطعه، عمر آن بسیار کوتاه است.
 - ✓ این ماسه بسیار گران‌قیمت می‌باشد.
- چهارنوع ماسه مصنوعی پرمصرف برای ریخته‌گری فلزات غیرآهنی عبارتند از :
- برای قطعات آلومینیومی و برنجی ماسه سیلیسی با عدد ریزی ۱۶۰، ۴ درصد وزنی بتونیت و ۱ تا ۱.۵ درصد خاک اره با مش ۲۰۰.
 - ماسه نیمه مصنوعی برای برنج و آلومینیوم، ۶۰ درصد ماسه سیلیسی شسته و خشک شده با عدد ریزی ۱۲۰، ۴۰ درصد ماسه طبیعی، بتونیت به مقدار کافی برای رسیدن به استحکام تر حدود ۵۰۰ تا ۵۸۰ گرم بر سانتی‌متر مربع و ۱ درصد خاک‌اره با مش ۲۰۰.
 - قطعات برنجی، ماسه سیلیسی شسته و خشک‌شده با عدد ریزی ۱۲۰، ۴ درصد وزنی بتونیت، ۱ تا ۱.۵ درصد خاک-اره.

- برای قطعات مسی، ماسه سیلیسی شسته و خشک شده با عدد ریزی ۱۳۰، ۴ تا ۴.۵ درصد وزنی بتونیت، ۱ تا ۱.۵ درصد خاکاره، ماسه سیلیسی به مقدار کافی برای کاهش نفوذپذیری به ۴۰ تا ۵۰.
- مخلوط شماره ۱: نفوذپذیری ۸ تا ۱۶، رطوبت ۳ تا ۵ درصد، استحکام فشاری تر ۵۰۰ تا ۵۸۰ گرم بر سانتی متر مربع، عدد ریزی ۲۰۰ تا ۱۶۰.
- مخلوط شماره ۲: ۶ تا ۷ درصد رطوبت.
- مخلوط شماره ۳: نفوذپذیری ۱۲ تا ۲۰، رطوبت ۳ تا ۵ درصد، استحکام فشاری تر ۵۰۰ تا ۵۸۰ گرم بر سانتی متر مربع، عدد ریزی ۱۶۰ تا ۱۲۰.
- مخلوط شماره ۴: نفوذپذیری ۳۵ تا ۵۰، رطوبت ۳ تا ۵ درصد، استحکام فشاری تر ۵۰۰ تا ۵۸۰ گرم بر سانتی متر مربع.

باید بدانیم که نسوزها شامل:

- ولستونیت
- ماسه سیلیسی
- خاک آجر
- فایبرگلاس
- کریزولیت
- ماسه زیرکنی
- ماسه اولیوپینی
- مولیت
- کلوخه های سرامیکی
- آزبست (پنبه نسوز)
- ورمیکولیت

از میان مواد زیر، یکی را می توان به منظور افزایش استحکام به مواد قالب گیری اضافه کرد:

- فایبرگلاس
- الیاف سرامیکی
- تور مرغی
- تور سیمی گالوانیزه
- مفتول های فلزی (قانجاق)

نفوذپذیری را با استفاده از مواد زیر می توان افزایش داد:

- مواد فومساز
- خاک اره
- گرد زغال (خرده کک)
- سنگ مروارید
- کلوخه درشت شاموت
- لوتو (گچ بازیافت شده)
- ریسمان
- کاغذ
- نرمه کک

برای تسهیل جداسازی دو نیمه قالب و جلوگیری از چسبیدن ماسه به مدل، به گرد جداساز نیاز داریم. این مواد عموماً برای ماسه‌های پتروباند توصیه نمی‌شوند. پودر گرافیت به سطح مدل زده می‌شود تا از چسبیدن ماسه به آن جلوگیری کند. برای جداسازی عموماً می‌توان از مواد دیگری هم‌چون پودر تالک (پودر بچه)، پودر نرم زغال‌چوب، نشاسته ذرت یا خاک دیاتومه نیز استفاده نمود. بهترین ماده برای تولید قطعات با کیفیت عالی، لیکوپودیم یا گوگرد گیاهی است.

ریخته‌گر بسته به شرایط، می‌تواند شخصا مواد مختلف را جهت قالب‌گیری با هم ترکیب کند یا مخلوط آماده بخرد. به هر حال با استفاده از مخلوط آماده تجاری در صورتی که در دسترس باشد، نتایج یکنواخت‌تری حاصل می‌شود. وقتی در مورد ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای صحبت می‌کنیم، اولین چیزی که به ذهن می‌رسد، ماسه موجود در سواحل و صحراهاست، در حالی که در بسیاری از نواحی دیگر نیز می‌توان ماسه یافت. ماسه قالب‌گیری باید چند ویژگی داشته باشد. اول این که باید چسبناک باشد تا دانه‌ها به یکدیگر بچسبند، در غیر این صورت هنگام برداشتن مدل، قالب خراب می‌شود. دوم این که ماسه باید به اندازه کافی متخلخل باشد به نحوی که گازها و بخار آب بتوانند هنگام پر شدن قالب با مذاب، از آن خارج شوند. اثر چسبندگی و تخلخل تا حدودی معکوس یکدیگرند. اضافه کردن خاک رس یا ماده‌ای مشابه آن سبب بهبود چسبندگی دانه‌های ماسه می‌شود. ولی در عین حال، باعث میزان تخلخل نیز می‌شود. ماسه قالب‌گیری باید دیرگداز باشد تا بتواند دمای بالای فلز مذاب را تحمل کند. در جدول زیر فهرستی از خواص ماسه‌های قالب‌گیری مورد استفاده در ریخته‌گری فلزات مختلف در اندازه‌های متفاوت نشان داده شده است. توجه کنید که عدد ریزی و نفوذپذیری ماسه‌ای که برای ساخت قالب قطعات آلومینیومی به کار می‌رود متفاوت است.

جدول ۱۱- خواص ماده مورد استفاده در ریخته‌گری فلزات مختلف

قطعات کوچک چدن خاکستری		قطعات سنگینی برنجی	
عدد ریزی	۱۷۵	عدد ریزی	۱۰۸
خاک رس	۱۲ درصد	خاک رس	۱۲ درصد
رطوبت	۷.۴ درصد	رطوبت	۷ درصد
نفوذپذیری	۱۵	نفوذپذیری	۵۱
ضریب فشردگی در حالت تر	۴۰	ضریب فشردگی در حالت تر	۴۰
قطعات متوسط چدن خاکستری		قطعات برنجی کوچک تا متوسط	
عدد ریزی	۱۱۱	عدد ریزی	۲۱۸
خاک رس	۱۵ درصد	خاک رس	۱۳ درصد
رطوبت	۷.۵ درصد	رطوبت	۸ درصد
نفوذپذیری	۴۰	نفوذپذیری	۱۸
ضریب فشردگی در حالت تر	۴۰	ضریب فشردگی در حالت تر	۴۰
قطعات سنگین چدن خاکستری		آلومینیوم	
عدد ریزی	۷۳	عدد ریزی	۲۳۲
خاک رس	۱۸ درصد	خاک رس	۱۹ درصد
رطوبت	۷.۶ درصد	رطوبت	۸ درصد
نفوذپذیری	۷۰	نفوذپذیری	-
ضریب فشردگی در حالت تر	۵۰	ضریب فشردگی در حالت تر	۵۰

در ادامه این قسمت به بررسی پارامترهایی مهم در زمینه ماسه‌های ریخته‌گری می‌پردازیم:

- چسبندگی

اندازه و شکل دانه‌های ماسه بر خواص ماسه قالب‌گیری تاثیر می‌گذارد. دانه‌های گرد به خوبی دانه‌های تیز و دارای شکل نامنظم به یکدیگر نمی‌چسبند. از این رو دانه‌های تیز و نامنظم، به خاک‌رس کمتری به عنوان چسب، نیاز دارند.

- نفوذپذیری

توانایی ماده تشکیل‌دهنده قالب، در عبور دادن بخار از طریق دیواره‌ها، نفوذپذیری نامیده می‌شود. نفوذپذیری را می‌توان با وسیله‌ای که قادر به اندازه‌گیری حجم هوای عبوری در هر دقیقه و در فشار استاندارد از یک نمونه آزمون باشد، اندازه‌گیری کرد.

ماسه‌های قالب‌گیری طبیعی ۸ تا ۲۰ درصد خاک‌رس طبیعی دارند و بقیه آن توده‌ای نسوز (معمولا سیلیس) است. ماسه طبیعی حاوی کمتر از ۵ درصد خاک‌رس طبیعی را برای ساخت ماهیچه یا به عنوان ماسه قالب‌گیری مصنوعی به کار می‌برند. معروف‌ترین ماسه قالب‌گیری طبیعی ماسه آلبانی نامیده می‌شود. شرکت تامین ماسه آلبانی این ماسه را با درجه‌بندی‌های مختلف تهیه می‌کند.

- عدد ریزی

عدد ریزی مقیاسی برای اندازه واقعی دانه‌های مخلوط ماسه است. این عدد با عبور دادن یک نمونه استاندارد (معمولا ۱۰۰ گرمی)، از مجموعه‌ای از الک‌های دارای اندازه‌های مشخص اندازه‌گیری می‌شود. از الک‌هایی در ۱۰ اندازه مختلف استفاده می‌کنند. عدد ریزی که به یک نمونه نسبت داده می‌شود، عبارتند از اندازه اولین الکی که ماسه، در صورتی که دانه‌بندی یکسان داشته باشد، از آن عبور می‌کند.

- مواد افزودنی

وقتی ارتباط بین نفوذپذیری مورد نیاز برای فلزی خاص و دمای بارریزی آن فلز و نیز رابطه بین ریزی دانه‌ها و نفوذپذیری را به خوبی دریافتید، قادر خواهید بود ماسه مورد نیاز برای فلز مورد نظر را با توجه به اندازه قطعه ریختگی پیدا کنید. اجزای اصلی ماسه‌های قالب‌گیری عبارتند از سیلیس و خاکرس، اما این ماسه‌ها را می‌توان از سایر مواد نسوز مثل زیرکن، اولیون، کربن، منیزیت، سیلیمانیت، دولومیت و غیره نیز تهیه کرد. ماسه قالب‌گیری عبارتند از مخلوطی از ماسه یا شن با خاکرس مناسب. از ماسه‌های طبیعی می‌توان به همان شکلی که در طبیعت یافت می‌شوند برای ساخت قالب استفاده کرد. ماسه‌های مصنوعی ضعیف یا فاقد خاکرس هستند و باید برای ایجاد خواص مناسب، به آن‌ها به مقدار کافی خاکرس مناسب اضافه کرد.

- دیرگذاری

دیرگذاری عبارتند از توانایی ماسه برای تحمل دمای بالا بدون سوختن یا تجزیه شدن. از این‌جا می‌توانیم نتیجه بگیریم که ماسه‌ای که برای ریخته‌گری فولاد به کار می‌رود باید دیرگدازتر از ماسه مورد استفاده برای ریخته‌گری برنج یا آلومینیوم باشد، زیرا دمای ذوب‌ریزی فولاد بالاتر از دمای ذوب‌ریزی برنج و آلومینیوم است. همچنین ماسه‌ای که برای ریخته‌گری قطعات سنگین به کار می‌رود باید دیرگدازتر از ماسه مورد استفاده برای تولید قطعات کوچک از همان جنس باشد.

چون عمدتاً با ماسه‌های طبیعی سروکار داریم، دیرگذاری ماسه‌ها می‌تواند در گستره وسیعی تغییر کند. وقتی ماسه دارای چسب طبیعی، حاوی مقادیر قابل‌توجهی از کمک‌ذوب‌ها (نمک‌های معدنی مختلف، مواد آلی و اکسیدها) باشد که دمای سوختن ماسه را پایین می‌آورند، ممکن است ماسه ذوب شود یا در سطح قطعه بسوزد.

- استحکام تر

استحکام تر عبارتند از استحکام ماسه مرطوب که بر اساس توانایی آن برای حفظ شکل قالب بیان می‌شود. قالب‌های ماسه‌ای تحت تنش‌های فشاری، کششی، برشی و جانبی قرار می‌گیرند. این‌که کدام‌یک از این تنش‌ها اهمیت بیشتری در خواص قالب‌گیری ماسه دارد، چندان مشخص نیست.

- استحکام کششی

استحکام کششی نیرویی است که ماسه را در لنگه رویی درجه، در جای خود نگه می‌دارد. چون ماسه‌های قالب‌گیری در شرایط فشاری بسیار قوی‌تر از شرایط کششی هستند، بنابراین باید استحکام کششی را نیز مورد توجه قرار دهیم. احتمال تخریب قالب در اثر نیروی کششی بیشتر است. استحکام فشاری بر حسب پوند بر اینچ مربع یا کیلوگرم بر متر مربع اندازه‌گیری می‌شود اما واحد اندازه‌گیری استحکام کششی ماسه‌های قالب‌گیری اونس بر اینچ مربع یا گرم بر سانتی‌متر مربع است. این پارامتر به سادگی قابل محاسبه می‌باشد.

- استحکام خشک

قالب نه تنها باید شکل خود را در حالت تر حفظ کند، بلکه در حالت خشک نیز باید قادر به حفظ شکل خود باشد. این یک ویژگی مهم است و با استحکام فشاری خشک سنجیده می‌شود. استحکام متوسط مناسب، ۳۰ پوند بر اینچ مربع یا حدود ۲۲۰۰ گرم بر سانتی‌متر مربع است. استحکام خشک نباید بیش از اندازه باشد. در غیر این صورت کار خراب می‌شود و از انقباض قطعه در حال انجماد جلوگیری می‌کند. این امر موجب ترک گرم در قطعه می‌شود.

- دوام

دوام بیان‌گر توانایی ماسه و پایداری آن در صورت کاربرد مکرر، بدون افت خواص و بازیابی استحکام چسبندگی بعد از چندبار استفاده است. ریزی ماسه و نوع و میزان خاکرس، تعیین‌کننده دوام ماسه است. توانایی خاکرس در حفظ رطوبت خود نیز عامل مهم دیگری است.

- قابلیت قالب‌گیری

این ویژگی به ماهیت خاکرس و ریزی ماسه بستگی دارد. چون ماسه تعیین‌کننده کیفیت سطحی قطعه ریختگی است، باید در انتخاب ماسه دقت کرد. مخلوط کردن ماسه‌های ریز و درشت به تولید قطعه‌ای با کیفیت سطحی بهتر منجر می‌شود.

بخش دوم استاندارد API 610 - ویرایش یازدهم

از شماره پیش، ترجمه استاندارد API 610 ویرایش یازدهم را آغاز نمودیم. در این شماره فصل پنجم و بخش‌های ابتدایی فصل ششم این استاندارد را تقدیم خوانندگان محترم می‌کنیم.

۵. الزامات

۵.۱. یکاها

خریدار باید تعیین کند که تمامی داده‌ها، شکل‌ها و ابعاد تعمیر و نگهداری پمپ، با یکاهای اندازه‌گیری استاندارد SI یا یکاهای مرسوم و متداول در ایالات متحده تعریف شوند. استفاده از صفحه داده‌ها (دیتاشیت) سیستم SI (پیوست N.3.1) نشان می‌دهد که باید از سیستم اندازه‌گیری استاندارد استفاده شود. استفاده از صفحه داده‌ها (دیتاشیت) سیستم ایالات متحده (پیوست N.3.2) نشان می‌دهد که سیستم اندازه‌گیری ایالات متحده باید مورد استفاده قرار گیرد.

۵.۲. الزامات قانونی

خریدار و فروشنده باید متقابلاً تعیین کنند که آیا اندازه‌گیری‌ها باید مطابق با هر گونه دستورالعمل دولتی، قوانین، آیین‌نامه‌ها یا قوانینی که برای تجهیزات، بسته‌بندی آن‌ها و محافظت آن‌ها قابل اجرا باشد، باشند یا خیر.

۵.۳. الزامات

۵.۳.۱. در موارد تناقض بین این استاندارد بین‌المللی و استعمال، استعمال حاکم می‌باشد. در زمان سفارش نیز سفارش باید حاکم باشد.

۵.۳.۲. زمانی که الزامات خاص یک پمپ مشخص در بند ۹ با دیگر بندها دارای تناقض بود، الزامات بند ۹ حاکم می‌باشد.

۶. طراحی اولیه

۶.۱. کلیات

۶.۱.۱. تجهیزات (لوازم یدکی) تحت پوشش این استاندارد، باید برای حداقل عمر کاری ۲۰ سال و حداقل ۳ سال کارکرد بی‌وقفه طراحی و ساخته شوند (به جز قطعات سایشی که در جدول ۲۰ معرفی شده‌اند). خاموش کردن تجهیزات جهت انجام بازرسی و تعمیرات تعیین شده توسط فروشنده، متناقض الزامات عملکرد بی‌وقفه و بدون توقف نمی‌باشد. کاملاً مشخص است که این الزامات معیارهای طراحی می‌باشند و مرتبه و شدت کار، عملکرد بد یا تعمیر و نگهداری غلط، می‌توانند سبب نقص ماشین در رعایت این معیارها شود.

۶.۱.۲. خریدار باید شرایط عملیاتی، خصوصیات سیال، شرایط سایت و تاسیسات، شامل تمامی اطلاعاتی که در صفحه داده‌های فرآیند (دیتاشیت) نشان داده شده را تعیین کند (پیوست N). خریدار باید تعیین کند که آیا پمپ جهت استفاده به عنوان یک توربین بازیابی توان هیدرولیکی مورد نظر می‌باشد یا پیوست C اجرا شود.

۶.۱.۳. تجهیزات باید توانایی عملکرد در نقاط عملیاتی نامی و معمول یا هرگونه شرایط عملیاتی پیش‌بینی شده که توسط خریدار تعیین شده است را داشته باشند.

۶.۱.۴. پمپ‌ها باید توانایی یک افزایش هد ۵ درصدی در شرایط مجاز، به وسیله جابه‌جایی پروانه (ها) با پروانه‌ای (هایی) دیگر با قطر بیشتر یا طراحی هیدرولیکی متفاوت، قابلیت سرعت متغیر یا استفاده از یک طبقه خالی را داشته باشند.

این الزام جهت جلوگیری از تغییر در انتخاب‌هایی می‌باشد که به وسیله اصلاح (پالایش) الزامات هیدرولیکی پس از خرید پمپ ایجاد می‌شوند. این الزام جهت تطابق با توسعه‌پذیری در آینده نمی‌باشد. در صورتی که الزامی جهت عملکرد پمپ در آینده موجود باشد، باید به صورت جداگانه مشخص شده و در فرآیند انتخاب لحاظ شود.

۶.۱.۵. پمپ‌ها باید حداقل توانایی عملکرد در بیشینه سرعت پیوسته و مداوم را داشته باشند. بیشینه سرعت مداوم باید:

الف) برابر با سرعت متناظر با سرعت هم‌زمان در بیشینه فرکانس تأمین برای موتورهای الکتریکی باشد.

ب) حداقل ۱۰۵ درصد سرعت مجاز برای پمپ‌های با سرعت متغییر و هر پمپ سرعت ثابت که به وسیله یک پمپ که درایور آن قادر به رسیدن به سرعت بیشینه مجاز باشد، به صورت یدکی باشد.

۶.۱.۶. پمپ‌های سرعت متغییر باید طوری طراحی شوند که بدون هیچ آسیبی به سرعت گردش خود برسند.

۶.۱.۷. شرایط در محفظه آب‌بند شامل دما، فشار و جریان باید طوری باشد که یک سطح پایدار در سطوح آب‌بند به وجود آورد. این امر، علاوه بر بندها و مقررات لازم جهت اطمینان از کفایت آب‌بندی در برابر فشار اتمسفریک، هنگامی که پمپ در شرایط بی‌بار و در خلاء می‌باشد است که تمامی این موارد باید توسط فروشنده پمپ و سازنده آب‌بند مورد موافقت قرار گرفته و به تایید خریدار رسیده و در صفحه داده‌ها (دیتا شیت) نیز ذکر شود. تمهیدات لازم جهت آب‌بندی در برابر فشار اتمسفریک در شرایط خلاء، در مواقعی که سیال تحت پمپاژ، در نزدیکی فشار بخارش باشد (مثل گازهای نفتی مایع‌شده)، دارای اهمیت زیادی می‌باشند. در حین عملکرد، فشار محفظه آب‌بند باید بر روی گنج فشار ۳۵ کیلوپاسکال (۰.۳۵ بار) باشد. به ایزو ۲۱۰۴۹ مراجعه شود.

۶.۱.۸. فروشنده باید در صفحه داده‌ها (دیتا شیت)، $NPSH_3$ را بر اساس آب (در دمایی کمتر از ۵۵ درجه سانتی-گراد [۱۳۰ درجه فارنهایت]) در سرعت و دبی مجاز، تعیین کند. فاکتور کاهش یا اصلاح، برای سیالاتی غیر از آب (مثل هیدروکربن‌ها) نباید به کار روند.

خریدار باید حد مناسبی از هد مکش مثبت خالص ($NPSH$) را علاوه بر $NPSH_3$ مشخص نماید. حد هد مکش مثبت خالص، هد مکش مثبت خالصی بیشتر از $NPSH_3$ پمپ می‌باشد. عموماً یک حدمعملیاتی از هد مکش مثبت خالص دلخواه است که برای تمامی جریان‌ها (دبی‌ها) کافی باشد (از کمینه جریان پایای پیوسته تا بیشینه جریان عملیاتی مورد انتظار) تا از پمپ در برابر آسیب‌هایی که به وسیله بازچرخش، جدایش و کاویتاسیون ایجاد می‌شوند، محافظت نماید. فروشنده باید در زمینه حدود هد مکش مثبت خالص پیشنهادی برای پمپ‌های خاص و کاربری‌های مورد نظر، مورد مشورت قرار گیرد. در ثبت هد مکش مثبت خالص در دسترس ($NPSH_A$)، خریدار و فروشنده باید رابطه بین کمینه جریان پایای پیوسته و سرعت مخصوص مکش پمپ را شناسایی نمایند. در کل، کمینه جریان پایای پیوسته با افزایش سرعت مخصوص مکش پمپ، افزایش می‌یابد. به هر صورت، فاکتورهای دیگری چون سطح انرژی پمپ، طراحی هیدرولیکی، سیال پمپ‌شده و حد هد مکش مثبت خالص نیز بر توانایی پمپ جهت عملکرد به صورت رضایت‌بخش در بازه وسیعی از دبی‌ها، اثرگذار می‌باشند. طراحی پمپ که سبب عملکرد با دبی پایین می‌شود یک تکنولوژی استنتاجی است. در انتخاب میزان سرعت‌های مخصوص مکش و همچنین حدود هد مکش مثبت خالص باید تجربیات فروشنده و صنایع نیز مد نظر قرار گیرند.

مگر در مواردی غیر از این، ارتفاع مبنا و پایه باید خط مرکز محور در پمپ‌های افقی، خط مرکز دریچه مکش در پمپ‌های خطی عمودی و فوندانسیون بالایی پمپ‌های شفت و غلافی باشد.

۶.۱.۹. سرعت مخصوص مکش پمپ باید مطابق با پیوست A محاسبه شود، در صورت تعیین، در صفحه داده‌ها نیز ذکر شود.

۶.۱.۱۰. پمپ‌هایی که سیالاتی لزج‌تر از آب را پمپاژ می‌کنند باید منحنی عملکردشان با آب مطابق با ISO/TR 17766 تصحیح شود. فاکتورهای تصحیح به کار رفته برای سیالات لزج باید در هر دو شکل نمودارهای پیشنهادی فروش و نمودارهای تست نهایی ارائه شوند.

یادآوری: با هدفی که این بند دنبال می‌کند، استاندارد $ANSI/HI$ 9.6.7 معادل با ISO/TR 17766 می‌باشد.

۶.۱.۱۱. پمپ‌های با منحنی هد/دبی پایدار (افزایش هدی پیوسته تا هد شات-اف) در تمامی موارد و کاربردها ترجیح داده می‌شوند و در صورتی که فعالیتی موازی تعریف شده باشد مورد نیاز می‌باشند. در صورتی که فعالیتی

موازی تعیین شده باشد، افزایش هد از نقطه نامی (مجاز) به شات- اف باید حداقل با شیبی ۱۰ درصدی باشد. در صورتی که یک اریفیس تخلیه جهت تامین افزایش پیوسته هد تا نقطه شات- اف مورد استفاده قرار گیرد، این مورد نیز در پیشنهاد باید ذکر شود.

۶.۱.۱۲. پمپ‌ها باید از یک منطقه عملیاتی مطلوب بین ۷۰ تا ۱۲۰ درصد نرخ جریان بهترین کارایی بهره‌مند باشند.

جریان نامی باید در محدوده ۸۰ تا ۱۱۰ درصدی نرخ جریان بهترین کارایی پمپ باشد.

قرار دادن این محدودیت‌ها برای منطقه عملیاتی دلخواه و همچنین محل دبی نامی، جهت توسعه پمپ‌های کوچک با ابعاد و اندازه‌های بیشتر یا مانع استفاده از پمپ‌های با سرعت مخصوص بیشتر نمی‌باشد. پمپ‌های کوچکی که به صورت رضایت‌بخشی در جریان‌هایی خارج از محدوده تعیین شده و مشخص فعالیت می‌کنند و همچنین پمپ‌های با سرعت مخصوص بالا که ممکن است دارای منطقه عملیاتی دلخواه باریک‌تری از مقدار تعیین شده داشته باشند، باید در موارد مناسب پیشنهاد داده شده و منطقه عملیاتی دلخواهشان بر روی نمودار پیشنهادی به وضوح نشان داده شود. سرعت مخصوص پمپ باید مطابق با پیوست A مورد محاسبه قرار گیرد.

یادآوری: دبی بهترین کارایی پمپ به پمپی برمی‌گردد که در آن پروانه‌ای با قطر مناسب جهت ارضا نمودن الزامات عملکرد هد- دبی که در صفحه داده‌ها (دیتاشیت) اظهار شده است، انتخاب شده است.

بسیار روشن است که پمپ‌های با سرعت مخصوص کم نمی‌توانند به نرخ جریانی بیشتر از ۱۰۵ تا ۱۱۰ درصد نقطه بهترین کارایی برسند. در این موارد، محدودیت‌های جریان مورد انتظار باید بر روی منحنی پیشنهادی نشان داده شوند (به ۱۰.۲.۴ مراجعه شود).

۶.۱.۱۳. نرخ جریان نقطه بهترین کارایی برای پمپ‌های تامینی، ترجیحاً باید بین نقطه نامی و نقطه معمولی (نرمال) باشد.

۶.۱.۱۴. در صورت تعیین شدن، فروشنده موظف است که اطلاعات بیشینه فشار صوت و سطح توان صوتی را در هر اکتاو باند، برای هر یک از تجهیزات تهیه نماید. کنترل سطح فشار صوتی (SPL) تمامی تجهیزات تامینی، باید تلاش مشترکی از خریدار و فروشنده باشد که دارای مسولیت واحد می‌باشند. تجهیزات تامین شده به وسیله فروشنده باید دارای بیشینه سطح فشار صوتی مطابق با مقادیر تعریف شده و مشخص شده باشند. ایزوهای ۳۷۴۰، ۳۷۴۴ و ۳۷۴۶ جهت راهنمایی و مشورت می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۶.۱.۱۵. پمپ‌های با هد بیشتر از ۲۰۰ متر (۶۵۰ فوت) در هر طبقه و توان بیشتر از ۲۲۵ کیلووات (۳۰۰ اسب بخار) در هر طبقه، باید جزو پمپ‌های انرژی بالا فرض شده و می‌توانند نیازمند مقررات خاصی جهت کاهش ارتعاشات ناشی از فرکانس گذر پره و ارتعاشات فرکانس پایین در دبی‌های پایین باشند. برای این پمپ‌ها، لقی- های شعاعی بین پره دیفیوزر یا زبانه حلزونی (آب‌شکن) و پیرامون پره‌های پروانه، باید حداقل ۳ درصد بیشینه شعاع نوک پره پروانه برای طراحی دیفیوزری و حداقل ۶ درصد بیشینه شعاع نوک پره برای طراحی دارای حلزونی باشند. بیشینه شعاع نوک پره پروانه، شعاع بزرگ‌ترین پروانه‌ای است که می‌تواند در محدوده پوسته پمپ مورد استفاده قرار گیرد (به ۶.۱.۴ مراجعه شود). لقی‌ها (فواصل) که با P نشان داده می‌شوند، به صورت درصد بیان شده و از طریق رابطه شماره ۱ مورد محاسبه قرار می‌گیرند:

$$P = 100(R_2 - R_1)/R_1 \quad (1)$$

که در آن R_2 شعاع نوک لبه ورودی دیفیوزر یا حلزونی و R_1 بیشینه شعاع نوک پره پروانه می‌باشد.

بسیار معمول است که پروانه پمپ‌های تحت پوشش این بند، پس از تست اولیه جهت اصلاح عملکرد هیدرولیکی‌شان توسط عملیات‌های برش v، باربرداری کم (underfiling) یا باربرداری بیش از حد (overfiling) اصلاح شوند (به قسمت ۸.۳.۳.۷ مراجعه شود). هرگونه اصلاحاتی از این دست باید مطابق با بند ۱۰.۳.۴.۱ مستند شوند.

۶.۱.۱۶. پمپ‌هایی که با دوری بالاتر از ۳۶۰۰ دور بر دقیقه فعالیت کرده و توانی بیش از ۳۰۰ کیلووات (۴۰۰ اسب بخار) در هر طبقه می‌کشند، ممکن است نیازمند لقی‌ها و فواصل بیشتر و همچنین ویژگی‌های ساختاری مخصوصی باشند. برای این نوع پمپ‌ها، الزامات خاصی بین خریدار و فروشنده، با در نظر گرفتن تجربه واقعی فعالیت با انواع پمپ‌های خاص باید مورد توافق قرار گیرد.

۶.۱.۱۷. نیاز به خنک‌کاری باید توسط فروشنده تعیین شده و روش خنک‌کاری نیز باید مورد توافق خریدار قرار گیرد. خنک‌کاری توسط فن، باید اولین گزینه و انتخاب باشد. در صورتی که خنک‌کاری به وسیله فن کافی نباشد، یکی از طرح‌های پیوست B باید انتخاب شود. سیستم خنک‌کاری باید جهت فعالیت با انواع ماده خنک‌کاری، فشار و دمای تعیین شده توسط خریدار مناسب باشد. فروشنده باید میزان جریان مورد نیاز را مشخص کند. جهت جلوگیری از چگالش، دمای کمینه آب خنک‌کار در ورودی به محفظه یاتاقان باید بالاتر از دمای محیط باشد.

معرفی متریال A 216

مشخصات فنی متریال A 216 در استاندارد ASME به تفصیل معرفی شده است. این متریال مربوط به کربن استیل ریخته-گری برای کاربردهای دما بالا می باشد. البته در کاربردهایی که دمای فرآیند دمای محیط اتمسفر یا نزدیک آن نیز می باشد، این متریال کاربرد دارد. متریال A 216 برای ریخته‌گری شیرآلات، فلنج‌ها، اتصالات و محفظه‌های تحت فشار مانند پوسته پمپ مناسب می باشد. همچنین از لحاظ کیفی برای مونتاژ با قطعات ریخته‌گری دیگر یا قطعات فولادی نرم از طریق جوشکاری ذوبی مناسب می باشد.

استاندارد ASME برای متریال A 216 سه گرید WCA، WCB و WCC مشخص می کند. انتخاب هر گرید وابسته به شرایط طراحی، عملکرد، خواص مکانیکی و مشخصه‌های دما بالا می باشد.

قطعات ریخته‌گری A 216 معمولاً به منظور دستیابی به خواص شیمیایی و مکانیکی آنیل، نرمالیزه یا نرمالیزه و تمپر می-شوند.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی این متریال مطابق با استاندارد ASME می بایست مطابق جدول شماره ۱ باشد.

جدول شماره ۱: الزامات شیمیایی متریال A 216

Element	Composition, %		
	Grade WCA	Grade WCB	Grade WCC
Carbon, max	0.25 ^A	0.30 ^B	0.25 ^C
Manganese, max	0.70 ^A	1.00 ^B	1.20 ^C
Phosphorus, max	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max	0.045	0.045	0.045
Silicon, max	0.60	0.60	0.60
Specified residual elements:			
Copper, max	0.30	0.30	0.30
Nickel, max	0.50	0.50	0.50
Chromium, max	0.50	0.50	0.50
Molybdenum, max	0.20	0.20	0.20
Vanadium, max	0.03	0.03	0.03
Total of these specified residual elements, max ^D	1.00	1.00	1.00

^A For each reduction of 0.01% below the specified maximum carbon content, an increase of 0.04% manganese above the specified maximum will be permitted up to a maximum of 1.10%.

^B For each reduction of 0.01% below the specified maximum carbon content, an increase of 0.04% Mn above the specified maximum will be permitted up to a maximum of 1.28%.

^C For each reduction of 0.01% below the specified maximum carbon content, an increase of 0.04% manganese above the specified maximum will be permitted to a maximum of 1.40%.

^D Not applicable when Supplementary Requirement S11 is specified.

❖ خواص مکانیکی

روش تولید این متریال به صورت ریخته‌گری می‌باشد و باید مطابق استاندارد ASTM خواص مکانیکی جدول شماره ۲ را داشته باشد.

جدول شماره ۲: الزامات مکانیکی متریال A 216

	Grade WCA	Grade WCB	Grade WCC
Tensile strength, ksi [MPa]	60 to 85 [415 to 585]	70 to 95 [485 to 655]	70 to 95 [485 to 655]
Yield strength, ^A min, ksi [MPa]	30 [205]	36 [250]	40 [275]
Elongation in 2 in. [50 mm], min, % ^B	24	22	22
Reduction of area, min, %	35	35	35

^A Determine by either 0.2% offset method or 0.5% extension-under-load method.
^B When ICI test bars are used in tensile testing as provided for in Specification A 703/A 703M, the gage length to reduced section diameter ratio shall be 4 to 1.

❖ کیفیت ریخته‌گری

سطح ریخته‌گری باید بازرسی ظاهری شود و نباید شامل چسبندگی ماسه، ترک و گسیختگی گرم باشد. سایر ناهمواری‌های سطحی باید مطابق استانداردهای بازرسی ظاهری مشخص شده در سفارش یا روش بازرسی ظاهری SP-55 یا نظایر آن باشد. ناهمواری‌های سطحی غیر قابل قبول باید از سطح ریخته‌گری پاک شود و مجدداً بازرسی شود.

❖ تعمیر قطعه ریخته‌گری با جوشکاری

تعمیر قطعه باید با استفاده از رویه‌های استاندارد ASME بخش IX انجام شود. هرگونه تعمیر با جوشکاری باید مطابق همان استاندارد که قطعه ریخته‌گری مورد بازرسی قرار گرفته است، بازرسی شود. یعنی اگر بازرسی قطعه ریخته‌گری شامل تست MT می‌باشد، قسمت تعمیر شده نیز باید تست MT شود.

مطابق استاندارد ASME، قطعات ریخته‌گری که تعمیر جوشکاری آن‌ها بیشتر از ۲۰ درصد ضخامت دیواره یا ۱ اینچ (هرکدام که کمتر است) می‌باشد، یا تقریباً از سطح ۱۰ اینچ مربع (۶۵ سانتی‌متر مربع) بیشتر است یا جهت اصلاح در تست هیدرواستاتیکی تعمیر شده‌اند، باید بعد از جوشکاری تنش‌زدایی یا عملیات حرارتی شوند.

شرکت آریا پخش کاشانه

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان آرژانتین، خیابان زاگرس، شماره ۹، ساختمان شرق، واحد ۳۰۳

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۷۷۱۳۵

تلفکس: ۰۲۱-۸۸۶۶۱۸۰۹