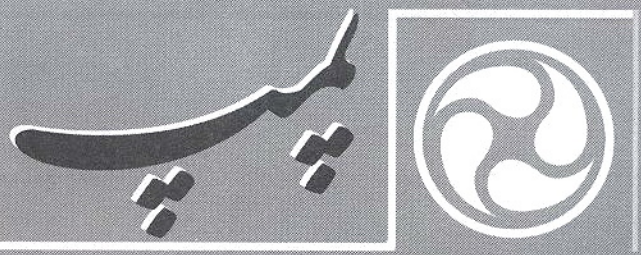
پمپیران

پمپ

نشریه فنی آموزشی
شرکت صنایع پمپیران
سال ۲۸ - شماره ۴۳ - پاییز و زمستان ۱۳۹۱
PUMPIRAN

www.pumpiran.com
info@pumpiran.com



www.pumpiran.com
info@pumpiran.com

پمپ ۴۳

نشریه فنی آموزشی شرکت صنایع پمپیران
سال ۲۸ ▪ شماره ۴۳ ▪ پاییز و زمستان ۱۳۹۱

- صاحب امتیاز: شرکت صنایع پمپیران (سهامی خاص)
- مدیر مسئول: دکتر میر بیوک احقاقی
- سردبیر: مهندس سید بهزاد مبین
- هیئت تحریریه: گروه مهندسین شرکت صنایع پمپیران
- مدیر اجرایی: مهندس جمال الدین بزاز زاده
- مسئول اشتراک و توزیع: صمد فائز

- تبریز، جنب قراملک، شرکت صنایع پمپیران ـ ص.پ ۱۳۵- ۵۱۸۴۵
تلفن: ۹-۲۸۹۰۶۴۴ فاکس: ۲۸۹۸۴۴۶

- تهران: خیابان ولی عصر، نبش میرداماد، برج دوم اسکان
تلفن: ۱۴-۸۸۶۵۴۸۱۰- ۰۲۱/ فاکس: ۸۸۷۹۸۹۴۲-۰۲۱

پست الکترونیکی نشریه: E-mail: pump@magiran.co
وب سایت: www.magiran.com/pump

- طرح و اجرا: موسسه تبلیغاتی نیما
تلفن: ۱۶۰ ۷۰ ۵۵ - ۰۴۱۱
همراه: ۶۶ ۶۰ ۷۶۹ ۰۹۱۴ - ۶۶ ۶۰ ۱۱۴ ۰۹۱۴

خوانندگان گرامی:

■ نشریه پمپ از عموم پژوهشگران، صاحب نظران و استادان، مقاله، ترجمه وگزارش می پذیرد.

■ نقل و اقتباس مطالب و استفاده از نشریه پمپ با ذکر کامل منبع آزاد است.

■ نشریه پمپ در رد، قبول، حذف، ویرایش واصلاح مطالب آزاد است.

■ نشریه پمپ به همکاری و همیاری شما ارج نهاده و از مقاله های مفید شما استقبال خواهد نمود.

■ لطفا با ارسال نکته نظرات و پیشنهادات سازنده و همچنین همکاری خود در تهیه مقالات فنی و علمی، ما را درارائه هرچه بهتر مطالب و بالا بردن کیفیت نشریه یاری نمایید.

با تشکر

سردبیر

شرایط درج مقالات:

۱ـ محتوای مقاله باید فنی، صنعتی و علمی بوده و به طریقی با طراحی، تولید و یا کاربرد پمپ مربوط باشد.

۲ـ نام و نام خانوادگی و درجه تحصیلی، شغل و آدرس کامل، مولف یا مترجم در صفحه اول قید شود. همچنین شماره تلفنی که بتوان در موقع لزوم تماس حاصل کرد.

۳ـ عنوان مقاله با در نظر گرفتن فواصل کلمات از دو سطر تجاوز ننماید.

۴ـ مطالب ارسالی باید تایپ شود در غیر این صورت، با خط خوش در یک طرف کاغذ نوشته و ارسال شود.

۵ـ تصویرها، شکل ها و نمودارهای پیوست مقالات بر روی یک طرف کاغذ باشد.

۶ـ توضیحات و زیر نویس ها به صورت مسلسل شماره گذاری و در پایان مقاله ذکر شوند.

۷ـ مراجع و ماخذ اصلی در تالیف و تدوین مطلب ارسالی باید دقیقا مشخص و در پایان مقاله معرفی گردند.

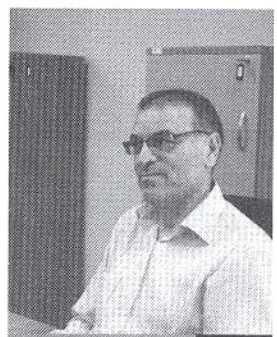
۸ـ مقالات ترجمه شده منظم به فتوکپی متون اصلی باشند.

۹ـ مقالات ارسالی باید قبلا در هیچ یک از نشریات داخلی چاپ نشده باشند.

۱۰ـ مقالات ارسالی برگشت داده نخواهد شد.

ضمنا چون صحت مطالب و مقاله بر عهده نویسنده آن است لذا هر گونه تغییر و ویرایش در متن مقاله جهت تایید نهایی نویسنده قبل از چاپ ارسال خواهد شد.

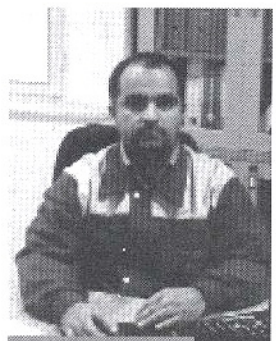
فهرست مطالب



۶

مهندس
کریم حسن پور

الزامات مواد بکار رفته در پمپ ها و سایر قطعات مربوطه در استاندارد API 610



۱۲

مهندس
عیسی آزادوار

روشهای راه اندازی الکترو موتورهای شناور و کاهش مصرف انرژی با استفاده از کنترل کننده های دور

۲۷

مهندس
پگاه آبروانی

اصول برآورد هزینه های انرژی پمپاژ

۳۵

مهندس
حمید رضا لطفی

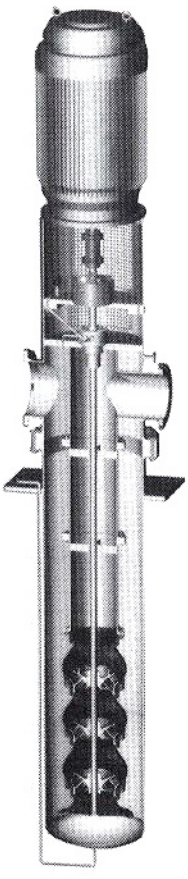
بررسی فرآیند ریخته گری با فوم تبخیر شونده

الزامات مواد بکار رفته در پمپ ها و سایر قطعات مربوطه در استاندارد API 610

مهندس کریم حسن پور
سرپرست متالورژی شرکت صنایع پمپیران

(قسمت اول)

مقدمه:



استاندارد API610 برای سیالات مختلف ۱۴ کلاس مواد را برای پمپ ها و اقلام مربوطه مشخص نموده است. این محدوده از چدن خاکستری تا فولادهای ضدزنگ سوپردوپلکس را دربرمی گیرد.
مواد فلزی به روش ریخته گری، آهنگری و جوشکاری و ... تولید می شوند در پمپ ها مواد غیر فلزی شامل کربن، لاستیک و پلاستیک و مواد کامپوزیتی نیز بکار می رود.
برای همه مواد فوق کاربردهای لازم درنظر گرفته شده است و در این رابطه انتخاب مواد حداقل خواسته های یک سیال خاص می باشد و می توان برای آن سیال مواد بالاتر از آن هم منظور نمود. علاوه بر تخصیص کلاسهای خاص مواد برای آنها الزامات عمومی برای جواب دهی در شرایط بحرانی در مقابل سیالات خورنده، آتشگیر و سمی و دماهای بالاتر و دماهای زیر صفر پیش بینی شده است که رعایت این الزامات می تواند باعث افزایش طول عمر پمپ گشته و از خطرات جانی و مالی و توقف تولید بکاهد. این الزامات در بخش ۱۲-۵ استاندارد API610 آورده شده است: متن استاندارد به شرح ذیل می باشد.

۱۲-۵ : مواد

۱-۱۲-۵:

۱-۱-۱۲-۵: مشتری کلاس مواد را برای قطعات پمپ مشخص می نماید. پیوست G و جدول G.1 راهنمای خوبی برای ارائه کلاس مواد برای خدمات مختلف می باشد.
مواد جایگزین می تواند توسط سازنده برای افزایش عمر و سایر مزایا پیشنهاد گردد انتخاب مواد همچنین در صفحه اطلاعات (Data sheet) می تواند آورده شود.

۲-۱-۱۲-۵: مشخصات جنس قطعات که در جدول H.1 فهرست شده است باید در طرح پیشنهادی سازنده بطور آشکار و واضح شرح داده شود. مواد باید با مرجع استاندارد بین المللی مشخص قابل توضیح باشد. اگر استاندارد بین المللی مواد وجود نداشته باشد باید از استاندارد بومی شده استاندارد بین المللی استفاده گردد در غیر اینصورت سازنده با ارائه مشخصات فیزیکی، شیمیایی و الزامات تست مواد طرح را مورد تأیید مشتری قرار دهد.

۳-۱-۱۲-۵: مشخصات مواد واشرهای آب بندی (gaskets) و اورینگ ها که در معرض سیال می باشند باید بطور واضح اظهار شوند. اورینگ ها بطور صحیح انتخاب گردند و محدودیت کاربرد آنها مطابق ISO 21049 منظور گردد.

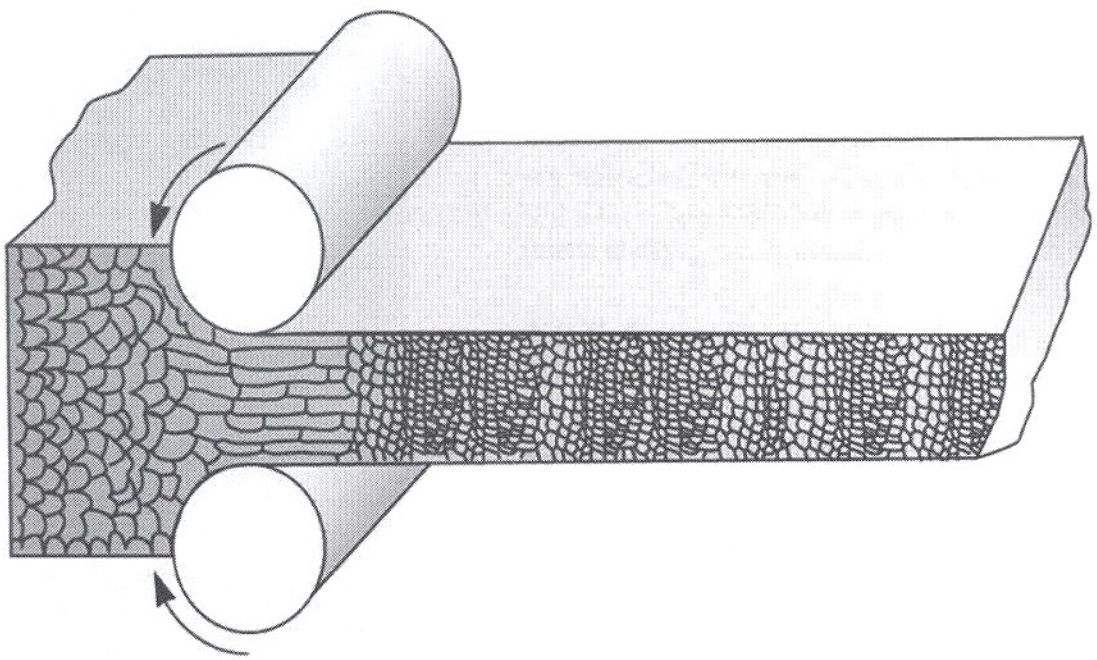
۴-۱-۱۲-۵: قطعات پمپ هر کدام دارای مشخصات مکانیکی با مقاومت به فشار مشخصی می باشند که در جدول مواد از آن بعنوان تطابق کامل (Full compliance) نام برده شده است که این مواد باید جوابگوی الزامات توافق شده باشد. سایر قطعات (به عنوان مثال اگر خوردگی در درجه اول اهمیت باشد) لازم است که از نظر آنالیز شیمیایی تطابق کامل داشته باشند. مواد لوله کشی جانبی دربند ۶،۵ آورده شده است.

www.pumpiran.com

۵-۱-۱۲-۵- سازنده پمپ، تست های مورد نظر و فرآیندهای بازرسی را که برای اطمینان از رضایت مندی مشتری در مورد مواد لازم است باید انجام دهد. سازنده موظف است سایر تستهایی را که مخصوصاً برای خدمات بحرانی لازم است به اطلاع مشتری رسانده و آنرا دقیقاً انجام دهد.

۶-۱-۱۲-۵: مشخصات مواد برای قطعات تحت فشار باید طبق موارد زیر باشد:

الف) جنس قطعات پمپ های دو پوسته (double – casing) باید از فولاد کربنی یا فولاد آلیاژی باشد.



ب) جنس محفظه های تحت فشار پمپ هایی که سیالات آتشگیر یا خطرناک پمپاژ می کنند باید از فولاد کربنی یا فولاد آلیاژی انتخاب شوند.

ج) قطعات چدنی برای سایر خدمات مورد استفاده قرار گیرند.

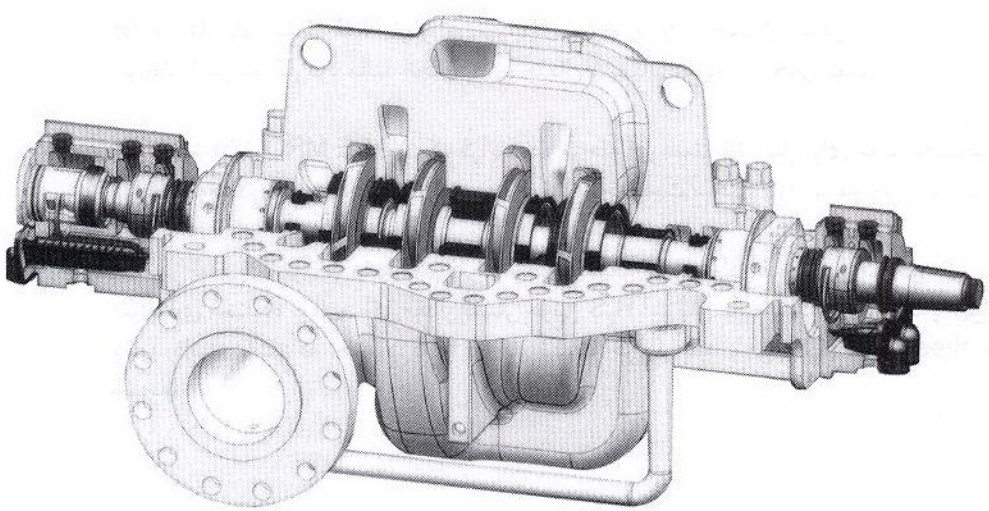
۷-۱-۱۲-۵: اگر فولادهای ضد زنگ آستنیتی در معرض شرایطی هستند که ممکن است خوردگی بین دانه ای را تشدید کنند بهتر است با استفاده از فولادهای کربنی کم کربن با قطعات باثبات در مقابل این نوع خوردگی سختکاری سطحی شده یا روی آن لایه داده شده و یا جوشکاری گردد.
توجه : اندودکاری یا لایه کاری مورد استفاده اگر دارای کربن بیش از 0.1 درصد باشد باز این نوع فولادها را به خوردگی حساس خواهد کرد برای این منظور از یک لایه محافظ و حائل استفاده گردد.

۸-۱-۱۲-۵: سازنده پمپ باید گواهی تأیید قطعات از قبیل آنالیز شیمیائی، مشخصات مکانیکی را برای قطعات ریخته گری تحت فشار و قطعات آهنگری شده، پروانه و محورها را از تأمین کننده دریافت نماید. مغزی لوله ها و قطعات کمکی لوله کشی و قطعات نسبت از این قاعده مستثنی می باشند بشرطی که بین سازنده و مشتری در این مورد توافق قبلی صورت نگرفته باشد.

۹-۱-۱۲-۵: باید مواد ساینده و خورنده (حتی به مقدار کم) موجود در سیال و محیط را که ممکن است منجر به ترک خوردگی تنشی (stress – corrosion – cracking) شده یا مواد الاستومر را در معرض خرابی قرار دهد توسط خریدار مشخص گردد.

توجه: نمونه موادی که در خوردگی فوق نقش دارند عبارتند از سولفید هیدروژن (H_2S)، آمین ها، کلریدها، برومیدها، یُدیدها، سیانیدها، فلوریدها، اسید نفتانیک و اسید پلی تیونیک و همچنین موادی که روی خرابی الاستومرها و لاستیک مؤثرند عبارتند از: کتونها، اتیلن اکسید، هیدروکسید سدیم، متانول، بنزن و حلّالها.

۱۰-۱-۱۲-۵: اگر خریدار و سازنده در مورد اعمال پوشش روی قطعات پروانه و سایر قطعات خیس شونده برای جلوگیری از سایش به توافق رسیدند، باید آنرا عملی کنند و اگر این پوشش روی قطعات گردان بکار می روند، باید روی مقدار بالانس این قطعات بعد از اعمال پوشش توافق لازم بعمل آید. در صفحه بعدی پیوست (Annex) در صفحه اطلاعات (Data sheet) توضیحات لازم در این مورد نوشته شود.
قطعات گردان بخاطر به حداقل رساندن تصحیح قبل از پوشش کاری بالانس شوند؛ یا با کاهش سطوحی که باید دوباره پوشش کاری شوند ممکن است بالانس نهایی تعمیری مورد نیاز نباشد.



۱۱-۱-۱۲-۵: اگر قطعات مونتاژ شده مانند پیچ و مهره از جنس فولاد ضد زنگ آستینتی یا موادی با همان خواص چسبندگی مشابه مورد استفاده قرار می گیرند بهتر است این مواد با مواد ضد گیرپاژ منطبق با مواد یا سیال مورد استفاده روانکاری گردند.

توجه: مقدار گشتاور مورد نیاز برای بستن با توجه به نوع روانکار رزوه ها متغیر می باشد.

۱۲-۱-۱۲-۵: اگر پمپ قرار است طبق الزامات استاندارد NACE MR 0175 تهیه گردد باید خریدار فروشنده را در جریان امر قرار دهد تا ایشان در این مورد مشخصات مکانیکی قطعات را که شامل سختی و تنش تسلیم می باشد را مشخص نماید.
اگر طبق این استاندارد پمپ مورد درخواست باشد باید تنش تسلیم از $620\ N/mm^2$ و سختی از HRC22 تجاوز ننماید. قطعاتی که به روش جوشکاری ساخته می شوند، عملیات حرارتی و تنش زدایی (Post weld – heat treatment) شوند که منطقه جوش و منطقه متأثر از جوش (HAZ) باید الزامات سختی و تنش تسلیم فوق را دارا باشد.

الف) بعنوان یک خواسته حداقل الزامات ۱۲-۱-۱۲-۵ در مورد قطعات زیر بکار رود.
۱- محفظه های تحت فشار
۲- قطعات انتقال نیرو (شامل مهره سر محور)
۳- قطعات مکانیکال سیل دارای فشار باقیمانده (شامل سطوح آب بندها)
۴- اتصالات خیس شونده
۵- قطعات کاسه ای شکل
قطعات داخلی پمپ های دو پوسته مانند دیفیوزرها به عنوان قطعه تحت فشار بحساب نمی آیند. در بیشتر کاربردها عاقلانه است که این قطعات از نظر کارکرد، مثل پروانه درنظر گرفته شوند.

ب) رینگ های سایشی تعمیری پروانه ها که باید کاملاً سختکاری شوند با سختی بالای[1] HRC22 نباید در محیط های ترش (حاوی H_2S) بکار روند.
در این نوع محیط خورنده بجای سخت کاری کامل (سخت کاری تا مغز قطعه) می توان سطوح احتمالی سایش را سختی سطحی یا موضعی نمود یا با یک نوع پوشش سخت آغشته نمود.

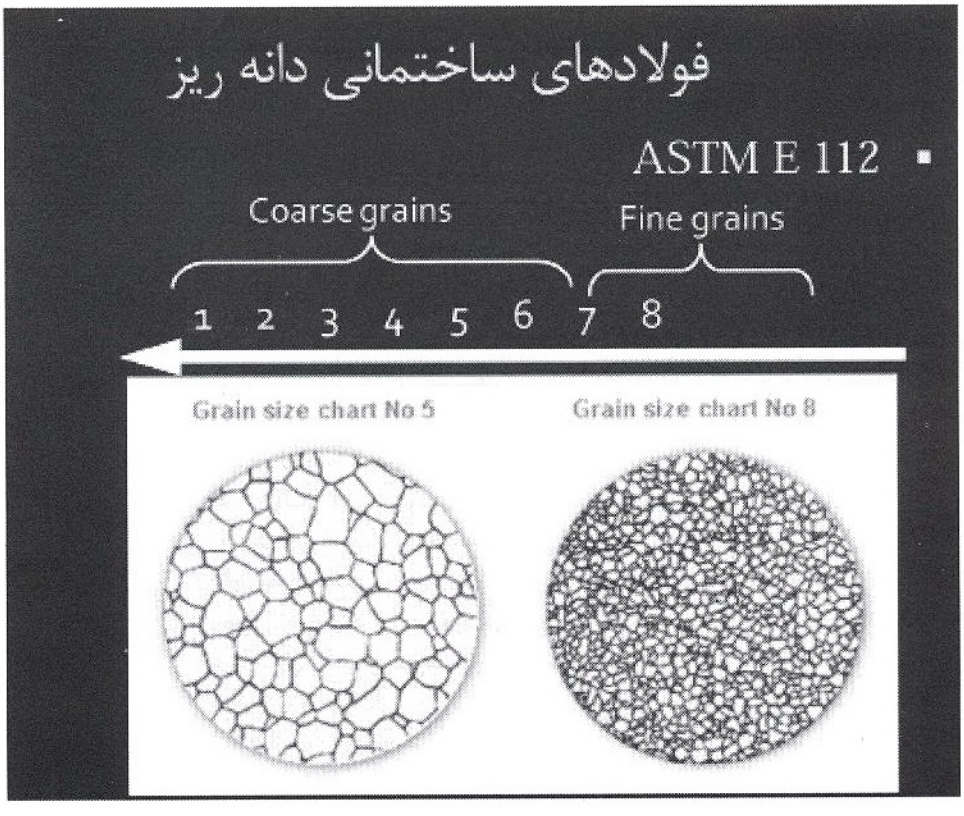
ج) خریدار باید مقدار H_2S تر را در شرایط نرمال، روشن و خاموش کردن، انبارداری، بدترین شرایط یا شرایط کارکرد مانند انجام فعل و انفعال شیمیایی سیال مشخص نماید.

د) کاربرد NACE MRO 175 یک فرآیند دو مرحله ای است، اول نیاز برای مواد مخصوص دوم انتخاب مواد. در صورت درک نیاز از سوی خریدار محدودیت سختی باید در هر حال رعایت شود.

هـ) در بعضی کاربردها، مقدار کم H_2S تر کافی است که از مواد مقاوم به ترک خوردگی تنشی سولفیدی استفاده نمائیم. اگر مقدار بسیار جزئی H_2S احتمال داده شود وجود دارد یا این شک وجود داشته باشد که احتمالاً H_2S در کار نیست خریدار باید وجود H_2S را در Data sheet بگنجاند.

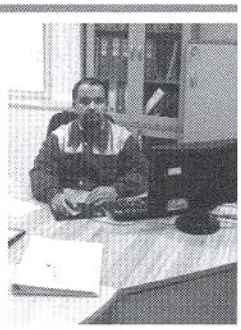
1-HRC22 =HB 234

۱۳-۱-۱۲-۵: از فولادهای ضد زنگ آستنیتی دانه درشت (ASTM A515) نباید استفاده شود. در این مورد از فولادهای کاملاً اکسیژن زدایی شده (کشته شده) یا فولاد نرمالیزه شده ریز دانه استفاده شود.



۱۴-۱-۱۲-۵: اگر مواد غیر همسان با پتانسیل الکترو شیمیائی مختلف در حضور یک محلول الکترولیتی در کنار هم قرار گیرند و تشکیل کوپل گالوانیکی دهند که این کار منجر به خوردگی در فلز ضعیف تر می شود، تولید کننده باید از موادی استفاده نماید که از این نوع خوردگی اجتناب شود و اگر نتواند در این مورد کاری انجام دهد بهتر است تولید کننده و مشتری در انتخاب مواد و سایر اقدامات پیش گیرنده با یکدیگر همکاری و مساعدت نمایند.

کتاب راهنمای مهندسی خوردگی NACE منبع بسیار مفیدی برای انتخاب مواد در این زمینه می باشد.



۱- روشهای راه اندازی الکترو موتورهای شناور و کاهش مصرف انرژی با استفاده از کنترل کننده های دور

(روش مستقیم - روش ستاره - مثلث - روش استفاده از کنترل دور درایو)

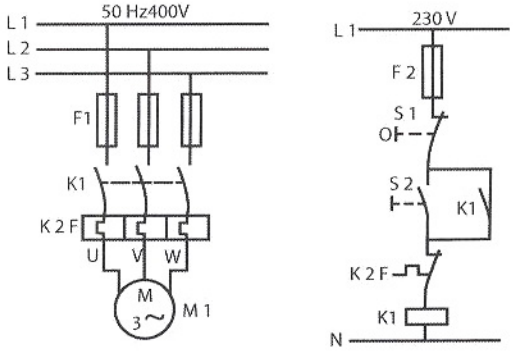
۲- آشنایی با مشخصات پلاک الکترو موتور های سه فاز

مهندس عیسی آزادوار

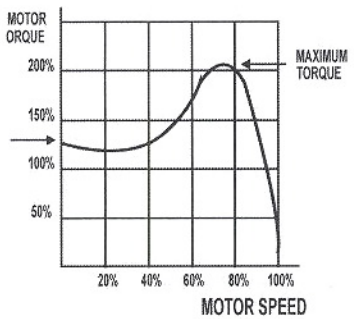
«کارشناس طراحی الکتریکی»

۱ سیستم راه اندازی مستقیم (D.O.L)

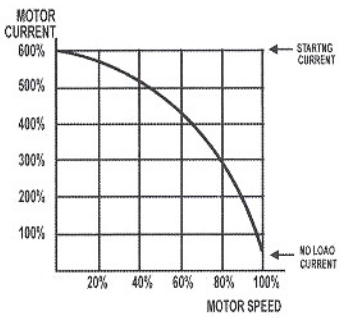
در این نوع راه اندازی که ساده ترین و ارزان ترین روش راه اندازی است تغذیه موتور به صورت مستقیم از فیدر گرفته شده و به همین دلیل جریان راه اندازی که در لحظه اولیه استارت موتور از شبکه تغذیه کشیده می‌شود. با توجه به اعمال ولتاژ نامی حدود ۵ الی ۸ برابر جریان نامی موتور است. علاوه بر جریان راه اندازی، به علت اعمال ولتاژ نامی در لحظه استارت، توان بالایی باید توسط کلید یا کنتاکتور تحمل شود. به عبارتی کلید یا کنتاکتور باید دارای قدرت وصل کافی باشد و این مورد در طول مدت باعث آسیب دیدن تجهیزات شده و درپاره ای از مواقع آسیب موتور از پیامدهای این مشکل خواهد بود. نکته مهم دیگری که می توان به آن اشاره کرد، گشتاور راه اندازی موتور است که بعضی موارد از گشتاور مورد نیاز بار بیشتر و باعث ایجاد تنش و ضربه به تجهیزات مکانیکی کوپل شده می شود. و در نتیجه باعث افزایش هزینهٔ تعمیرات مکانیکی خواهد شد. البته مزیت استفاده از روش ارائه شده، راه اندازی سریع است که در بعضی از موارد مناسب و ضروری است.



در شکل زیر منحنی های گشتاور- دور و جریان نشان داده شده است



Torque - Speed curve

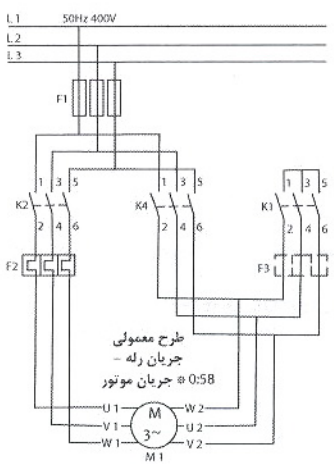


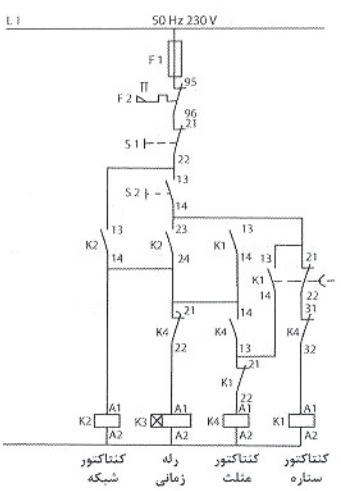
Current - Speed curve

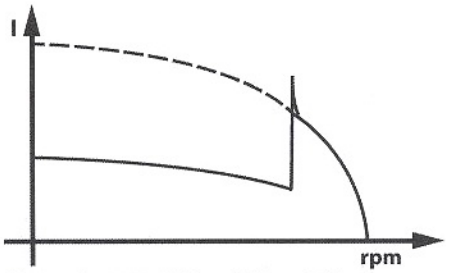
۲ سیستم راه اندازی ستاره – مثلث (Star – Delta)

روش ستاره - مثلث برای راه اندازی موتورهای القایی که در حالت دائم باید به صورت مثلث سربندی شوند به کار می رود. در این روش در ابتدای استارت براساس مدار طراحی شده موتور در حالت ستاره راه اندازی شده که در نتیجه حدود ۵۸ درصد ولتاژ شبکه به سیم پیچی های موتور اعمال می شود. با توجه به این که جریان راه اندازی به ولتاژ اعمالی وابسته است، به همین دلیل این کاهش ولتاژ، باعث کاهش جریان راه اندازی و در نتیجه گشتاور راه اندازی خواهد شد.

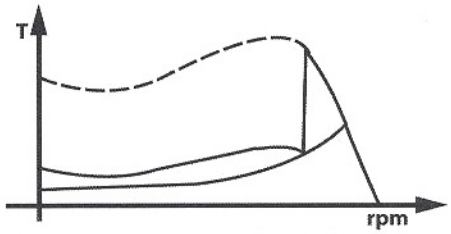
پس از راه اندازی موتور در حالت ستاره، برای دور گرفتن موتور لازم است مدار به حالت مثلث وارد شود که این عمل پس از گذشت زمان مشخصی انجام می شود. از مزایای روش ذکر شده، کاهش جریان راه اندازی به ۳۰ درصد و گشتاور به ۲۵ درصد حالت راه اندازی مستقیم است اما از مهم ترین معایب این نوع راه اندازی می توان به جریان شدیدی که در لحظه تغییر مدار از حالت ستاره به مثلث از شبکه تغذیه کشیده می شود اشاره کرد که باعث تغییرات ناگهانی و شدید گشتاور و در نتیجه ایجاد تنش شدید به تجهیزات مکانیکی خواهد شد در شکل منحنی های گشتاور-دور و جریان نمایش داده شده است.







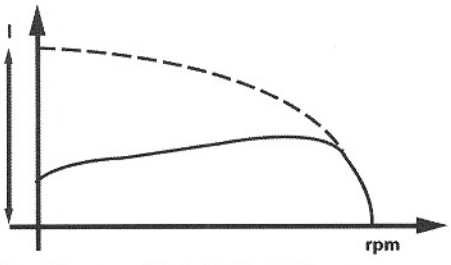
Current curve at Star- Delta start.



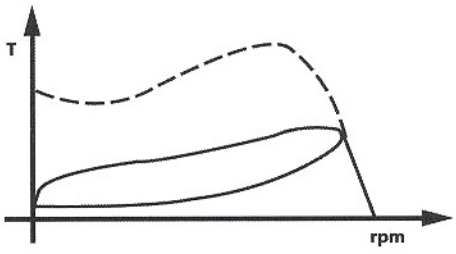
Torque/speed curve at Star- Delta start.

۳ سیستم راه اندازی نرم با استفاده از Soft starter

اساس کار سافت استارتر به این ترتیب است که در ابتدا موتور با ولتاژ پائین استارت شده و سپس ولتاژ با یک شیب مشخص افزایش یافته تا به حد ولتاژهای نامی موتور برسد. به عبارت دیگر این سیستم با اعمال ولتاژ پایین، جریان راه اندازی و گشتاور راه اندازی پایین ایجاد می کند استفاده از راه اندازهای نرم باعث می شود در مواردی که تجهیزات مکانیکی با تسمه یا چرخ دنده به موتور متصل شده است. ضربه و تنش کمتری نسبت به حالت های قبل به سیستم وارد و راه اندازی به نرمی انجام می شود و پس با افزایش ولتاژ، گشتاور نیز بالا رفته و موتور دور می گیرد. استفاده از سافت استارتر مزایای زیادی از جمله کم کردن جریان راه اندازی و هم چنین امکان استفاده از عملکرد توقف نرم را فراهم می کند. اما با تمامی مزایای ذکر شده امکان کنترل میزان بار با این روش امکان پذیر نبوده و برای کنترل بار (فلوی مایعات، گازها، میزان بار عبوری و ...) باید از دریچه ها یا شیرهای کنترلی استفاده کرده که این مورد باعث مصرف زیاد انرژی در مدارهای سافت استارتری (کمتر از روش قبل) و یکی از عیب های آن است. در شکل منحنی های گشتاور- دور و جریان مدارهای سافت استارتری ارائه شده است.

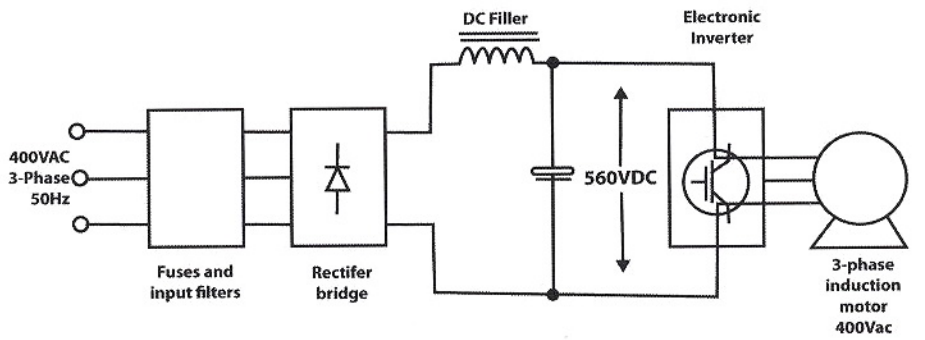


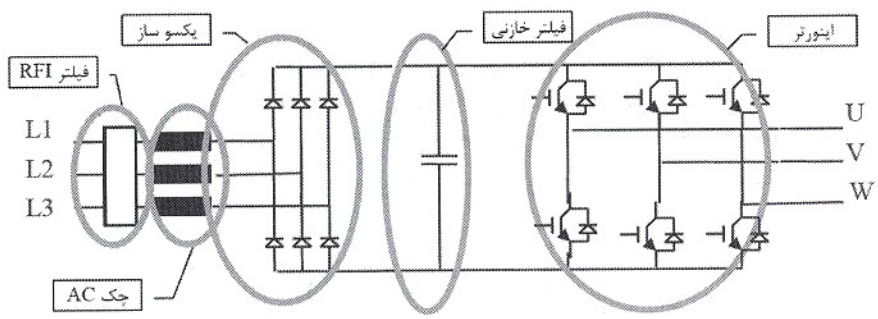
Current curve at Star- Delta start.



Torque/speed curve at Star- Delta start.

درایوها، دستگاه هائی هستند که توان ورودی با ولتاژ و فرکانس ثابت را به توان خروجی با ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل می کنند. اساس کار اولیه درایوهای دور متغیر بر پایهٔ کنترل فرکانس و نسبت ثابت ولتاژ به فرکانس استوار است. باید توجه کرد که دور یک موتور تابعی از فرکانس منبع تغذیه آن است شکل زیر بلوک دیاگرام کلی یک درایو را نشان می دهد.





کاهش مصرف انرژی در الکترو موتور ها با استفاده از کنترل کننده های دور

۱- اقدامات مورد نیاز برای بهبود عملکرد سیستمهای مرتبط با الکتروموتور

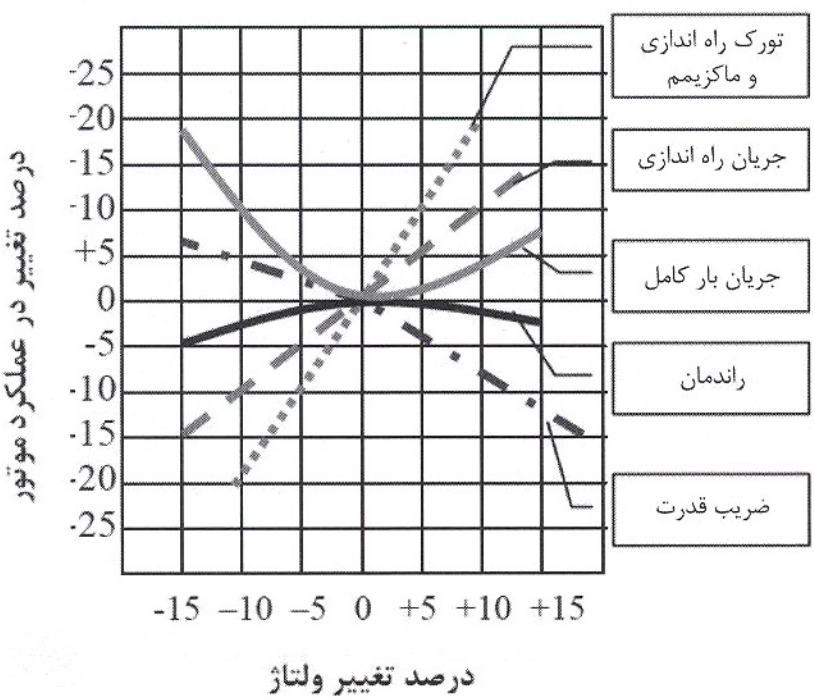
یک موتور معمولاً با اجزاء و سیستم های دیگر در ارتباط است برای بهبود عملکرد الکتروموتورها لازم است سیستم های مرتبط با موتور نیز در نظر گرفته شود. این سیستم ها شامل شبکه برق، کنترل کننده های موتور، الکتروموتور و سیستم انتقال نیرو می گردد.

- کیفیت توان Power

مسائل کیفیت توان شبکه شامل کلیه اختلالات شبکه برق مثل عدم تقارن در ولتاژ، افت ولتاژ، سیستم ارت نامناسب، هارمونیک ها و نظایر آن می شود.

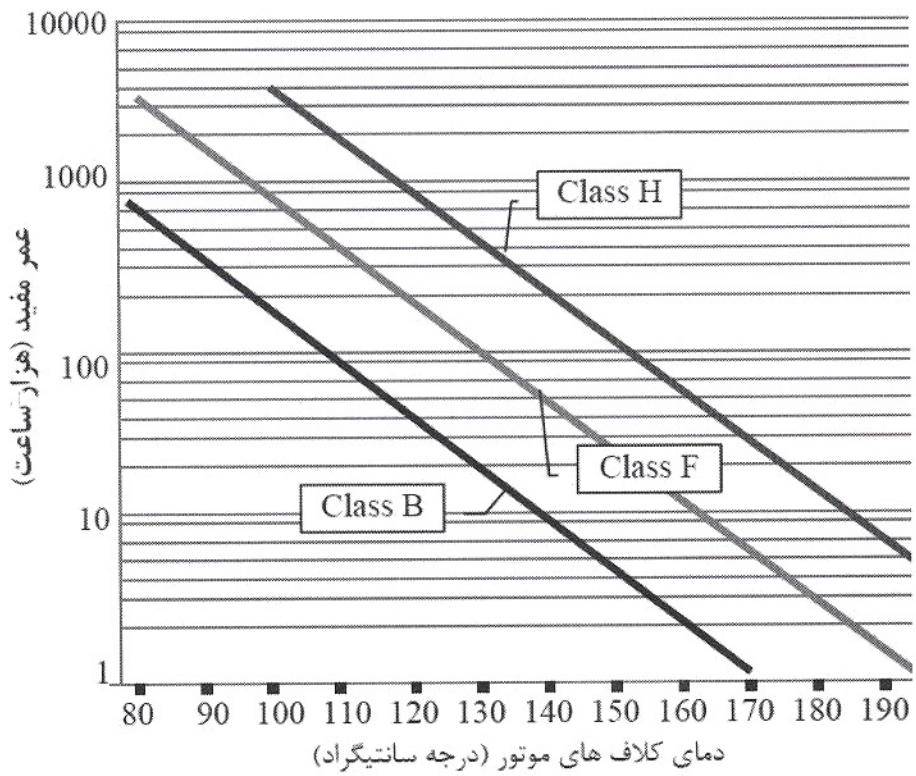
- تثبیت ولتاژ شبکه

تا آنجا که ممکن است باید ولتاژ اعمالی به موتور نزدیک به ولتاژ کار موتور باشد. گرچه تغییرات ۱۰٪ در ولتاژ موتور مجاز است اما از نقطه نظر اتلاف انرژی میزان انحراف از ولتاژ نامی موتور باید کمتر از ۵٪ باشد. تغییر ولتاژ موتور موجب افت ضریب قدرت، عمر مفید موتور و راندمان می گردد. درصد تغییرات ولتاژ نسبت به عملکرد موتور در شکل زیر نشان داده شده است.



اگر ولتاژ موتور بیش از ۵٪ کاهش پیدا کند راندمان بین ۲ تا ۴ درصد افت پیدا کرده و دمای موتور حدود ۱۵ درجه افزایش می یابد. و این افزایش دما عمر عایق موتور را کاهش خواهد داد.

عمر موتور در دماهای کاری مختلف با کلاس های عایقی مختلف نشان داده شده است



- عدم تقارن فاز

عدم تقارن فاز باید کمتر از ۱٪ باشد. عدم تفارن فاز بصورت زیر توسط NEMA تعریف می‌شود:

$$\left(\frac{\text{متوسط ولتاژ سه فاز} - \text{حداکثر انحراف ولتاژ از مقدار ولتاژ متوسط}}{\text{متوسط ولتاژ سه فاز}} \right) \times 100\ \%$$

- ضریب قدرت

ضریب قدرت پایین موجب افزایش جریان کابل ها و ترانسفورماتورها و افت ولتاژ شده و بدین ترتیب باعث کاهش ظرفیت سیستم تغذیه می شود. ضریب قدرت پائین ناشی از بار کم در شفت موتور است.

- مزایای استفاده از کنترل کننده های دور متغیر

مزایای استفاده از کنترل کننده های دور موتور هم در بهبود بهره وری تولید و هم در صرفه جویی مصرف انرژی در کاربردهائی نظیر فن ها، پمپ ها، کمپروسورها و دیگر محرکه های کارخانجات در سال های اخیر کاملاً مستند سازی شده است. کنترل کننده های دور موتور قادرند مشخصه های بار را به مشخصه های موتور تطبیق دهند. این دستگاه ها توان راکتیو ناچیزی از شبکه می کشند و لذا

نیازی به تابلوهای اصلاح ضریب بار ندارند در زیر از مزایای استفاده از کنترل دور موتور اشاره می شود:

۱- در صورت استفاده از کنترل کننده های دور موتور بجای کنترلرهای مکانیکی، در کنترل جریان سیالات، بطور موثری در مصرف انرژی صرفه جوئی حاصل می شود. این صرفه جوئی علاوه بر پیامدهای اقتصادی آن موجب کاهش آلاینده های محیطی نیز می شود.

۲- ویژگی اینکه کنترل کننده های دور قادرند موتور را نرم راه اندازی کنند. موجب می شود علاوه بر کاهش تنشهای الکتریکی روی شبکه، از شوک های مکانیکی به بار جلوگیری شود. این شوکهای مکانیکی می تواند باعث استهلاک سریع قسمت های مکانیکی، بیرینگ ها و کوپلینگ ها، گیربکس و نهایتاً قسمت های از بار شوند. راه اندازی نرم هزینه های نگهداری را کاهش داده و به افزایش عمر مفید محرکه ها و قسمت های دوار منجر خواهد شد.

۳- جریان کشیده شده از شبکه در هنگام راه اندازی موتور با استفاده از درایو کمتر از ۱۰٪ جریان اسمی موتور است.

۴- کنترل کننده های دور موتور نیاز به تابلوهای اصلاح ضریب قدرت ندارند.

۵- در صورتی که نیاز بار ایجاب کند با استفاده از کنترل کننده دور، موتور می تواند در سرعت های پائین کار کند. کار در سرعت های کم منجر به کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری ادواتی نظیر بیرینگ ها، شیرهای تنظیم کننده و دمپرها خواهد شد.

۶- کاهش انرژی مصرفی

به دلیل آنکه موتور یک بار راکتیو از شبکه برق می کشد چنانچه از درایو برای راه اندازی و کنترل موتور استفاده شود. چون درایو دارای یک بانک خازنی می باشد این بار راکتیو را جبران می نماید و تنها بار اکتیو را از شبکه برق مصرف می نماید. بنابراین جریان مصرفی بسیار کاهش می یابد. همچنین چون در بسیاری از کاربردها انرژی زیادی برای راه اندازی لازم است موتور انتخاب شده را با توان بالاتری انتخاب می کنند بنابراین میزان جریان زیادتری هم در حین کار از شبکه استفاده می کند. چنانچه از اینورتر استفاده شود، اینورتر به صورت کاملا اتوماتیک این جریان را در حین راه اندازی به مقدار لازم افزایش و در حین کار به مقدار لازم کاهش می دهد. بنابراین به طور کلی هزینه برق مصرفی کاهش چشم گیری خواهد داشت.

۷- کاهش جریان راه انداز

در بسیاری از کاربردها به هنگام راه اندازی، موتور جریان بسیار بالایی از شبکه می کشد و موجب کاهش ولتاژ شبکه و ایجاد صدماتی به تأسیسات برق رسانی و سایر دستگاه ها می گردد. این جریان به ۶ برابر جریان نامی موتور می رسد که بسیار نامطلوب می باشد چنانچه از اینورتر استفاده شود این اضافه جریان بسیار اندک خواهد شد (حداکثر ۰/۲ برابر) کاهش موتور به صورت اتوماتیک در هنگامی که بار موتور کم می شود. این قابلیت به غیر از کاهش هزینه برق مصرفی موجب افزایش طول عمر مفید موتور خواهد شد.

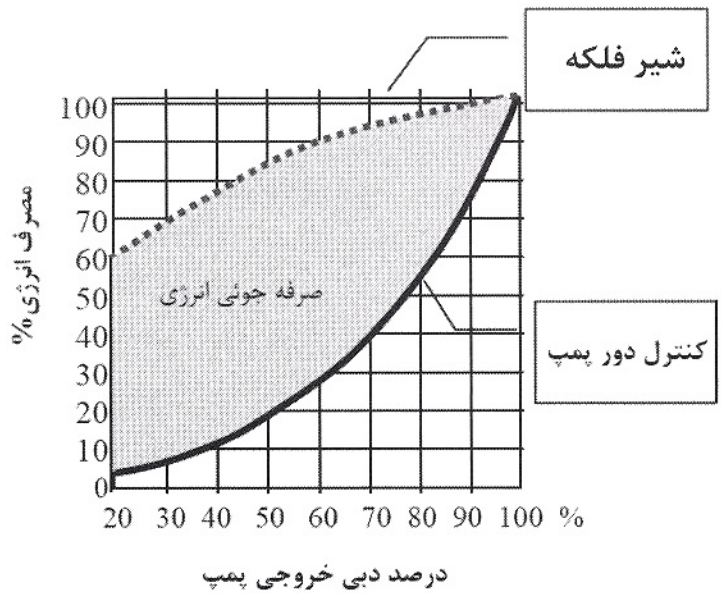
-استفاده از درایو در پمپ ها و فن ها

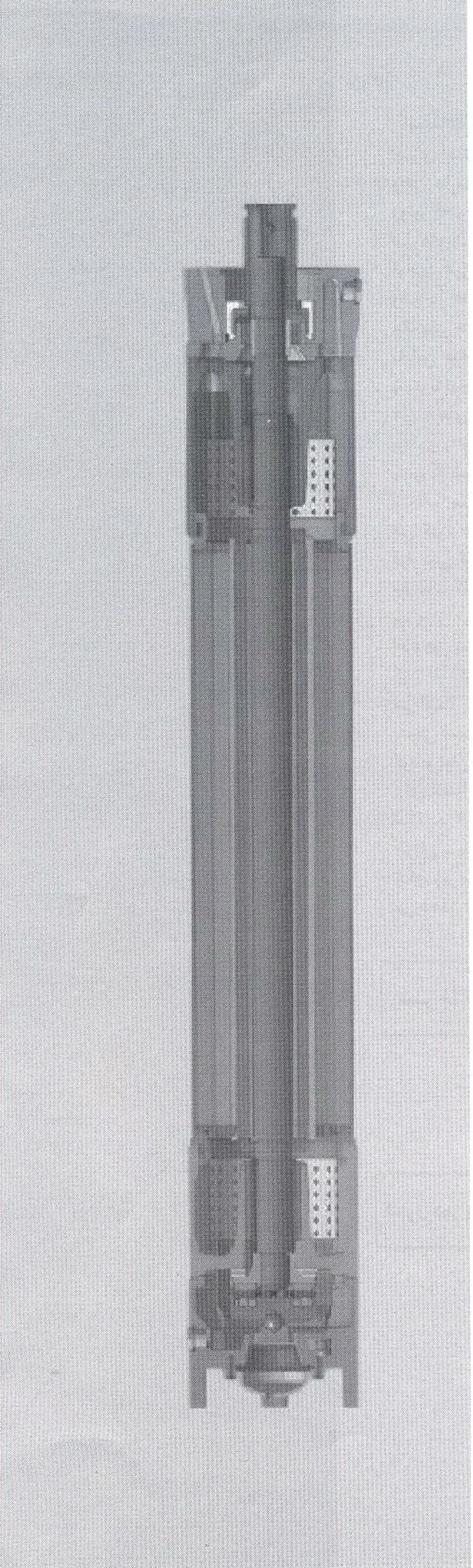
چیزی حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی در بخش صنعت در پمپ ها و فن ها مصرف می شود. اغلب این سیستم ها از موتورهای القائی با روتور قفس سنجابی استفاده می کنند و خروجی توسط ادواتی چون شیرهای تنظیم کننده و دمپرها کنترل می شوند. متأسفانه مقادیر قابل توجهی انرژی توسط این فن ها و پمپ ها تلف می شوند. موتورهای بکار رفته در اغلب این ادوات از مقدار مورد نیاز بزرگتر بوده و سیستم های مکانیکی تنظیم کننده جریان سیالات در آن ها بسیار تلفاتی می باشد. به این عوامل باید هزینه های قابل توجه تعمیر و نگهداری نیز اضافه شود. با توجه به این که هزینه های خرید پمپ معمولاً کمتر از ۵ درصد هزینه های بهره داری آن در طول عمر سیستم پمپ است. کیفیت بهره برداری عامل مهم تری در تصمیم گیری برای انتخاب سیستم های پمپ به شمار می رود.

انتخاب پمپ ها معمولاً بر اساس حداکثر دبی مورد انتظار صورت می گیرد در حالی که اغلب اوقات هرگز فلوی ماکزیمم مورد استفاده قرار نمی گیرد. این امر منجر به بزرگ شدن پمپ ها شده و بدین ترتیب مقدمات کار برای اتلاف انرژی و استهلاک هر چه سریع تر سیستم های پمپ فراهم می شود. اگر یک پمپ در دور نامی خود کار کند و دبی خروجی پمپ به مصرف برسد سیستم در راندمان مطلوب کار خواهد کرد. اما اگر تنها ۵۰ درصد دبی حداکثر مورد استفاده باشد چه اتفاقی می افتد؟

بدیهی است که در این حالت نیز موتور در دور نامی خود کار خواهد کرد و توان مصرفی اضافی توسط موتور تلف خواهد شد. از سوی دیگر برای کنترل دبی خروجی لازم است از ادوات مقاومتی نظیر شیرفلکه استفاده گردد. با استفاده از کنترل کننده های دور موتور می توان جریان سیالات در پمپ ها را با اعمال تغییر دور موتور کنترل نمود.

شکل زیر مقایسه انرژی مصرفی کنترل فلو با شیر فلکه و درایو را نشان می دهد.





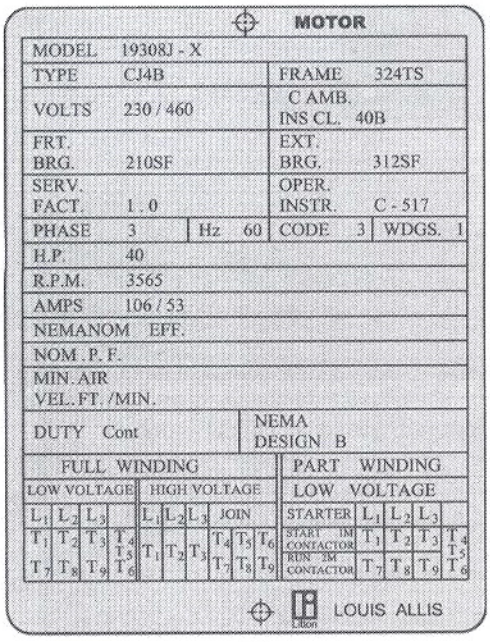
- استفاده از درایو در الکتروموتورهای شناور

با توجه به اینکه عملکرد یاتاقان کفگرد الکتروموتورهای شناور به عوامل اندازه، صافی سطوح و سرعت دوران بستگی دارد در صورت کاهش دور قدرت تحمل بار آن کمتر خواهد شد ولی با توجه به این نکته لازم است که هم زمان ارتفاع پمپاژ به توان دوم نسبت تغییر دور و توان جذبی به توان سوم این نسبت کاهش می یابد لذا بار وارده

$$\left(\frac{H_1}{H_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \qquad \left(\frac{HP_1}{HP_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

بر یاتاقان ها نیز به میزان قابل توجهی کم می شود.
با این وجود اکیداً توصیه می گردد که فرکانس به کمتر از ۳۰ هرتز (۱۸۰۰ دور بر دقیقه) کاهش داده نشود.
زیرا در این حالت عملکرد یاتاقان ها به دلایل هیدرودینامیک مختل خواهد شد. در عمل کارآیی روش کنترل دور برای بهینه کردن عملکرد و صرفه جویی انرژی در سیستم های پمپاژی که سهم افت مسیر نسبت به ارتفاع هندسی در مجموع هد پمپ زیاد باشد اثبات شده است. با اینکه این امر در اغلب چاه های عمیق صادق نیست ولی در مورد چاه ها پدیده نوسان سطح دینامیک چاه وجود دارد. کنترل دور روش مناسبی برای تطابق عملکرد الکتروپمپ با این تغییرات است که در مقطعی از سال اتفاق می افتد و لذا انتظار نمی رود که طی مدت طولانی از پمپ با دور کاهش یافته بهره برداری شود.

برای انتخاب صحیح و مناسب موتور سه فاز، باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملا توجه نمود. شکل پلاک موتورهای سه فاز، هم چنین اطلاعات نوشته شده در روی آنها متفاوت است. شکل ۱ تا ۳ سه نمونه پلاک موتور سه فاز را نشان می دهد



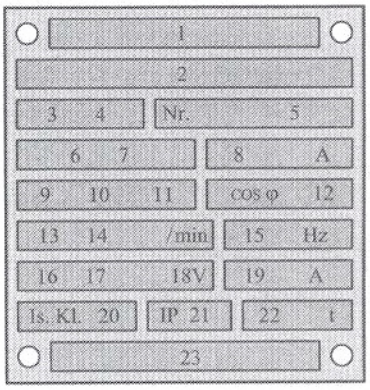
MOTOR

MODEL 19308J - X			
TYPE CJ4B		FRAME 324TS	
VOLTS 230 / 460		C AMB. INS CL. 40B	
FRT. BRG. 210SF		EXT. BRG. 312SF	
SERV. FACT. 1.0		OPER. INSTR. C - 517	
PHASE 3	Hz 60	CODE 3	WDGS. 1
H.P. 40			
R.P.M. 3565			
AMPS 106 / 53			
NEMANOM EFF.			
NOM. P. F.			
MIN. AIR VEL. FT. /MIN.			
DUTY Cont		NEMA DESIGN B	

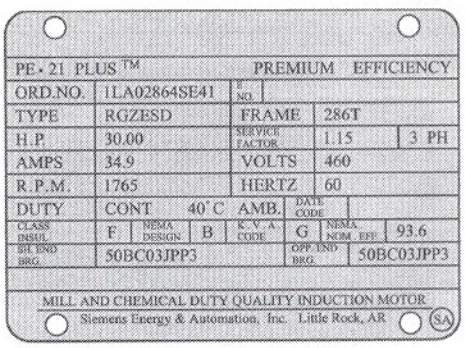
FULL WINDING									PART WINDING				
LOW VOLTAGE			HIGH VOLTAGE						LOW VOLTAGE				
L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	JOIN			STARTER	L_1	L_2	L_3	
T_1	T_2	T_3	T_4 T_5 T_6	T_1	T_2	T_3	T_4 T_7	T_5 T_8	T_6 T_9	START 1M CONTACTOR	T_1	T_2	T_3	T_4 T_5 T_6
T_7	T_8	T_9								RUN 2M CONTACTOR	T_7	T_8	T_9	

LOUIS ALLIS

شکل ۱



شکل ۲

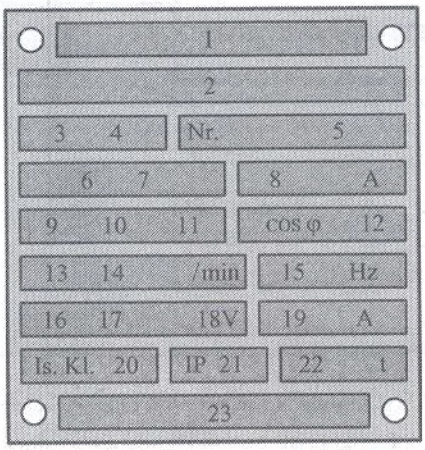


PE - 21 PLUS ™			PREMIUM EFFICIENCY		
ORD.NO.	1LA02864SE41	S NO.			
TYPE	RGZESD	FRAME	286T		
H.P.	30.00	SERVICE FACTOR	1.15	3 PH	
AMPS	34.9	VOLTS	460		
R.P.M.	1765	HERTZ	60		
DUTY	CONT 40°C AMB.	DATE CODE			
CLASS INSUL.	F	NEMA DESIGN	B	K.V.A. CODE	G
NEMA NOM. EFF.	93.6				
DR. END BRG.	50BC03JPP3	OPP. END BRG.	50BC03JPP3		

MILL AND CHEMICAL DUTY QUALITY INDUCTION MOTOR
Siemens Energy & Automation, Inc. Little Rock, AR

شکل ۳

اگر مشخصات نوشته شده (روی پلاک موتورها) را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می شود که این پلاک ها تفاوت هایی با هم دارند. در شکل زیر بخش های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه فاز مشاهده می شود. در جدول توضیحات مربوطه به هر قسمت آمده است.



شکل ۴

شماره	اطلاعات داده شده		
۱	نشانه‌ی کارخانه (نام و آرم)		
۲	نشانه‌ی نوع ماشین (تیپ ماشین)		
۳	نوع جریان مانند : G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه فاز)		
۴	نوع کار (Gen ــ ژنراتور) ؛ (Mot ــ موتور)		
۵	شماره‌ی تولید ماشین		
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ یا ترمینال سیم‌پیچی استاتور (برای سنکرون و آسنکرون سه‌فاز) به صورت :		
	علامت	تعداد کلاف و مدار	
	I		۱~
	⊥	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی	
	III	به صورت باز	۳~
	Y	ستاره	۳~
	Δ	مثلث	به هم وصل شده
	Y	ستاره با نقطه وسط خارج شده	
۷	ولتاژ نامی		
۸	جریان نامی		
۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورها و ژنراتورها		
۱۰	نشانه‌ی واحدها KW، W، kVA، VA موتورها بر حسب (kW یا W) و مولدها برحسب (kVA یا VA)		
۱۱	نوع کار (در کار دائمی = S1) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی مثال : S۲۳°min		
۱۲	ضریب توان نامی $\cos\varphi$. در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان رآکتیو دریافت شود، باید نشانه u اضافه شود.		
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می‌شود) : → (راست گرد) ← (چپ گرد)		
۱۴	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری حداکثر سرعت n_{max} ؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی n_d توربین ؛ در موتورهای چرخ‌دنده‌دار سرعت آخرین چرخ‌دنده n_z ارائه می‌شود.)		
۱۵		فرکانس نامی	
	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون	در روتور با حلقه‌ی لغزان	
۱۶	تحریک کننده یا «Err»	روتور یا «Lfr»	
۱۷		نوع اتصال سیم پیچ روتور	
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)	
۱۹	جریان تحریک در کار نامی، اگر جریان کوچک‌تر از ۱۰A باشد، اطلاعات حذف می‌شود.	جریان روتور	
۲۰	گروه مواد عایق کننده (Y,A,E,B,F,H,C) اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور از گروه‌های مختلفی عایقی استفاده شده‌باشند، ابتدا گروه عایقی (کلاس عایقی) سیم پیچ استاتور و سپس گروه عایقی سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود. (مثلاً F/B)		
۲۱	نوع محافظت طبق DIN ۴۰۰۵۰، مثلاً IP۴۴		
۲۲	وزن تقریبی به t، برای وزن‌های کم‌تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی‌شود.		
۲۳	توضیحات اضافی، به طور مثال VDE ۰۵۳۰/۰۰۰ مقدار متوسط خنکی با تهویه‌ی هوای آزاد یا خنک‌شدن با آب		

جدول ۱

در ردیف یازدهم جدول شماره ۱ نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسبی بیان می شود. هشت حالت کاری، طبق استاندارد، تعریف شده است که با حروف S_1 تا S_8 نشان داده می شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق شکل زیر است.

نوع کار	شرح و مثال
کار پیوسته S1	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد. کار ماشین می‌تواند بدون وقفه اجرا شود، بدون این که از دمای مجاز تجاوز کند. **مثال:** پمپ فاضلاب.
کار کوتاه مدت S2	زمان کار در مقایسه با وقفه بعد از آن کوتاه است. کار با بار نامی فقط در زمان داده شده مجاز به اجراست. زمان‌های بارگذاری استاندارد : 10، 30، 60 و 90 دقیقه. **مثال:** موتور محرکه سیرن.
کار موقت S3	زمان روشن بودن ED فقط بخشی از مدت زمان سیکل است. EDهای استاندارد : 15، 25، 40 و 60%. اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد، آن را 10 دقیقه در نظر می‌گیرند. در نوع کار S3 مرحله‌ی راه اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. **مثال** برای S3 : موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
S4	در S4 کار شبیه S3 است، با این حال جریان راه‌اندازی، ماشین را بیش‌تر گرم می کند. اطلاعات مثلاً : h/ راه‌اندازی 500، S4 ED 25%. **مثال** برای S4 : موتور محرک برای بالابر کوچک (روتور قفسه‌ای)
S5	در S5 کار شبیه S4 است، با این حال در این جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم‌شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً : h/ راه‌اندازی 500، جریان معکوس، S4 ED 25% **مثال** برای S5 : موتور محرکه برای نقاله‌ها.
کار پیوسته با بار موقت S6	این نوع کار شبیه نوع کار S3 است. با این حال این ماشین به هنگام وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. **اطلاعات مثلاً:** S6 10mn/60min یا بهتر S6 ED 25% 40 min
کار بدون وقفه S7	این ماشین در کار بدون وقفه است و بدین جهت از طریق راه‌اندازی مداوم و ترمز الکتریکی بیش از حد معمول گرم می‌شود. اطلاعات مثلاً : h/ راه اندازی 100، ترمز با جریان مستقیم، S7 **مثال:** موتور محرکه برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
S8	این نوع کارشبیه S7 است، با این حال به جای راه‌اندازی و ترمز با تغییر دور، به طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات : S8.3000min^{-1}5min / 1500min^{-1}10min **کاربرد:** خط تولید خودکار

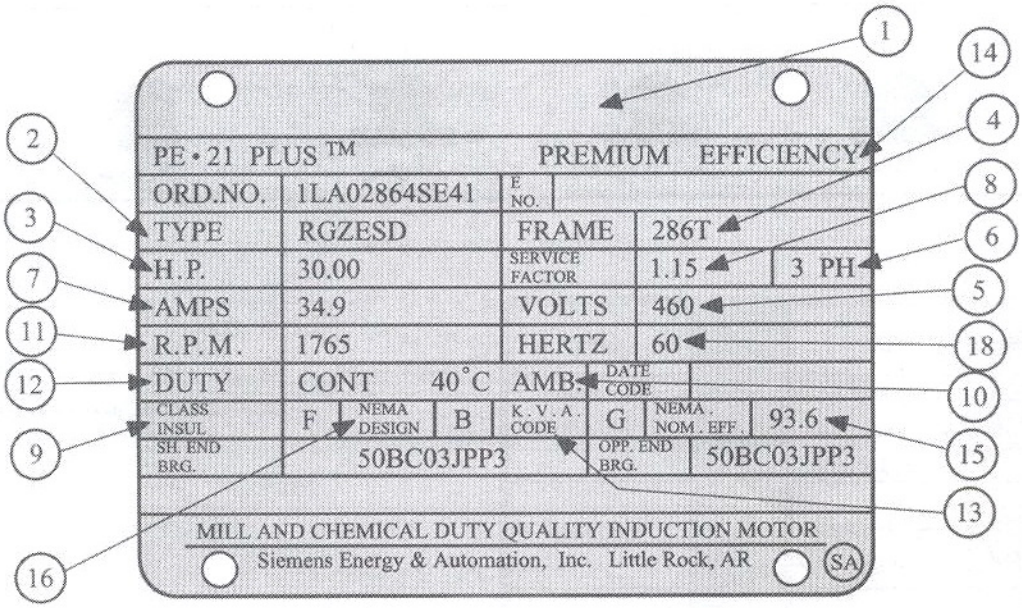
جدول ۲

در ردیف بیست و یکم جدول شماره ۱، که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می شود. از دو حروف IP و دو رقم کد استفاده می شود. اولین رقم، درجه ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم، درجه ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می دهد. گاهی اوقات نیز از کد ۳ رقمی استفاده می شود که یک رقم آن مربوط به شرایط محیطی است.
در شکل معانی هر یک از رقم های اول و دوم بعد از IP را مشاهده می کنید.

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
–	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP0X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅ 50mm	IP1X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅ 12mm	IP2X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅ 2.5mm	IP3X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅ 1mm	IP4X
۱	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP5X
۲	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP6X
ایمنی آب		
–	بدون ایمنی آب	IPX0
۳	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IPX1
۳	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (150° نسبت به عمود)	IPX2
۴	ایمنی در مقابل پخش آب	IPX3
۵	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IPX4
۶	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	IPX5
۷	ایمنی در مقابل جریان آب	IPX6
۷	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	IPX7
۸	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	IPX8

نشانه‌ی انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)

توضیحات مربوط به نمونه دیگری از پلاک موتورهای سه فاز، در شکل زیر نشان داده شده است.

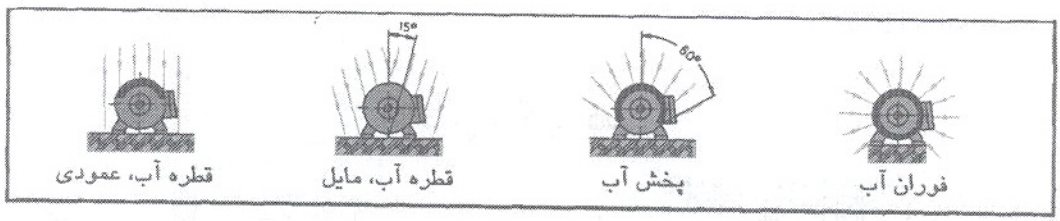


شکل ۵

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت بر حسب اسب بخار
۴	شماره‌ی بدنه
۵	ولتاژ کار
۶	تعداد فاز ــ یک فاز یا سه فاز
۷	مقدار جریان (مقدار آمپر)
۸	ضریب خدمات (ضریب کارکرد)
۹	کلاس عایقی
۱۰	دمای مجاور (دمای محیط)
۱۱	تعداد دور در دقیقه
۱۲	مدت زمان کار موتور در بار نامی
۱۳	حرف رمز حالت توقف و یا در حال کار روتور
۱۴	حداکثر بازده
۱۵	میزان بازده اسمی
۱۶	استاندارد کارخانجات تولید کننده‌ی وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (برحسب هرتز)

جدول ۳

اصطلاحات و شرایط خاص، نحوه ریزش آب مندرج شده است در شکل زیر به همراه معانی هر یک، نشان داده شده است.



بر روی ماشین ها از علائم اختصاری ایمنی نیز استفاده می شود. معانی هر یک از علایم مطابق جدول روبرو نشان داده شده است.

معنی	علامت	معنی	علامت
اتصال سیم ایمنی		دستگاه عایق‌بندی ایمنی شده است (طبقه‌ی ایمنی II)	
اتصال سیم زمین		مقاوم در قابل اتصال کوتاه، مشروط	
آزمایش شده طبق VDE		مقاوم در مقابل اتصال کوتاه، غیر مشروط	
روی چوب نصب شود (ضد آتش)		برای دستگاه پزشکی	
خازن در صورت معیوب‌شدن خیلی گرم نمی‌شود (ضد آتش)		غیرقابل استفاده در وان حمام	

جدول شماره ۵ حروف اختصاری مربوط به کلاس های حرارتی ماشین های الکتریکی را نشان می دهد. لازم به توضیح است، اعداد که در جدول مشاهده می شود از حاصل جمع دمای فرضی محیط (۴۰°C) و دمای کارکرد ماشین به دست آمده است. لذا برای به دست آوردن ماکزیمم دمای ماشین در شرایط کاری لازم است دمای ۴۰ درجه را از عدد داخل جدول کم کرد. مثلا، ماکزیمم دمای قابل تحمل موتوری با کلاس F برابر است با:

θ (دما) = ۱۵۵-۴۰ = ۱۱۵°C

کلاس حرارتی یا عایقی	حداکثر دما °C
x یا (y)	90°
A	105°
E	120°
B	130°
F	155°
H	180°
C	210°

جدول ۵

منابع :

۱- بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروموتورهای صنعتی (مرکز تحقیقات نیرو)

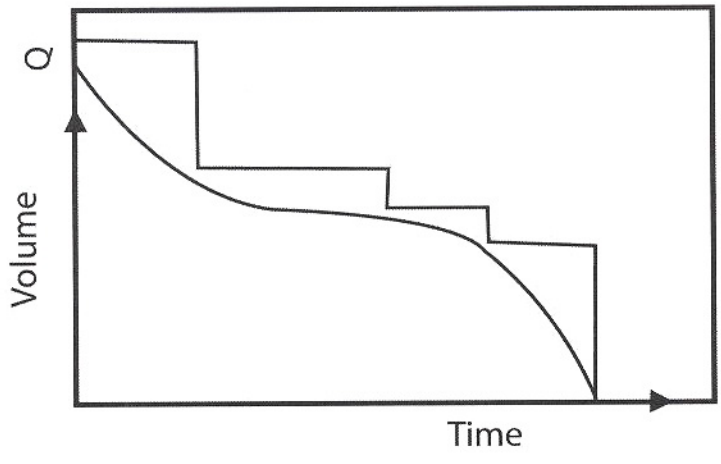
۲- ارزیابی و انتخاب درایو (Medivm – Voltage، شرکت Vacon)

اصول برآورد هزینه های انرژی پمپاژ

مهندس پگاه آبروانی
«کارشناس مهندسی فروش»

هنگامیکه یک سیستم پمپ مورد بررسی قرار می گیرد، سهولت شناسایی راندمان سیستم و مقایسه روش های مختلف، از عوامل موثر می باشد. برای یک انتخاب عاقلانه، برخی قواعد مورد نیاز می باشند. اولین قاعده، مشخص کردن نیازهای فرایند است. معمولا نیازهای فرایند با پاسخگویی به سوالاتی همچون موارد زیر قابل شناسایی است:
آیا در فرایند، آبدهی مورد نیاز متغیر است؟ در این صورت دبی باید بصورت مداوم تغییر کند یا می تواند در چند مرحله تغییر کند؟ اگر تغییر آبدهی بصورت پیمانه ای (غیر خطی) است آیا می توان با روش خاموش و روشن کردن پمپهای موازی به دبی های مورد نیاز رسید؟ میزان حداکثر آبدهی چقدر است و چگونه دبی در طول زمان توزیع می شود؟

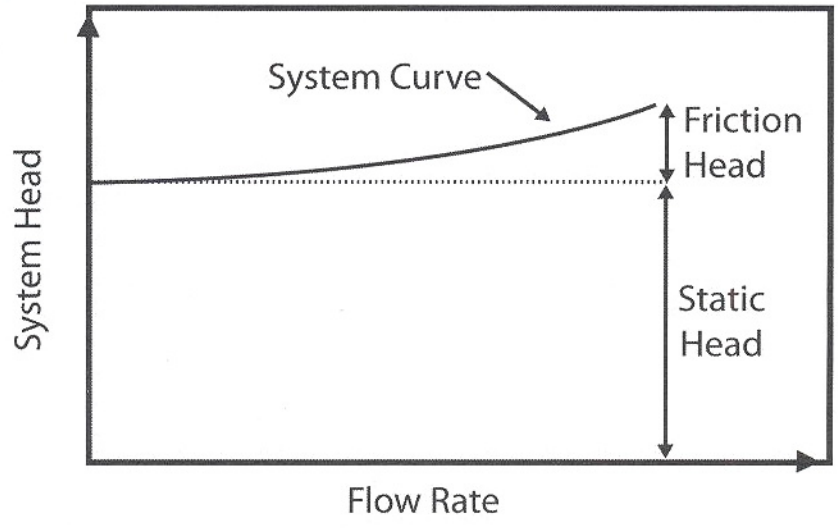
جواب این سوالات چگونگی تنظیم و تعدیل دبی را تعیین کرده و راهنمایی هایی در مورد طراحی سیستم پمپاژ ارائه می دهد. یک راه ساده برای نشان دادن دبی مورد نیاز، استفاده از یک نمودار جریان مصرفی بر حسب زمان می باشد. یک نمودار جریان مصرفی بر حسب زمان (شکل ۱) در ساده ترین حالت نشان دهنده میزان دبی مورد نیاز (Q) در طول سال (t) می باشد (خط آبی). منحنی قرمز موجود در همان نمودار بطور دیگری تفسیر می شود. هر نقطه روی منحنی قرمز نشان می دهد که در طول سال آبدهی برای چه مدتی، مقدار مشخص شده در محور y را به خود می گیرد.



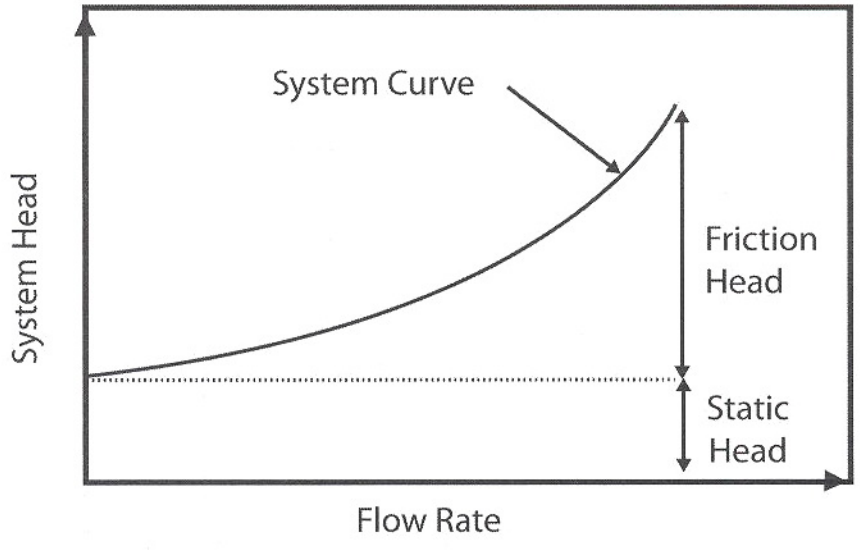
شکل ۱ : نمودار مدت زمان برای یک سیستم پمپ

این نمودار برای درک نیازهای سیستم پمپاژ مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم باید قابلیت ایجاد حداکثر دبی را داشته باشد. اما از دیدگاه اقتصادی، دانستن اینکه سیستم بیشتر در چه مقداری از دبی کار خواهد کرد حائز اهمیت می باشد. با در دست داشتن این اطلاعات می توان سیستم لوله کشی را طراحی کرد. برای مثال اگر حداکثر دبی فقط در دوره های کوتاهی از زمان مورد نیاز می باشد، نیازی به نصب یک لوله با قطر بزرگ نخواهد بود. از سوی دیگر اگر سیستم در دوره های طولانی از زمان با حداکثر دبی کار کند، این موضوع باید هنگام انتخاب لوله در نظر گرفته شود. پس از اینکه سیستم لوله کشی طراحی شد، نوبت به منحنی سیستم می رسد.

منحنی سیستم (شکل ۲و۳) مقدار هد یا فشار مورد نیاز برای ایجاد دبی مورد نظر را در طول سیستم لوله کشی نشان می دهد.



شکل ۲ : سیستم با هد استاتیکی زیاد



شکل ۳: سیستم با هد استاتیکی کم

از نمودار جریان مصرفی بر حسب زمان برای مشخص کردن نقطه کار بر روی منحنی سیستم و مدت زمان کارکرد در این نقطه استفاده می شود. اگر مدت زمان کارکرد در منطقه صعودی (با شیب زیاد) منحنی سیستم، قابل توجه باشد، برای کاربرد پمپ با ارتفاع و توان کمتر، باید لوله با قطر بزرگتر انتخاب شده و یا تغییرات دیگری در نظر گرفته شود. اکنون پمپ و یا پمپ ها می توانند انتخاب شوند. به علاوه در صورت نیاز، ابزار مناسب برای تنظیم دبی نیز تعیین می گردد.

- انرژی مخصوص

انرژی مخصوص (Es) مقیاسی موثر برای محاسبه هزینه پمپاژ است. واحد انرژی مخصوص، کیلووات ساعت بر متر مکعب (kWh/m^3) می باشد. برای مقایسه روش های مختلف، انرژی مخصوص مقیاس مفیدی است.

در سیستم هایی که دبی آن ها ثابت می باشد، انرژی مخصوص با معادله زیر بدست می آید. برای سیستم های با مقادیر متفاوت دبی، معادله پیچیده تر می شود. چرا که انرژی مخصوص هر مورد باید بصورت جداگانه محاسبه شده و برای بدست آوردن هزینه کل باهم جمع شوند. در ابتدا Es بصورت تابعی از دبی محاسبه می شود که این کار به اطلاعاتی در مورد تولید کنندگان پمپ، موتور و کنترل دور (درایو) نیاز دارد. تولید کنندگان پمپ باید منحنی های پمپ را برای کارکرد در سرعتهای متغیر آماده کنند. درحالیکه تامین کنندگان موتور و کنترل دور (درایو) باید منحنی های راندمان را بصورت تابعی از بار و سرعت تهیه کنند.

برای بدست آوردن هزینه عملیاتی کل، اطلاعات بدست آمده از محاسبه Es باید با نمودار جریان مصرفی بر حسب زمان ترکیب شوند. پس از آن طراح می تواند سیستم های با تعداد مختلف پمپ و روش های متنوع تنظیم را مقایسه کند.

$$Specific\ Energy(E_s) = \frac{Energy\ Used}{Pumped\ Volume} \qquad (1)$$

$$E_s = \frac{P_{in} \times Time}{V} = \frac{P_{in}}{Q}$$

P_{in} = نیروی ورودی به محرک

Es تابعی از آبدهی (Q) می باشد. بررسی این وابستگی بسیار ضروری است. (این موضوع به ویژه در مواقعی که از کنترل دور استفاده می شود برای اجتناب از مشکلات بعدی حائز اهمیت می باشد).

به دلیل ویژگی های متفاوت سیستمهایی که در آنها ارتفاع استاتیکی وجود دارد با سیستمهای بدون ارتفاع استاتیکی، تفکیک این دو سیستم در محاسبه و بیان مفهوم انرژی مخصوص مفید خواهد بود.

سیستم های بدون هد استاتیکی یا سیستم حلقه بسته

در این حالت انرژی مخصوص به افت ارتفاع اصطکاکی[1] (ارتفاع دینامیکی) بستگی دارد که به نوبه خود بوسیله تلفات سیستم لوله کشی (شامل شیرهای کنترل) و راندمان کلی مجموعه کنترل دور (درایو) – موتور – پمپ تعیین می گردد.

راندمان کلی مجموعه کنترل دور – موتور – پمپ باید برای هرکدام از نقاط کار مورد بررسی قرار گیرد. توجه شود که راندمان پمپ در این نوع سیستم ها با تغییر سرعت، (تقریبا) یکسان است. درحالیکه راندمان کنترل دور و موتور می تواند با کاهش بار شدیدا افت کند. به علاوه اگر با تغییر مجموعه شیرهای کنترل، منحنی سیستم تغییر یابد، نقطه کار پمپ و بنابراین راندمان پمپ تغییر خواهد یافت.

1-Frictional head loss

با ارتفاع استاتیکی صفر فقط ارتفاع دینامیکی خواهیم داشت. بنابراین :

$$E_s = \frac{Q \times H \times P \times g}{Q \times \eta_{drive} \times \eta_{motor} \times \eta_{pump}} \qquad (3)$$

H = ارتفاع کل
ρ = چگالی
g = ثابت گرانش
η = راندمان (کارایی)

با ارتفاع استاتیکی صفر فقط ارتفاع دینامیکی خواهیم داشت. بنابراین :

$$E_s = \frac{H_i \times P \times g}{\eta_{drive} \times \eta_{motor} \times \eta_{pump}} \qquad (4)$$

سیستم های دارای هد استاتیکی

در سیستم های دارای هد استاتیکی (Hs) می توان با روش های نسبتا متفاوتی مصرف انرژی را محاسبه کرد. هد مورد انتظار از پمپ، به هد استاتیکی و هد دینامیکی (افت اصطکاک) تقسیم می گردد. با جایگذاری Hs + Hf به جای هد کلی در فرمول انرژی مخصوص، عبارت های زیر بدست می آید.

$$P_{in} = \frac{Q \times (H_s + H_f)\rho \times g}{\eta_{drive} \times \eta_{motor} \times \eta_{pump}} \qquad (5)$$

if

$$E_s = \frac{H_s \times H_f}{H_s} \times \frac{\rho \times g \times H_s}{\eta_{drive} \times \eta_{motor} \times \eta_{pump}} \qquad (6)$$

$$\frac{H_s}{H_s + H_f} = f_{HS} \qquad (7)$$

then

$$E_s = \frac{H_s \times \rho \times g}{\eta_{drive} \times \eta_{motor} \times \eta_{pump} \times f_{HS}} \qquad (8)$$

شاخص سیستم هیدرولیک (f_{HS}) مقدار نسبی ارتفاع استاتیکی در سیستم را نشان می دهد. واضح است اگر راندمان کل برابر ۱۰۰٪ (η=1) بوده و افت های اصطکاکی وجود نداشته باشد، Es کمترین مقدار Hs x ρ x g را خواهد داشت. اگر کنترل دور (درایو) در سیستم موجود نباشد، راندمان درایو برابر با یک ($\eta_{drive}=1$) خواهد بود. شاخص های مختلفی تابع دبی هستند و با نقطه کار تغییر می کنند. اگر یک کنترل دور (درایو) مورد استفاده قرار گیرد، فاکتورها با حرکت نقطه کار در طول منحنی سیستم و تغییر سرعت، تغییر می کنند. راندمان موتور بطور کلی با کاهش سرعت، کاهش یافته و موتور در کمتر از ۷۵٪ بار کامل کار می کند. اگر بار موتور به کمتر از ۵۰٪ بار کامل افت کند، افت راندمان ترکیب موتور و کنترل دور (درایو) قابل توجه خواهد بود. عبارت:

$$\eta_{drive} * \eta_{motor} * \eta_{pump} * f$$

(مخرج فرمول (۸)) را می توان به عنوان راندمان کل در نظر گرفت.

هنگامی که افت اصطکاک با حداقل شدن تلفات اصطکاک یا با حرکت نقطه کار به سمت ارتفاع فلکه بسته، به صفر میل می کند، شاخص سیستم هیدرولیکی افزایش می یابد. بنابراین کاهش تلفات اصطکاک، تاثیر قابل توجهی در انرژی مخصوص دارد.

با وجود این، با حرکت نقطه کار به سمت ارتفاع فلکه بسته، در سیستم های دارای ارتفاع استاتیکی، به علت کاهش راندمان پمپ، موتور و کنترل دور، انرژی مخصوص شدیدا افزایش پیدا می کند. این موضوع در سیستم های دارای هد استاتیکی بالا حتی میتواند با کاهش محدود سرعت نیز اتفاق بیافتد.

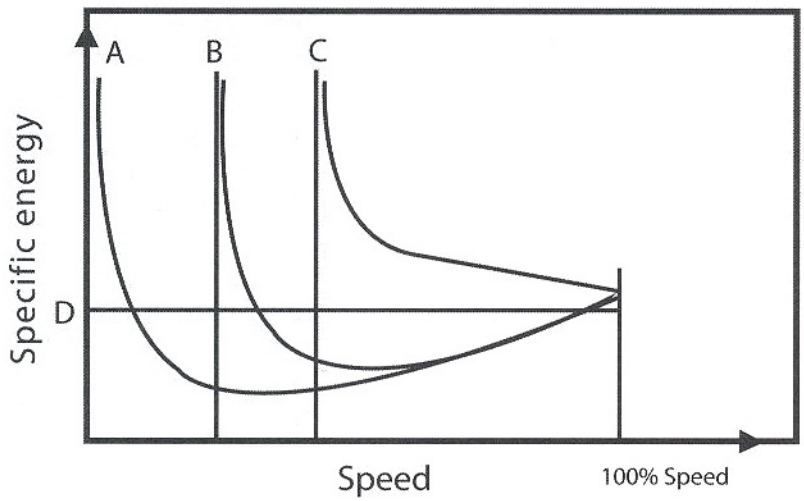
در چنین سیستمهایی، با اطمینان از اینکه منحنی سیستم و منحنی پمپ در سرعت طراحی در سمت راست نقطه بهترین راندمان یا BEP همدیگر را قطع می کنند، محدوده سودمند بودن استفاده از کنترل دور می تواند تا حدی افزایش یابد.

برای محاسبه هزینه پمپاژ، انرژی مخصوص باید در تمامی نقاط کار در طول منحنی سیستم محاسبه گردد. با ترکیب این اطلاعات با اطلاعات موجود در دیاگرام جریان مصرفی بر حسب زمان، می توان هزینه پمپاژ را تعیین کرد.

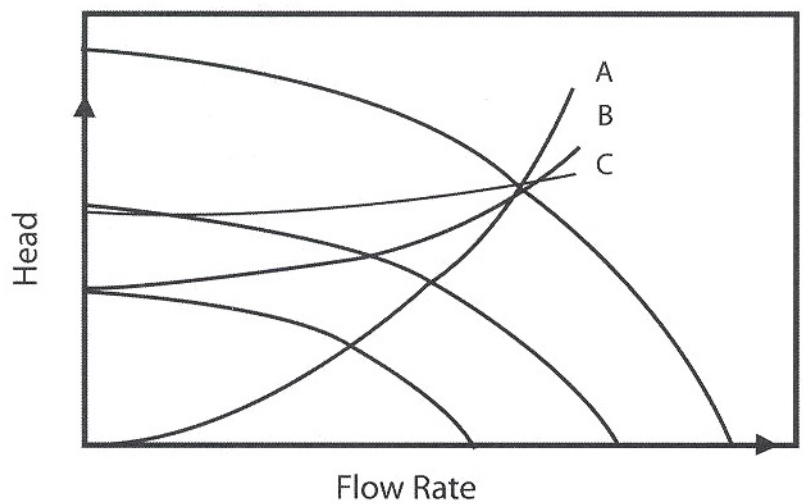
- تنظیم جریان با تغییر سرعت

منحنی های بدست آمده برای انرژی مخصوص بصورت تابعی از سرعت در شکل ۴ با سه منحنی سیستم متفاوت نشان داده می شوند. شکل ۵ ، منحنی های متناظر سیستم را نشان می دهد. محل تقاطع دو منحنی مربوط به سرعت کاهش یافته پمپ و منحنی های سیستم C و B، ارتفاع فلکه بسته (ارتفاع متناظر آبدهی صفر) را جایی که مقدار انرژی مخصوص به بی نهایت میل می کند، مشخص می کند. مشاهده می شود که پتانسیل ذخیره انرژی در ارتفاع استاتیکی پایین، بسیار زیاد می باشد (منحنی A). در حالیکه منحنی C نشان می دهد که در موقعیت های با ارتفاع استاتیکی بالا، باید ملاحظاتی در نظر گرفته شود. هنگامی که سرعت به اندازه کافی برای کارکرد پمپ در نقطه فلکه بسته (ارتفاع قطع جریان) و یا نزدیک به آن پایین باشد، انرژی مخصوص همواره به بی نهایت میل می کند. در مورد A این اتفاق هنگامی که راندمان کنترل دور (درایو) و موتور بدون بار به صفر نزدیک شود، می افتد.

خط D نشان دهنده انرژی مخصوص در حالتی است که کنترل دبی، با روشن و خاموش کردن پمپها صورت می گیرد. در حالتی که نقاط کارکرد در زیر خط D قرار گرفته باشند، میزان کاهش مصرف انرژی، نسبت به کنترل دبی با روشن و خاموش کردن پمپها، مقدار قابل ملاحظه ای خواهد بود.



شکل ۴ : انرژی مخصوص برای ۳ منحنی سیستم



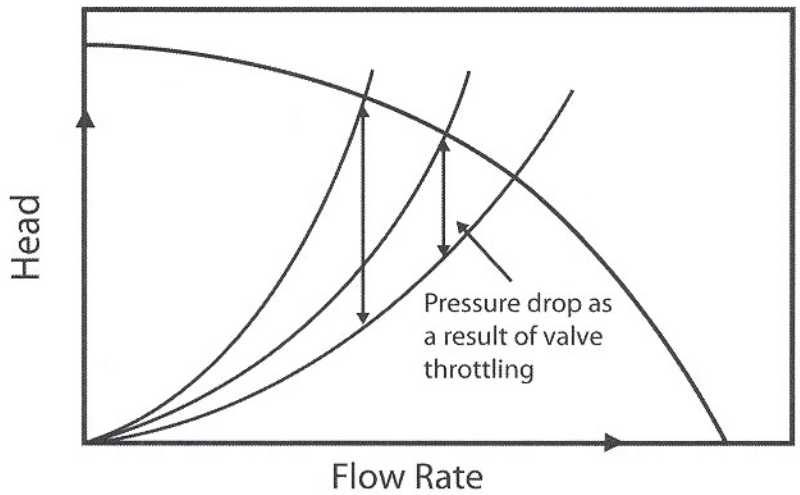
شکل ۵ : منحنی های سیستم برای شکل ۴

- تنظیم جریان با خفانش

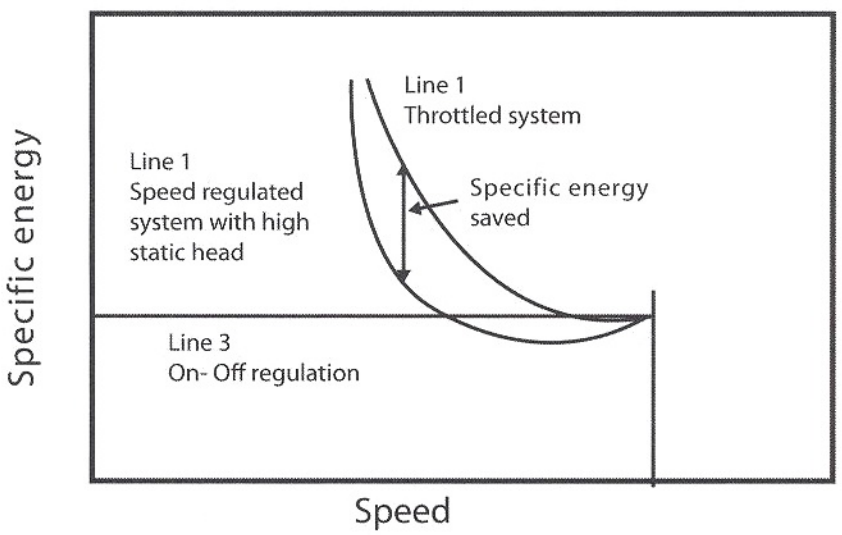
هنگامیکه دبی با استفاده از شیر کنترل آبدهی تنظیم می شود، منحنی سیستم تغییر یافته و نقطه کار در روی منحنی پمپ به سمت چپ حرکت می کند (شکل ۶). خطوط عمودی در شکل ۶ تلفات ناشی از خفانش در شیر را نشان می دهد. برای هر نقطه از کار، می توان انرژی مخصوص را با تقسیم انرژی ورودی برای موتور بر مقدار آبدهی محاسبه کرد. معمولا با کاهش دبی، Es با سرعت بالایی افزایش می یابد (مانند منحنی ۱ در شکل ۷).

در مقایسه با تنظیم دبی با خفانش (استفاده از شیر کنترل)، یک کنترل دور (درایو) همواره انرژی ذخیره می کند. خط ۳ در شکل۷ انرژی مخصوص را در حالتی که کنترل آبدهی با روشن و خاموش کردن پمپها انجام می شود، نشان می دهد.

در صورت استفاده از کنترل دور در یک سیستم پمپاژ به ویژه در مقادیر آبدهی کم، انرژی مخصوص معمولا بیشتر از مقدار آن در حالتی است که از روش روشن و خاموش کردن پمپها استفاده می شود؛ اما در مقایسه با یک سیستم خفانش، انرژی مخصوص کمتر بوده و به ذخیره انرژی قابل توجه تری می توان دست یافت.



شکل ۶ : تلفات شیرهای کنترل



شکل ۷ : منحنی های انرژی مخصوص

- کلکتور مشترک پمپ های موازی

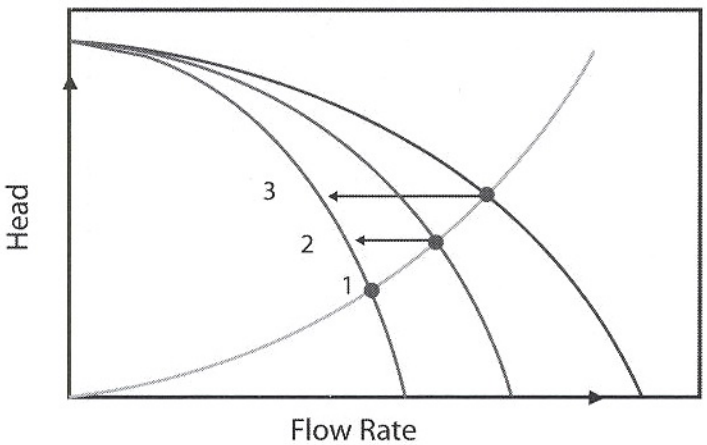
پمپ های موازی که با VSD[2] (درایو کنترل دور) کار می کنند و رانش سیال را در یک کلکتور مشترک انجام می دهند، صرف نظر از اینکه هد استاتیکی واقعی وجود دارد یا نه، رفتاری مشابه با حالتی دارند که پمپها تحت ارتفاع استاتیکی کار می کنند. اولین پمپی که سیال را در کلکتور می راند، فشار کلکتور را تعیین می کند. پمپ دوم و پمپ های بعدی که در یک خط قرار گرفته اند باید درون یک تونل تحت فشار پمپاژ کنند. پمپ های بیشتر، فشار بیشتری در کلکتور ایجاد کرده و شانس ذخیره انرژی با استفاده از محرک سرعت متغیر را محدود می کنند.

با بکار افتادن سه پمپ، هر پمپ در نقطه ۳ نشان داده شده در شکل ۸ کار می کنند. بنابراین پمپ چهارم باید حداقل این فشار را بدون تولید دبی ایجاد کند. این موقعیت همانند پمپاژ در مقابل یک ارتفاع استاتیکی می باشد.

توجه به این موارد در طرح های آب و فاضلاب که در آن ها تمایل به استفاده از کنترل دور برای پمپهای موازی در حال افزایش است، اهمیت می یابد. بهینه سازی سیستم سرعت متغیر امری ضروریست و پیشنهادات تخصصی تری در این مورد باید ارائه شوند. با این حال به عنوان یک

2-Variable Speed Drive

اصل عمومی، پمپ ها در حالت موازی باید در نقاط کاری مشابهی کار کنند. این نکته (در وضعیت استفاده از کنترل دور) معمولا به معنای کار کردن پمپ های مشابه در سرعت های مشابه می باشد. همچنین، کار کردن موازی یک پمپ سرعت ثابت با یک پمپ سرعت متغیر با اندازه های مشابه نیز رایج نمی باشد. مشکلی که می تواند رخ دهد و باید از آن اجتناب کرد، کارکرد پمپ در وضعیتی است که هیچگونه جریانی از آن عبور نکند.



شکل ۸ : عملکرد پمپ های موازی

- آگاهی از سیستم - اخطارها

برای درک سیستم پمپاژ، باید توجه داشت که اجزای سیستم به هم وابسته هستند. بنابراین بهینه سازی جزئی در سیستم (بدون در نظر گرفتن اثرات آن بر بخش های دیگر سیستم) می تواند فریبنده باشد.

هزینه واقعی پمپاژ را می توان از طریق اطلاعات شکل ۱ و فرمول ۸ که در آن Es باید برای تمامی سطوح جریان محاسبه شود، بدست آورد. در بیشتر موارد پمپ ها برای ایجاد بیشترین دبی و با در نظر گرفتن ضرایب اطمینان انتخاب می شوند. با توجه به نمودار مدت زمان مانند نمودار پیوسته شکل ۱، کوچکتر مساوی بودن دبی نرمال از ۵۰٪ دبی طرح ارائه شده، امری عادی تلقی می شود.

اگر نمودار سیستم، مقدار متوسطی از هد استاتیکی را نشان دهد و اندازه پمپ نسبت به نیاز سیستم پمپاژ بزرگتر باشد، مشکلات بروز می کنند. در چنین سیستم هایی استفاده از کنترل دور، در مقایسه با روش روشن و خاموش کردن پمپها، هزینه های به مراتب بیشتری خواهد داشت. همانطور که قبلا توضیح داده شد، این موضوع عموما به علت افت راندمان پمپ در مقادیر پایین آبدهی می باشد. این واقعیت که راندمان مجموعه کنترل دور (درایو) - موتور می تواند بطور قابل ملاحظه ای به علت کاهش بار، افت کند، موقعیت را بهتر نمی کند. بنابراین در چنین سیستم هایی از دیدگاه عملیاتی و اقتصادی، ناحیه مجاز تغییر دور موتور، محدود می باشد. با وجود این استفاده از شیر فلکه برای کنترل جریان همچنان راهی نادرست می باشد.

- نتایج وجود درایو سرعت متغیر در یک سیستم

در صورت استفاده از سیستمهای مجهز به درایو های دور متغیر، کنترل مطلوبی بر روی دبی اعمال می شود. عموما این نوع کنترل در مقایسه با شیرهای کنترل آبدهی در تمامی سیستم ها، هزینه عملیاتی را بطور قابل ملاحظه ای کاهش می دهند. اگر از کنترل دور (درایو) در سیستم های با ارتفاع استاتیکی بالا استفاده شود، جهت اجتناب از ایجاد مشکلات ناشی از کاهش راندمان و نیز عملکرد پمپ در آبدهی های بسیار کم که برای پمپ مضر است، باید مراقبت بیشتری به عمل آید. در سیستم های بدون ارتفاع استاتیکی یا با ارتفاع استاتیکی پایین، استفاده از VSDها در مقایسه با تمامی روش های کنترل جریان مطلوب تر بوده و باعث کاهش هزینه های عملیاتی خواهد شد.

مرجع:

Europump and hydraulic institute " variable Speed Pumping A Guide to successful application", ELSEVIER, 2004

بررسی فرآیند ریخته گری با فوم تبخیر شونده

مهندس حمید رضا لطفی
کارشناس تکنولوژی

قسمت اول

- چکیده

تعریف ریخته گری: ریخته گری یکی از روشهای ساخت قطعات است که در این فرآیند فلز را بصورتی مذاب به محفظه قالب که از جنس ماده نسوز و دیرذوب است و به شکل و فرم قطعه مورد نظر است وارد می کنند تا پس از انجماد، فلز مذاب در این قالب به شکل مطلوب درآید تا بعد از انجام عملیات تکمیلی همانند عملیات حرارتی، ماشین کاری و غیره علاوه بر ابعاد و اندازه و فرم مطلوب، واجد ویژگیهای مکانیکی و خواص فیزیکی مورد نیاز و قابل انتظار باشد. بحث فوق یکی از روشهای ریخته گری مدرن است که با نام صنعتی Lost foam در بین روشهای ریخته گری مطرح شده است. که یک روش ریخته گری دقیق با سرعت بالا و دقت زیاد و کار کمتر و ... می باشد. در این روش ابتدا مواد اولیه (که بصورت فومی می باشند) خریداری شده و به سایز مورد نظر می رسند. سپس در داخل قالب مجهزی که نسبت به قطعه مورد نظر طراحی شده است قرار می گیرند و عملیات ساخت مقاطع فومی انجام می شود سیستم قطعه فومی از داخل قالب بیرون می آید و مقاطع مورد نیاز دیگر توسط چسب داغ با گیرایی سریع به آن وصل می شوند و در آن سیستم راهگاهی که قبلاً تولید شده است توسط همین چسب به مدل اتصال می یابد. نکته قابل توجه این است که هیچ فرو رفتگی یا برجستگی خارج از محدوده طراحی نباید روی مدل وجود داشته باشد چون دقیقاً به قطعه تولیدی منتقل می شود. پس از آماده سازی خوشه (مدل و راهگاه) یک پوشش سیال که خاصیت نسوز دارد به روی مدل اضافه می شود و بعد از خشک شدن پوشش، قطعه به خط قالب گیری منتقل می شود. در خط قالب گیری ماسه از بالا با ویبره وارد قالب می شود که مدل فومی در آن قرار دارد و قالب در حال ویبره می باشد و بعد از پر شدن قالب، درجه به سمت محل ذوب ریزی حرکت می کند. در هنگام ذوب ریزی، مواد فومی تجزیه شده و جای خود را به فلز مذاب می دهند و بدین ترتیب قطعه مورد نظر پس از سرد شدن قالب تولید شده و به سمت عملیات تکمیلی حرکت می کند.

فصل اول

نگاهی گذرا به فرآیند

۱-۱- مقدمه فرآیند

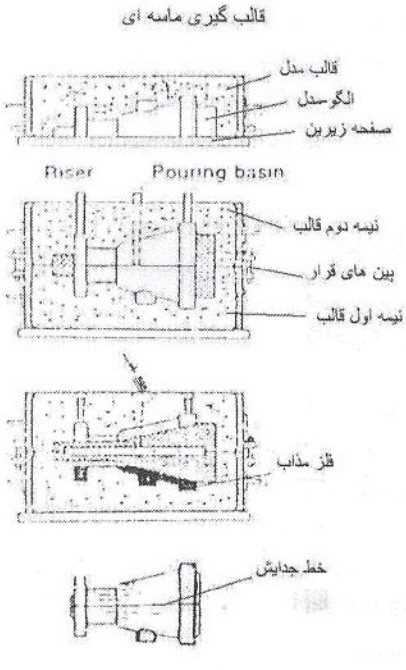
استفاده از مدلهای فومی از بین رونده[1] برای ساخت قطعات ریخته گری برای اولین بار توسط شرویر[2] در سال ۱۹۵۸ ابداع گردید. مدلها در ابتدا با ماشینکاری بلوکهای پلی استیرن منبسط شونده[3] تهیه شده و قالب گیری با ماسه چسب دار انجام می شد. این اختراع توسط کمپانی Grunzweig & Hartmann خریداری و پس از توسعه برای تولید صنعتی مورد استفاده قرار گرفت. پس از آن ایده استفاده از ماسه بدون چسب توسط اسمیت[4] در سال ۱۹۶۴ مطرح گردید.

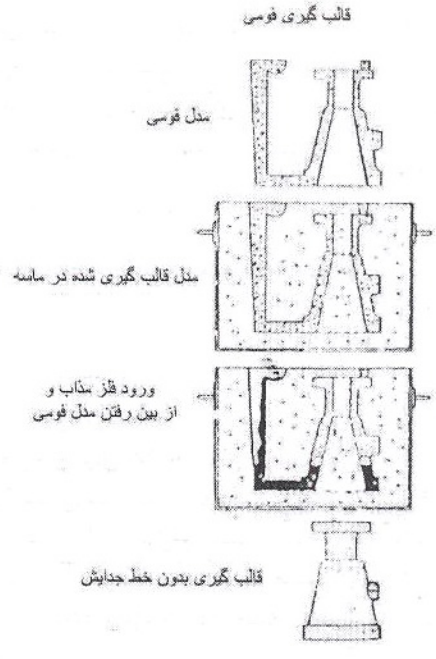
1-Expendable Foam Pattern
2-H.F.Shroyer
3-EPS: Expandable Polystyren
4-T.R.Smith

در ساده ترین صورت این فرآیند، مدلهای فومی پس از تهیه با یک دیرگداز پوشش داده می شوند.
سپس در داخل یک درجه قرار داده شده و درجه از ماسه بدون چسب پر شده و با ایجاد لرزش ماسه اطراف مدل متراکم می شود. پس از آن فلز مذاب بداخل قالب ریخته شده و جایگزین مدل فومی می گردد.
این روش ریخته گری و فرآیندهای مشابه با نام های مختلفی شناخته می شوند نظیر ریخته گری با مدل از بین رونده (EPS) ریخته گری با مدلهای تبخیر شونده، فرآینـد فوم حـذف شونده[5]، فرآیند قالب پر، فرآیند کستیرال، فرآیند پلی کست و فرآیند رپلیکست برای رفع ابهام بدلیل نامهای مختلف فرآیند، انجمن ریخته گران آمریکا نام ریخته گری با مدل از بین رونده (EPC) را بعنوان نام عمومی این فرآیند برگزید.

۱-۲- فرآیند ریخته گری

یکی از محدودیتهای طراحی یک قطعه به قابلیت فرآیند ریخته گری در تولید مربوط می شود. روشهای قالب گیری مرسوم محدودیتهائی را به بخش طراحی تحمیل می کند زیرا در اغلب روشها از مدلهای دائمی استفاده می شود که بایستی پیش از ریخته گری از قالب خارج شوند. در طراحی یک مدل دائمی باید به قابلیت خروج آن از قالب نیز توجه کرد. با استفاده از مدلهای فومی بسیاری از محدودیتهای موجود در طراحی برداشته می شود. بدلیل آنکه مدل فومی، پیش از بارریزی از قالب خارج نمی شود، مهندس طراح مدلهای EPC ، آزادی بیشتری در طراحی دارد.
اگرچه این فرآیند برای تمامی روشهای ریخته گری مناسب نیست، در مواردی





5-Lost Foam Process

که استفاده از مدل فومی مناسب باشد، کاهش هزینه ها بین ۲۰ تا ۶۰ در صد امکان پذیر است. این فرآیند برای انواع آلیاژهای آلومینیوم، برنج، برنز، چدن و فولاد قابل بکارگیری است. از مدلهای فومی معمولاً در قالبهای ماسه ای بدون چسب استفاده می شود و در هنگام بارریزی مذاب جایگزین فوم احاطه شده با ماسه می گردد. شرط موفقیت این فرآیند حذف کامل مدل فومی به هنگام مذاب ریزی است چرا که درغیر این صورت معایبی نظیر عیوب کربن در چدنها و یا سرد جوشی و تخلخل در آلیاژهای آلومینیوم بوجود خواهد آمد.

از مهمترین مزایای فرایند EPC حذف ماهیچه و خط جدایش، دقت ابعادی بیشتر و استفاده از ماسه بدون چسب است بدلیل آنکه ماسه بدون چسب می تواند براحتی به حفرات داخلی موجود در مدل فومی راه یابد، نیازی به استفاده از ماهیچه در فرآیند EPC نمی باشد. از آنجا که برای راهیابی ماسه به مسیرهای داخلی مدل فومی نیازی به کانالهای بزرگ نیست، تولید قطعات پیچیده نیز میسر است. بدلیل عدم نیاز به ماهیچه، بسیاری از مشکلات استفاده از ماهیچه نظیر ایجاد پلیسه، شکست ماهیچه، جابجائی ماهیچه، خارج کردن ماهیچه از کانالهای قطعه و تمیز کاری کانالها مرتفع خواهد شد. ایجاد سطح جدایش در قطعات ناشی از چند تکه بودن مدل است که در روش EPC دیده نمی شود. همچنین بدلیل عدم خروج مدل فومی از قالب، نیازی به در نظر گرفتن شیب (draft) برای مدل نمی باشد که این امر باعث بالا رفتن دقت ابعادی قطعه می شود.

خط جدایش خود ایجاد محدودیت می کند. مثلاً جهت قرارگیری مدل در قالب یا دیکته کردن محل قرارگیری راهگاهها و تغذیه که در روش EPC این محدودیتها برداشته می شود.

بستن نادرست قالب خود می تواند عامل ایجاد عیوب برای قطعه باشد (mold shift) جابجا شدن دو لنگه قالب نسبت به هم در حد ۰/۷۵ mm طبیعی است که این امر از دقت ابعادی قطعه می کاهد.

در روشهائی که از مدلهای دائمی استفاده می شود بدلیل سایش تدریجی مدلها و جعبه ماهیچه ها، از دقت ابعادی کاسته می گردد. همچنین بدلیل خوب جفت نشدن ماهیچه در قالب در محل فصل مشترک با قالب پلیسه ایجاد خواهد شد. با در نظر گرفتن تمامی موارد بالا دقت ابعادی حاصل از روش EPC نسبت به روشهای متداول ریخته گری بالاتر است. تلرانس مدلهای EPC در جدول ۱-۱ داده شده است.

جدول ۱-۱ تلرانس تخمین مدلهای EPS [۱]

تلرانس in	اندازه in
± ۰/۰۱۵۰	<۱
± ۰/۰۲۰	۳ تا ۱
± ۰/۰۲۵	۵ تا ۳
± ۰/۰۳۵	۷ تا ۵
± (in * ۰/۰۰۵)	۱۰ تا ۷
± (in * ۰/۰۰٤)	۱۰

۱-۳- مزایای فرآیند

استفاده از مدلهای فومی قابلیت انعطاف زیادی به بخش طراحی و مدلسازی می بخشد چرا که به خلاف مدلهای دائمی، نیازی به خارج ساختن مدل از قالب نمی باشد. سازگاری بیشتر با محیط زیست، عدم نیاز به قالب ماسه ای محتوی چسب، حذف ماهیچه و خطوط جدایش از مهمترین مزایای روش EPC محسوب می شوند. برخی از عملیات جانبی در روش معمول ریخته گری نظیر آماده سازی ماسه قالب گیری ، ماهیچه سازی، قراردادن ماهیچه در قالب، خارج کردن مدل، جفت کردن قالب، برش راهگاه بارریز و مرحله طولانی خروج قطعه از قالب، با استفاده از روش EPC حذف می گردد.

محلهای اتصال بین قالب و ماهیچه و دو نیمه قالب در روشهای معمولی ریخته گری جزو مناطقی هستند که احتمال تشکیل عیوب بیشتر است. در صورت نفوذ مذاب به این قسمتها در حین ریخته گری، پلیسه ایجاد می شود که لازم است با ماشین کاری حذف شود.

استفاده ازمدلهای از بین رونده از سایش تجهیزات کاسته، پلیسه را حذف کرده و با ایجاد مقطعی با اندازه یکنواخت کنترل ابعادی را بهبود می بخشد.

قطعه ریخته گی تقریباً کپی کاملی از مدل بوده و دقت بالای موجود در مدلهای فومی تماماً به قطعه ریخته گی منتقل می گردد.

اگر ماسه بدون چسب بتواند بخوبی بداخل کانالهای مدل فومی راه یابد و محصولات گازی و مایع حاصل از تجزیه فوم فرصت و امکان خروج داشته باشند، نیاز به ماهیچه کاملاً مرتفع می گردد. ماهیچه ها و چپلت استقرار می یابند و ممکن است در حین ریخته گری جابجا شوند. این جابجائی باعث عدم دقت در کانالهای داخلی شده و تغییرات ضخامت دیواره را نیز به همراه دارد.

عدم نیاز فرآیند EPC به ماهیچه امکان تولید قطعاتی دارای کانالهای پیچیده را فراهم می کند.

دیواره های قطعه ممکن است انحنا دار بوده و ضخامت متغیری داشته باشند. با روش EPC می توان پمپهائی با سطوح داخلی بسیار صافی تولید کرد به گونه ای که میزان آبدهی پمپ تا ۱۲٪ افزایش می یابد. همچنین با کاهش ۲۵٪ از وزن پمپ ، از هزینه تولید کاسته می گردد. عدم نیاز به ماهیچه نیاز به ساخت قالبهای ماهیچه را مرتفع می سازد. مراحل آماده سازی ماسه ماهیچه، پخت، جاگذاری و خارج کردن آن پس از ریخته گری از قطعه، تماماً حذف می شوند. شکست ماهیچه، عیوب ناشی از ماهیچه نظیر تخلخل و یا جایگذاری نامناسب مرتفع می گردد.

حذف ریشه ماهیچه، چپلت و پلیسه باعث کاهش مقدار تمیز کاری می شود بطوریکه هزینه های مربوط به تمیزکاری می تواند تا ۸۰٪ کاهش یابد.

بهبود دقت ابعادی در فرآیند EPC باعث می شود تا برخی از عملیات ماشین کاری حذف گردد. دقت ابعادی گزارش شده برای فرآیند EPC بهتر از روش ریخته گری در ماسه تر یا قالب ماسه ای با چسب شیمیایی بوده و نزدیک به روش ریخته گری دقیق می باشد. برای مثال سوراخ هائی که معمولاً با عملیات سوراخکاری ایجاد می شوند و دارای قطری بیشتر از ۶mm هستند را می توان در مرحله ریخته گی با فرآیند EPC ایجاد کرد. ثبات در ابعاد سوراخ ها کاملا رضایت بخش بوده و معمولا اختلاف در حدود ۰/۲٪ است.

مزایای روش EPC که در منابع مختلف ارائه شده است را می توان در موارد زیر خلاصه کرد.

۱) پائین بودن هزینه های عملکرد فرآیند
۲) پائین بودن سرمایه گذاری برای تجهیزات فرآیند
۳) بهبود کیفیت و بهره وری
۴) محیط کارگاهی تمیزتر وکم سر و صداتر
۵) مدل ارزان قیمت
۶) عدم نیاز به ذخیره مدل
۷) نیاز به تغذیه کمتر
۸) زمان تمیزکاری کمتر
۹) نیاز کمتر به نیروی انسانی ماهر و متخصص
۱۰) فضای کمتر برای قالب گیری

۱۱) عدم بروز معایبی نظیر زخمه (Scab) و کیس (buckle)
۱۲) حذف آخالهای غیرفلزی و ترک گرم در فولاد
۱۳) عدم نیاز به ماهیچه
۱۴) تلرانس کمتر در قطعه و امکان تولید قطعات با ضخامت کم
۱۵) عدم نیاز به چسب قالب و سایر افزودنی ها به ماسه قالب
۱۶) ماسه دوباره قابل استفاده است
۱۷) تمیزکاری حداقل است زیرا خطوط جدایش یا پلیسه های ناشی از ماهیچه وجود ندارد
۱۸) بهبود کنترل ابعادی
۱۹) سهولت انتقال ماسه
۲۰) عدم وجود خطوط جدایش و بیرون زدن مذاب از سطح جدایش، عدم ناجفتی و پلیسه
۲۱) خارج کردن قطعه از قالب راحت است
۲۲) عمر بیشتر تجهیزات
۲۳) قابلیت انعطاف فرآیند بخصوص در طراحی مدل و سیستم راهگاهی
۲۴) قابلیت اتوماتیک شدن عملیات
۲۵) هزینه کمتر انرژی و مواد
۲۶) ضایعات کمتر
۲۷) کاهش تعداد متغیرهای فرآیند

برای آنکه روش EPC برای ساخت قطعه ای انتخاب شود لازم است که قطعه حائز شرایطی باشد که خلاصه ای از آنها عبارت است از:
۱) حجم تولید بالا باشد (بیشتر از ۱۰/۰۰۰ عدد در سال)
۲) قطعات دارای شکل پیچیده باشند (نیاز به دو یا چند ماهیچه باشد)
۳) قطعات دارای حفره ها و کانالهای داخلی باشند (نیازمند ماهیچه های ظریف و شکننده باشند)
۴) قطعات نیازمند ماشین کاری باشند.
۵) قطعه کامل از چند جز تشکیل شده باشد.

۱-۴- معایب روش EPC

زمان صرف شده از مرحله طراحی تا تولید طولانی بوده و هزینه های مربوط به ساخت قالب تولید مدل فومی بالاست. برای ساخت قالبهای کوچک می توان از ریخته گری استفاده کرد ولی وقتی قالب ساخته شد هرگونه تغییر در آن مستلزم هزینه بوده و با دشواری انجام می گردد. راهگاهها در مقایسه با فرآیندهای مرسوم بزرگتر بوده و از اینرو جداسازی آنها نیاز به کار بیشتری دارد. سیستم راهگاهی بزرگ برای غلبه بر اثر سردکنندگی محصولات تجزیه (گرماگیر بودن واکنش ها) ضروری است این امر در برخی موارد موجب کاهش راندمان می گردد. مهمترین عیوب برای قطعات آلومینیومی سردجوشی و برای چدن خاکستری و نشکن عیوب کربن[۶] است. این مشکلات عمدتاً بر اثر باقی ماندن مواد حاصل از تجزیه مدل در آلیاژ تشدید می شوند. نفوذ مذاب بداخل ماسه نیز مشکل اساسی در قطعات آهنی می باشد.
نفوذ اغلب بدلیل عدم فشرده سازی کافی بوجود می آید.

از مهمترین معایب روش EPC می توان به موارد زیر اشاره کرد:
۱) مدلهای فومی مستعد پیچش و اعوجاج بوده و اعوجاج آنها براحتی به قطعه منتقل می گردد.
۲) کیفیت سطحی قطعه ممکن است خیلی خوب نبوده و بستگی تام به کیفیت سطحی فوم دارد.
۳) میزان نفوذ مذاب قدری بیشتر است.
۴) سرد شدن قطعات بیشتر بطول می انجامد.
۵) هزینه ساخت مدل بالاست.

6-Carbon defects

۶) مدلها آسیب پذیرند.
۷) در حداقل سطح مقطع قابل دسترسی محدودیت وجود دارد
۸) مدلها دستخوش انقباض می گردند (میزان انقباض قابل پیش بینی است).
۹) در فولادهای کم کربن، افزایش کربن[۷] رخ می دهد.

مزایای مترتب بر فرآیند EPC بیش از معایب آن بوده و در صورتیکه شناخت فرآیند تکمیل گردد قطعات خیلی بیشتری را می توان با این روش تولید کرد.

فصل دوم

مراحل فرایند EPC

۲-۱- طراحی قطعه

اولین مرحله فرآیند EPC طراحی قطعه است. برای سود جستن از مزایای فرآیند نظیر تبدیل یک قطعه چند پارچه به یک قطعه واحد و یا ایجاد سوراخها در همان مرحله ریخته گری لازم است به طراحی قطعه دقت کافی مبذول گردد. قیمت تمام شده قطعه پس از ریخته گری از فرآیند EPC ممکن است بیش از روشهای معمول باشد لیکن قیمت نهائی پس از احتساب مراحل تمیزکاری و ماشین کاری معمولاً به میزان قابل توجهی کمتر است.

۲-۲- طراحی و ساخت قالب تولید فوم

پس از طراحی قطعه لازم است تا تجهیزات (قالب و بیرون انداز، نازل های پر کن مواد، محفظه های خنک کننده و ....) ساخت مقاطع فومی لازم برای مدل که می تواند یک پارچه و یا چند تکه باشد طراحی گردد. طراحی این تجهیزات از آنجا حائز اهمیت است که تعیین کننده ابعاد اولیه فوم بوده و بر کیفیت مدل موثر است. همچنین بر زمان سیکل تولید، اندازه سطوح و ذوب سطحی دانه ها در داخل مقاطع تاثیرگذار است. طراحی تجهیزات می تواند خیلی ساده بوده و یا لازم به تعبیه کشوئی[۸] برای ایجاد شیب معکوس[۹] و سوراخ در فوم باشد.

7-Carbon pick – up
8-pull back
9-undercut

۲-۳- ساخت مقاطع فومی

برای ساخت قطعات در تعداد کم می توان از بلوک های فومی برای ساخت مدل استفاده کرد. اتصال نیز می تواند با کمک چسب و بصورت دستی انجام شود. البته قطعات تولید شده به این روش کیفیت سطحی پائین تری داشته و از دقت ابعادی کمتری برخوردار هستند. در مواردی که اتصال دستی انجام می شود معمولاً بدلیل مصرف بیشتر چسب، عیوبی در قطعه بوجود می آید.
ماده سازنده فوم که در حال حاضر بیشترین استفاده را دارد EPS بوده که محتوی ٪۷-۵ پنتان بعنوان عامل انبساط می باشد.
یک روش برای پایداری ابعادی مدل پیرسازی مصنوعی (artificial aging) است که در داخل کوره انجام می شود. پیرسازی معمولاً در درجه 60-70°C و به مدت 2-18hr انجام می شود.
اما متاسفانه پیرسازی در محدوده بالای درجه حرارت (۷۰ درجه سانتیگراد) از دقت ابعادی می کاهد.
برای استفاده از مزایای انجام پیرسازی بایستی رفتار انقباضی مدلهای فومی به خوبی شناخته شود.

۲-۴- سرهم کردن مقاطع فومی

پس از پیرسازی مقاطع فومی، مدل آماده سرهم شدن است. این عمل معمولاً توسط چسب داغ و به کمک ماشین به طور اتوماتیک انجام میشود. اتصال چسب باید استحکام لازم برای نگهداری اجزاء مدل در کنار هم را داشته باشد، لازم است سرعت گیرائی چسب بالا باشد تا زمان به حداقل برسد همچنین بایستی محل اتصال آب بندی شود تا مانع از نفوذ ماده پوشان به محل اتصال شده و بالاخره چسب حداقل جرم ممکن را داشته باشد تا باعث تشکیل عیوب نگردد. راهگاه بارریز با برش بلوکهای فومی و یا با قالب گیری تهیه می گردد. با اتصال سیستم راهگاهی مدل (و یا خوشه) کامل می شود.

۲-۵- پوشش دادن

خوشه معمولاً با یک سرامیک پوشش داده میشود. برخی از قطعات آلومینیومی را می توان با مدلهای بدون پوشش تولید کرد اما پوشش دادن برای آلیاژهای آهنی الزامی است. در مواردی که پوشش الزامی نیست باز هم استفاده از پوشش به دلیل ممانعت از نفوذ مذاب و شسته شدن ماسه توسط جریان مذاب سودمند است. پوشش همچنین مانع از فرو افتادن ماسه به فضای بین جبهه مذاب و فوم در حال تجزیه می گردد.
در برخی موارد، پوشش از اغتشاش مذاب در حین پر کردن کاسته و باعث می شود تا عیوب حاصل از حبس پلی استیرن مایع به

وجود نیاید. بعلاوه پوشش باعث استواری مدل گشته که از اعوجاج آن به هنگام فشرده سازی ماسه جلوگیری می کند.
پوشش معمولاً دوغابی متشکل از یک دیرگداز و چسب در یک حامل مثل آب میباشد. پوشش دادن به روشهای مختلف نظیر غوطه وری، پاشش یا ریختن جریانی از دوغاب بر روی مدل انجام می شود.
پس از پوشش دادن لازم است پوشش خشک شود. باید دقت شود که پوشش ضخامتی یکنواخت داشته باشد زیرا مقدار ضخامت بر عملکرد پوشش و نفوذپذیری آن موثر است.
می توان پوشش را در اطاقی با رطوبت کم خشک کرد لیکن بهترین روش خشک کردن، عبور دادن مدلها از میان کوره ای با جریان هوای گرم است. خشک کردن در درجه حرارت ۵۰-۴۰ درجه سانتیگراد در حدود ۲ الی ۱۰ ساعت به طول می انجامد.

۲-۶- پر کردن و فشرده سازی

یک روش برای کنترل پوشش اندازه گیری وزن پوشش خشک نشسته بر روی مدل می باشد.
خوشه پوشش داده شده و خشک شده در درجه قرار گرفته و درجه از ماسه پر می شود. قرار دادن خوشه، پر کردن درجه با ماسه و فشرده سازی ماسه بایستی به گونه ای انجام شود که ماسه تمامی محفظه های داخلی و کانالهای روی مدل را پر کرده و در اطراف خوشه به خوبی فشرده شود تا تکیه گاه مناسبی برای مدل باشد.
سیکل پر کردن ماسه و فشرده سازی برای هر خوشه با توجه به شرایط تنظیم می شود. ماسه به صورت باران از بالا پس از عبور از یک شبکه و یا از طریق لوله-هایی که در اطراف مدل قرار می گیرند وارد درجه میشود. سرعت پر کردن و توزیع ماسه در درجه بر تغییر فرم مدل بسیار موثر است.
فشرده سازی معمولاً با استفاده از میز لرزان انجام می شود. درجه روی وضعیت دهنده ها قرار گرفته و یا با گیره هایی به میز متصل می شود. درجه های بدون گیره در حال حاضر استفاده وسیعی داشته و استاندارد شده اند هر چند در مورد عملکرد آنها در مقایسه با انواعی که به میز قفل می شوند بحث های فراوانی وجود دارد.

۲-۷- بارریزی

فشرده سازی معمولاً در حین پر کردن آغاز می شود تا به جریان یافتن ماسه به داخل کانالهای روی خوشه کمک کند.
پس از فشرده و متراکم ساختن ماسه، قالب آماده بارریزی است. عملیات بارریزی برای فرآیند EPC نسبت به روشهای مرسوم ریخته گری از حساسیت بیشتری برخورداری است. بارریزی اتوماتیک به دلیل کاستن از اختلاف شرایط بین بارریزی های مختلف بیشتر مورد توجه است. حوضچه بارریز بایستی در حین بارریزی پر نگه داشته شود. اگر بارریزی برای لحظه ای قطع شود ممکن است ماسه در حد فاصل جبهه مذاب و مدل فومی در حال تجزیه فرو ریزد. سرعت بارریزی بایستی به اندازه کافی سریع باشد

,Europnmp and hydraulic institute

تا مانع از فرو ریختن شود و از طرف دیگر به اندازه ای باشد که فرصت خروج محصولات تجزیه از محفظه قالب فراهم شود. سیستم راهگاهی، خواص پوشش، مشخصات ماسه و

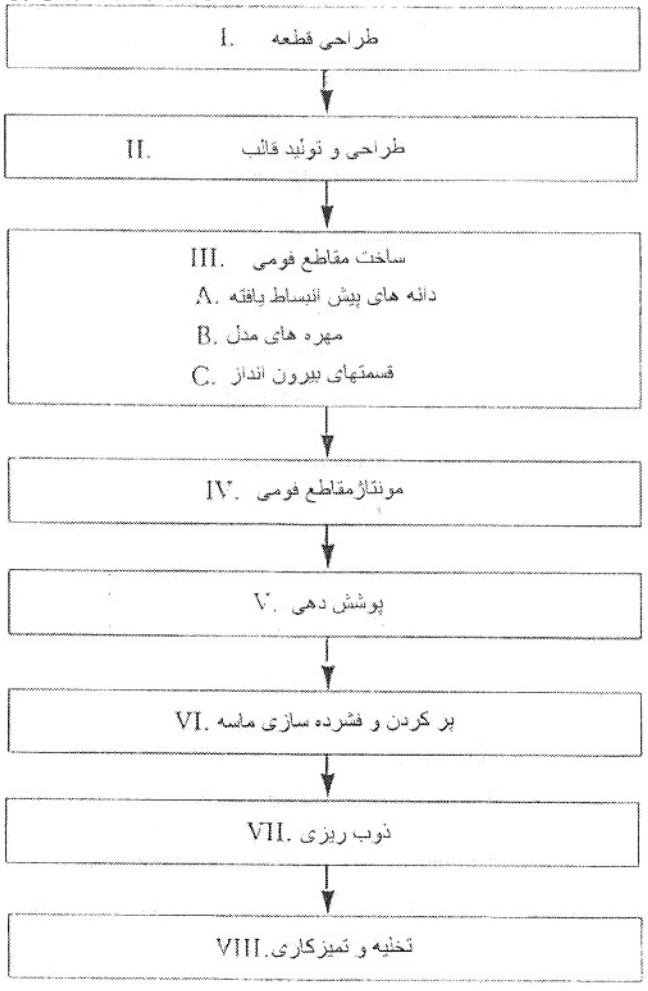
۲-۸- تخلیه و تمیزکاری

عملیات بارریزی بایستی به گونه ای باشند تا محصولات گازی و مایع حاصل از تجزیه فوم پیش از انجماد بتوانند خارج شوند.

پس از بارریزی، خوشه ریخته گی انجماد یافته و پیش از خروج از درجه سرد می شود. خروج قطعات تهیه شده به روش EPC از درجه به سادگی انجام می شود زیرا از ماسه بدون چسب استفاده می شود. ماسه پس از سرد شدن می تواند با اندکی آماده سازی و یا حتی بدون آن دوباره مورد استفاده قرار گیرد.

تمیزکاری قطعات نیز بسیار ساده تر از روشهایی است که از ماسه چسب دار استفاده می شود. همچنین به دلیل عدم خطوط جدایش و پلیسه عملیات ماشین کاری تا رسیدن به قطعه نهایی کمتر است. در برخی مواقع عملیات تمیزکاری تنها به اعمال یک فشار هوا روی قطعات خلاصه می شود. ماسه داخل کانالها که در سایر روشها به سختی خارج می شود در روش EPC با سهولت تخلیه می گردد.

حذف محصولات تجزیه از محفظه قالب در حین بارریزی ضروری است. محصولات گازی و مایع حاصل از تجزیه مدل بایستی با عبور از پوشش وارد ماسه اطراف شوند. عدم موفقیت در حذف کامل محصولات تجزیه باعث تشکیل عیوب کربن در چدنها، چین پوستی در



شکل ۲-۱ ترتیب عملیات فرآیندEPC

شرکت صنایع پمپیران
«سهامی خاص»

فرم تقاضای خرید کتاب

اینجانب ..... جهت دریافت کتابهای مشروحه ذیل طی فیش نقدی/ حواله بانکی شماره ..... مبلغ ..... ریال را به حساب جام ۶۹۰۵۹۲۶/۰۵ بانک ملت شعبه تبریز (کد ۱۳۴۲/۵) در وجه شرکت پمپیران واریز نموده ام و ضمن ارسال اصل فیش تقاضای دریافت ..... نسخه کتاب پمپهای گریز از مرکز و پمپاژ و ..... نسخه کتاب «ضربت قوچی آب» را دارم.

خواهشمندم این کتابها را به نشانی: استان .....

شهر .....

کد پستی ..... ارسال فرمائید.

- پمپهای گریز از مرکز: ۱۲۰۰۰ ریال
- ضربت قوچی آب: ۱۲۰۰۰ ریال
- هزینه پست سفارشی: ۴۰۰۰ ریال جمع قیمت: ..... ریال

تاریخ امضاء

آدرس نشریه: تبریز، قراملک، صندوق پستی ۱۳۵- ۵۱۸۴۵، کد پستی ۵۱۹۳۶۱۳۱۱۱

شرکت صنایع پمپیران، امور مهندسی، واحد نشریه پمپ، فاکس مهندسی: ۲۸۸۸۳۵۳

فرم اشتراک نشریه پمپ

شماره اشتراک

.....

توجه:

ـ بهاء هر جلد نشریه پمپ ۱۲۰۰۰ ریال می باشد.

ـ آیا مایل به اشتراک هستید؟

☐ بلی ☐ خیر

ـ هزینه اشتراک (برای ٤ شماره بعدی) ٤٨٠٠٠ ریال می باشد.

ـ جهت تمدید ارسال نشریه حتما شماره اشتراک خود را (که قبلا از طرف نشریه اعلام شده) ذکر نمائید.

- **مشخصات مشترک:**

☐ فردی ☐ سازمان/ اداره ☐ جدید ☐ تمدیدی

سازمان/ اداره ..... بخش/ قسمت .....

نام ..... نام خانوادگی ..... شغل .....

- **نشانی دقیق پستی:**

استان ..... شهر .....

کد پستی ..... صندوق پستی .....

تلفن ..... نمابر .....

اینجانب جهت دریافت نشریه پمپ طی فیش نقدی/ حواله بانکی شماره ..... مبلغ ..... ریال را به حساب جام ۶۹۰۵۹۲۶/۰۵ بانک ملت شعبه تبریز (کد ۱۳۴۲/۵) در وجه شرکت پمپیران واریز نمودم و ضمن ارسال اصل فیش مایل به دریافت

☐ شماره های قبلی (لطفا مشخص نمایید).....

☐ یک جلد ویژه نامه

☐ ٤ شماره بعدی، جمعا به تعداد ..... جلد می باشم.

تاریخ امضاء

- آدرس نشریه:

تبریز، قراملک، صندوق پستی ۱۳۵- ۵۱۸۴۵، کد پستی ۵۱۹۳۶۱۳۱۱۱

شرکت صنایع پمپیران، امور مهندسی، واحد نشریه پمپ، فاکس مهندسی: ۲۸۸۸۳۵۳

PUMPIRAN

دفتر مرکزی : تهران ، خیابان ولیعصر ، نبش میرداماد

برج دوم اسکان ، طبقه اول تلفن : ۱۴-۸۸۶۵۴۸۱-۰۲۱

فاکس : ۸۸۷۹۸۹۴۲-۰۲۱

کارخانه : تبریز ، صندوق پستی ۱۳۵-۵۱۸۴۵

تلفن : ۹-۲۸۹۰۶۴۴-۰۴۱۱ فاکس : ۲۸۹۸۴۴۶-۰۴۱۱