



نشریه فنی آموزشی شرکت

صنایع پمپیران

پاییز و زمستان ۱۳۹۶ ■ شماره ۵۳ ■ سال ۳۳

**PUMPIRAN**



[WWW.PUMPIRAN.COM](http://WWW.PUMPIRAN.COM)



[www.pumpiran.com](http://www.pumpiran.com)  
[info@pumpiran.com](mailto:info@pumpiran.com)



● نشریه فنی آموزشی شرکت صنایع پمپیران

● پاییز و زمستان ۱۳۹۶ ■ شماره ۵۳ ■ سال ۳۳

● صاحب امتیاز: شرکت صنایع پمپیران (سهامی خاص)

● مدیر مسئول: دکتر میر بیوک احقاقی

● سردبیر: مهندس سید بهزاد مبین

● هیئت تحریریه: گروه مهندسين شرکت صنایع پمپیران

● مدیر اجرایی: مهندس مهدی نجداآبابایی

● مدیر هنری: سعید ربیعی

● مسئول اشتراک و توزیع: اکبر پورعباد

● تبریز، جنب قراملک، شرکت صنایع پمپیران ص.پ.۱۳۵-۵۱۸۴۵

● تلفن: ۸-۳۲۸۹۰۶۴۴-۳۲۸۹۰۴۱ فاکس: ۴۱-۳۲۸۹۸۴۴۶

● تهران: خیابان ولی عصر، نبش میرداماد، برج دوم اسکان

● تلفن: ۱۴-۸۸۶۵۴۸۱۰-۰۲۱ فاکس: ۲۱-۸۸۷۹۸۹۴۲

پست الکترونیکی نشریه: E-mail: [pump@magiran.co](mailto:pump@magiran.co)

وب سایت: [www.magiran.com/pump](http://www.magiran.com/pump)

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

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

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

■ نشریه پمپ به همکاری و همیاری شمارج 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 در ارائه هرچه بهتر مطالب و بالا بردن کیفیت نشریه یاری نمایید.

با تشکر

سردبیر

#### شرایط درج مقالات:

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

۲- 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.

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

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

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

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

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

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

۹- مقالات ارسالی باید قبلاً در هیچ یک از نشریات داخلی چاپ نشده باشند.

۱۰- مقالات ارسالی برگشت داده نخواهد شد.

ضمناً 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.





پیش‌بینی عملکرد یک پمپ گریز از مرکز به عنوان  
توربین با استفاده از اصل انطباق محفظه-روتور  
مهندس بهروز جلیل پور

۶



چرا باید نقطه بهترین بازدهی بین  
نقطه نرمال و اسمی قرار گیرد ؟  
مهندس سیدمجید طالبی

۲۲



همراستا سازی لیزری محور  
مهندس وحید دین‌پژوه

۲۹



ریخته گری، بازرسی، جوشکاری و ترمیم قطعات  
پمپ بر اساس الزامات استاندارد API 610  
مهندس یونس بوداق

۴۴

# پیش‌بینی عملکرد یک پمپ گریز از مرکز به عنوان توربین با استفاده از اصل انطباق محفظه-روتور

◀ مهندس بهروز جلیل پور  
رئیس آزمایشگاه



## ■ چکیده:

مطالعات زیادی درباره پیش‌بینی عوامل تبدیل گذر جریان و هد ( $q$  و  $h$ ) در بهترین نقطه کارایی (BEP) بین وضعیت پمپ و توربین گزارش شده است، اما همبستگی‌های نظری و تجربی معمولاً تنها در محدوده مشخصی از سرعت‌های ویژه برای پمپ‌ها معتبر است. در این مقاله، یک رویکرد نظری ابتکاری برای پیش‌بینی گذر جریان و هد در BEP برای هر دو وضعیت حالت پمپ و توربین مطابق با اصل انطباق مشخصه بین روتور و محفظه معرفی شده است. یک فرمول تئوری برای ویژگی روتور در وضعیت توربین بر اساس معادله اوایلر از ماشین‌های دوار و روابط سرعت در ورودی و خروجی روتور بدست آمده است. بدین منظور، فرمول‌هایی برای پیش‌بینی گذر جریان و هد در BEP در هر دو وضعیت پمپ و توربین بدست آمده‌اند. روش پیشنهادی عموماً مؤثر و عملی است و مربوط به پارامترهای هندسی اصلی روتور و محفظه بدون محدودیت داده‌های عملکرد و محدوده آماری / تجربی در حالت پمپ می‌باشد. روش پیشنهادی با استفاده از نتایج تجربی سه نوع پمپ در هر دو وضعیت پمپ و توربین تأیید شده است و نتایج دقیق‌تری از  $q$  و  $h$  را نسبت به چندین روش قابل پیش‌بینی اصلی ارائه می‌دهد.

## کلمات کلیدی:

پمپ به‌عنوان توربین؛ پیش‌بینی عملکرد؛ نظریه انطباق؛ ضریب تبدیل



پس

سال ۳۳

پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۶

## ۱. مقدمه

PAT، به عنوان پمپی که در حالت معکوس با سیال فشار بالایی کار می کند که در حال ورود به پمپ و روتور محرک در حین کار است، وسیله مناسبی برای بازیابی انرژی موجود است و به طور گسترده ای در کاربردهای صنعتی و کشاورزی مانند آمونیاک مصنوعی، هیدروکربوری، سیستم گردش آب شهری و نیروگاه های برق آبی کوچک در مناطق روستایی استفاده می شود. مطالعه برای پیش بینی عملکرد PAT، ارزش های نظری و مهندسی قابل توجهی دارد.

تعداد زیادی از مطالعات نظری، تجربی و عددی برای پیش بینی عملکرد PAT انجام شده است. برای ضرایب تبدیل هد و گذر جریان ( $h$  و  $q$ ) در بهترین نقطه راندمان (BEP)، که مهم ترین مسئله برای انتخاب پمپ مناسب به منظور استفاده در وضعیت توربین است، بسیاری از محققان مدل های نظری نیمه تجربی مختلفی از  $h$  و  $q$  را به عنوان توابعی از راندمان حالت پمپ یا حالت توربین توسعه داده اند. از سوی دیگر، با استفاده از داده های عملکرد در آزمون های انفرادی، برخی از محققان  $q$ ،  $h$  را برحسب راندمان پمپ، برحسب سرعت های ویژه و یا برحسب سرعت ویژه و قطر ویژه از پمپ به هم مرتبط ساخته اند. برخی از معادلات اصلی برای  $h$  و  $q$  حاصل از پژوهشگران مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است.

علاوه بر این، مطالعاتی به منظور تخمین منحنی های مشخصه کلی PAT ها در شرایط غیر طراحی گسترش یافته است. برخی از مدل های نظری برای تجزیه و تحلیل تلفات هیدرولیکی و پیش بینی ظرفیت کل هد و منحنی های ظرفیت راندمان توربین بر اساس هندسه و داده های عملکرد یک پمپ یا طراحی مجازی یک پمپ پیشنهاد شده اند. به تازگی برخی از محققان از تکنیک های CFD سه بعدی برای پیش بینی منحنی های عملکرد پمپ در حالت توربین استفاده کرده اند. اطلاعات مفصل تر در مورد میدان جریان داخلی، نشتی و تلفات هیدرولیکی را می توان با استفاده از این روش به دست آورد.

با این حال، به عنوان روشی برای انتخاب اولیه پمپ ها که به عنوان توربین در مرحله اولیه پروژه مورد استفاده قرار می گیرند، برآورد راحت و دقیق ویژگی های وضعیت توربین پمپ بدون محدودیت محدوده آماری/تجربی، داده های عملکرد یا هندسه دقیق سه بعدی در وضعیت پمپ حائز اهمیت است. بنابراین هدف این مقاله پیشنهاد یک رویکرد مناسب و جامع برای پیش بینی هد و جریان در BEP در هر دو حالت پمپ و توربین بر اساس اصل انطباق مشخصه بین روتور و محفظه در یک پمپ گریز از مرکز می باشد.



جدول ۱- مدل های عمده برای محاسبه  $h$  و  $q$

| Model          | $q$                                       | $h$                                       |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Stepanoff      | $\eta^{-1/2}$                             | $\eta^{-1}$                               |
| Childs         | $\eta^{-1}$                               | $\eta^{-1}$                               |
| Sharma         | $\eta^{-0.8}$                             | $\eta^{-1.2}$                             |
| Yang           | $1.2\eta^{-0.55}$                         | $1.2\eta^{-1.1}$                          |
| Alatorre-Frenk | $(0.85\eta^5 + 0.385)/(2\eta^5 + 0.205)$  | $1/(0.85\eta^5 + 0.385)$                  |
| Schmiedl       | $-1.4 + 2.5\eta_h^{-1}$                   | $-1.5 + 2.4\eta_h^{-2}$                   |
| Nautiyal       | $30.303[(\eta - 0.212)/\ln(N_s)] - 3.424$ | $41.667[(\eta - 0.212)/\ln(N_s)] - 5.042$ |

که  $\eta$  و  $\eta_h$  به ترتیب راندمان کلی و راندمان هیدرولیک در حالت پمپ هستند.  $N_s$  سرعت ویژه پمپ است که در مرجع تعریف شده است.

## ۲- نظریه و فرمولاسیون

### ۲-۱ انطباق پروانه و محفظه در حالت پمپ

عملکرد هیدرولیکی پمپ به وسیله میدان جریان داخلی تعیین می شود، که رابطه تنگاتنگی با پارامترهای هندسی قطعات پمپ دارد. در میان قطعات پمپ، پروانه و محفظه نقش کلیدی در عملکرد هیدرولیکی بازی می کنند و نقطه ی انطباق در ویژگی های آن ها می تواند به عنوان BEP پمپ عمل می کند. بنابراین موضوع انطباق ویژگی های هر دو بخش برای حالت پمپ و حالت توربین تأکیدی بر این بررسی است.

شکل ۱ پارامترهای هندسی اصلی پروانه و محفظه را در یک پمپ گریز از مرکز نمایش می دهد که در آن  $Z, D, b, \delta, \beta, \lambda$  و  $F$  بیان گرتعداد پره های پروانه ای، قطر پروانه، عرض گذرگاه در صفحه نصف النهاری، ضخامت پره، زاویه پره پروانه در جهت محیطی، زاویه خط جریان در جهت افقی در صفحه نصف النهاری و یک هشتم سطح مقطع عرضی، به ترتیب می باشند. زیر نویس های ۱ و ۲ نشان دهنده ورودی در لبه برجسته (جلویی) پره و خروجی در لبه عقبی پره پروانه پمپ است.

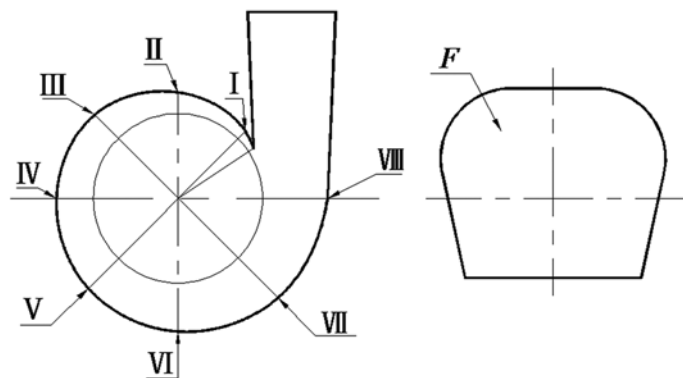
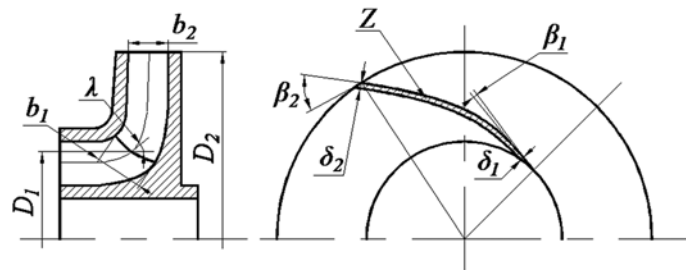


پیش

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۸



شکل (۱) پارامترهای هندسی اصلی در یک پمپ

با توجه به معادله اوایلر، هد دبی بعد برای یک پروانه با تعداد محدودی از پره ها به صورت زیر بیان می شود:

$$\psi = \sigma_2 - \frac{\varphi}{\tan \beta_2} \quad (1)$$

ویژگی بی بعد محفظه به صورت زیر نوشته می شود:

(2)

$$\psi = \frac{2\eta_v \pi b_2 \xi_2}{\sqrt{F} \ln(1 + 2\sqrt{F}/D_2)} \varphi$$

که  $\psi$ ,  $\varphi$ ,  $\eta_v$  و  $\sigma$  به ترتیب نشان دهنده ضریب هد، ضریب جریان، راندمان حجمی پمپ، ضریب لغزش و ضریب انسداد پره ها می باشد. ضریب هد و ضریب جریان به صورت

زیر تعریف می شود:

$$\psi = \frac{H_t}{u_2^2/g}, \varphi = \frac{v_{m2}}{u_2}, v_m = \frac{Q_t}{\pi D b \xi} \quad (3)$$

که  $H_t$ ,  $u$  و  $v_m$  نشان دهنده هد یک پروانه با تعداد محدودی پره، سرعت محیطی و مؤلفه سرعت در صفحه نصف النهاری است. از معادلات (۱) و (۲)، مقادیر نقطه انطباق (به عنوان مثال، نقطه تقاطع A) پروانه پمپ و محفظه در شکل ۲ به صورت زیر بدست می آید:



$$\varphi_P = \frac{\sigma_2}{\cot \beta_2 + \frac{2\pi b_2 \eta_v \xi_2}{\sqrt{F} \ln(1 + 2\sqrt{F}/D_2)}} \quad (4)$$

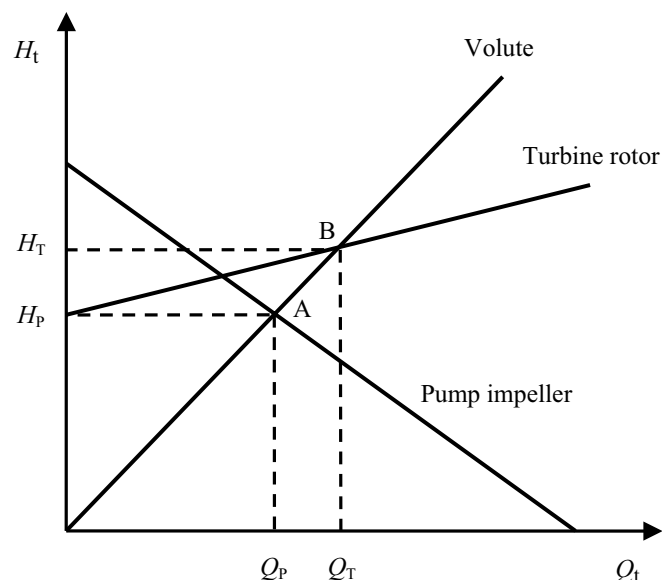
$$\psi_P = \frac{2\pi b_2 \eta_v \xi_2 \sigma_2}{2\pi b_2 \eta_v \xi_2 + \sqrt{F} \cot \beta_2 \ln(1 + 2\sqrt{F}/D_2)} \quad (5)$$

که اندیس P نشان‌دهنده حالت پمپ است. مقادیر پیش‌بینی شده جریان و هد در نقطه انطباق در حالت پمپ، به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$Q_P = \eta_v Q_{tP} = \eta_v \pi D_2 b_2 \xi_2 u_2 \varphi_P$$

$$H_P = \eta_h H_t = \eta_h \frac{u_2^2}{g} \psi_P \quad (7)$$

که  $\eta_h$  راندمان هیدرولیک پمپ را نشان می‌دهد.



شکل ۲) تطابق مشخصه روتور و محفظه در حالت های پمپ و PAT



پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

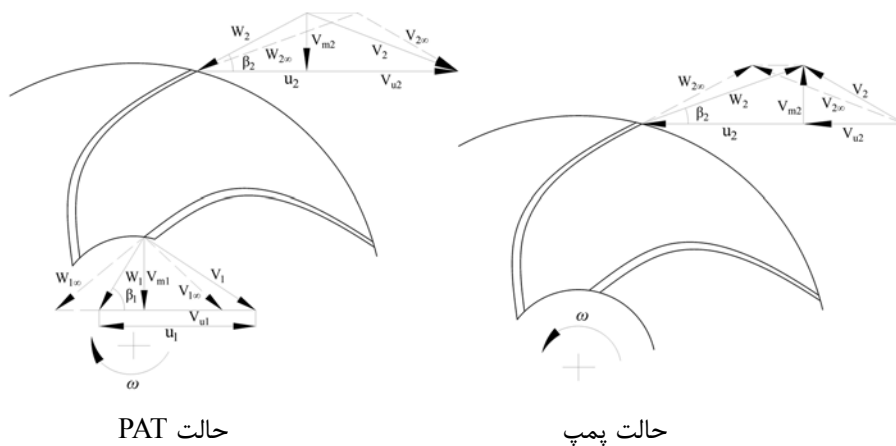
## ۲-۲ انطباق روتور و محفظه در حالت توربین

همانند رویکرد مشابه در حالت پمپ، انطباق ویژگی‌های روتور و محفظه در حالت PAT تحلیل شده است. در این مورد، پمپ گریز از مرکز در حالت معکوس روشن می‌شود، بنابراین زیرنویس ۱ و ۲ به ترتیب نشان‌دهنده ورودی و خروجی روتور (شکل ۳ (b)) هستند. فرض بر این است که،  $\eta_h$  راندمان هیدرولیکی PAT،  $\eta_v$  راندمان حجمی،  $\eta_m$  راندمان مکانیکی،  $\psi$  مشخصه محفظه،  $\sigma$  ضریب لغزش،  $\xi$  ضریب انسداد با موارد مشابه در حالت پمپ یکسان هستند. هد تئوری برای یک روتور PAT با تعداد محدودی از پره‌ها به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$H_t = \frac{1}{g}(u_2 v_{u2} - u_1 v_{u1}) \quad (8)$$

از رابطه سرعت‌های نشان داده شده در شکل ۳، مؤلفه محیطی سرعت مطلق  $v_u$  می‌تواند به‌صورت زیر نوشته شود:

$$v_u = \sigma u - v_m \cot \beta \quad (9)$$



شکل ۳ رابطه سرعت در ورودی و خروجی در روتور

با ترکیب معادله (۸) با معادله (۹) و جایگزینی با ضرایب هد و جریان در معادله (۳)، فرم بی‌بعد زیر می‌تواند بدست آید:



$$\psi = \sigma_2 - \sigma_1 \frac{D_1^2}{D_2^2} + \left( \frac{b_2 \xi_2}{b_1 \xi_1 \tan \beta_1} - \frac{1}{\tan \beta_2} \right) \varphi \quad (10)$$

در پراگتت سمت راست معادله (۱۰)، آیتم دوم می‌تواند نادیده گرفته شود، زیرا بسیار کوچک‌تر از اولین آیتم است، بنابراین معادله را می‌توان به‌صورت زیر ساده کرد:

$$\psi = \sigma_2 - \sigma_1 \frac{D_1^2}{D_2^2} + \frac{b_2 \xi_2}{b_1 \xi_1 \tan \beta_1} \varphi \quad (11)$$

بنابراین، مشخصه روتور PAT (۱۱)، شبیه به نتیجه مرجع، یک خط صعودی است که در شکل ۲ نشان داده شده است. نقطه تقاطع روتور PAT و مشخصه محفظه، نقطه‌ی انطباق (BEP) در حالت توربین است. از معادلات (۲) و (۱۱)، مقادیر نقطه تقاطع B در شکل ۲ به‌صورت زیر حل می‌شود:

$$\varphi_T = \frac{b_1 \xi_1 \tan \beta_1 \sqrt{F} \ln(1 + 2\sqrt{F}/D_2) \left[ \sigma_2 - \sigma_1 \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]}{2\eta_v \pi b_2 \xi_2 b_1 \xi_1 \tan \beta_1 - b_2 \xi_2 \sqrt{F} \ln(1 + 2\sqrt{F}/D_2)} \quad (12)$$

$$\psi_T = \frac{2\eta_v \pi b_2 \xi_2 b_1 \xi_1 \tan \beta_1 \left[ \sigma_2 - \sigma_1 \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]}{2\eta_v \pi b_2 \xi_2 b_1 \xi_1 \tan \beta_1 - b_2 \xi_2 \sqrt{F} \ln(1 + 2\sqrt{F}/D_2)} \quad (13)$$

که اندیس T بیانگر حالت PAT است. ضرایب تبدیل گذر جریان و هد q و h در BEP بین حالت پمپ و توربین می‌تواند به‌صورت زیر بدست آید:

$$q = \frac{Q_T}{Q_P} = \frac{\varphi_T}{\varphi_P} \quad (14)$$

$$h = \frac{H_T}{H_P} = \frac{\psi_T}{\psi_P \eta_h^2} \quad (15)$$

ضرایب تبدیل (۱۴) و (۱۵) به پارامترهای اصلی هندسی و شرایط عملیاتی بدون محدودیت محدوده آماری/تجربی، داده‌های عملکرد (به‌عنوان مثال، گذر جریان و هد در BEP) و یا هندسه دقیق سه‌بعدی در حالت پمپ مربوط می‌شود. به این ترتیب آن‌ها از عمومیت و قابلیت عملکرد بالا برخوردار هستند.



### ۳. صحت تست برای پیش‌بینی عملکرد

#### ۳-۱ پیش‌بینی عملکرد برای پمپ و PAT

به‌منظور سنجش قابلیت انجام کار در روش پیش‌بینی عملکرد هیدرولیکی در هر دو حالت پمپ و توربین، سه نوع پمپ گریز از مرکز با سرعت‌های ویژه مختلف، GDD80-20، IS100-65 و GD100-21 برای آزمون‌های عملکرد انتخاب شده‌اند. نقطه طراحی، هندسه و پارامترهای محاسبه‌شده برای سه پمپ در جدول ۲ آورده شده است که در آن تعاریف نمادها در شکل ۱ توصیف شده است.

جدول ۲- پارامترهای پمپ برای پیش‌بینی عملکرد

| Category       | Parameter                         | Formula [26] | GDD80-20 | IS100-65 | GD100-21 |
|----------------|-----------------------------------|--------------|----------|----------|----------|
| Design point   | Flow $Q_d$<br>(m <sup>3</sup> /h) |              | 41.7     | 50       | 66.6     |
|                | Head $H_d$<br>(m)                 |              | 20.7     | 12       | 24.8     |
|                | Rotational speed $n$<br>(r/min)   |              | 1450     | 1480     | 2900     |
|                | $b_1$ (mm)                        |              | 35       | 36       | 35       |
| Geometry value | $b_2$ (mm)                        |              | 17       | 16       | 18       |
|                | $D_1$ (mm)                        |              | 114      | 90       | 90       |
|                | $D_2$ (mm)                        |              | 258      | 203      | 140      |
|                | $Z_1$                             |              | 7        | 6        | 5        |
|                | $Z_2$                             |              | 7        | 6        | 10       |
|                | $\delta_1$ (mm)                   |              | 3        | 3        | 2        |
|                | $\delta_2$ (mm)                   |              | 2.5      | 3        | 3        |
|                | $\beta_1$ (deg)                   |              | 30       | 25       | 30       |
|                | $\beta_2$ (deg)                   |              | 30       | 35       | 30       |
|                | $\lambda_1$ (deg)                 |              | 70       | 73       | 75       |
|                | $\lambda_2$ (deg)                 |              | 90       | 90       | 90       |



|                   |                                |                                                                                                         |       |       |       |
|-------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                   | $F \text{ (mm}^2\text{)}$      |                                                                                                         | 1650  | 2417  | 2150  |
| Calculated values | Specific speed $n_s$           | $n_s = \frac{3.65n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$                                                                   | 58.7  | 98.7  | 129.6 |
|                   | Volumetric efficiency $\eta_v$ | $\eta_v = \frac{1}{1 + 0.68n_s^{-2/3}}$                                                                 | 0.957 | 0.969 | 0.974 |
|                   | Hydraulic efficiency $\eta_h$  | $\eta_h = 1 + 0.08351g^3\sqrt{\frac{Q}{n}}$                                                             | 0.856 | 0.857 | 0.855 |
|                   | Mechanical efficiency $\eta_m$ | $\eta_m = 1 - 0.07\left(\frac{n_s}{100}\right)^{7/6}$                                                   | 0.870 | 0.929 | 0.948 |
|                   | Efficiency $\eta$              | $\eta = \eta_h\eta_v\eta_m$                                                                             | 0.713 | 0.772 | 0.790 |
|                   | Inlet blocking factor $\xi_1$  | $\xi_1 = 1 - \frac{Z_1\delta_1}{\pi D_1} \sqrt{1 + \left(\frac{\cot \beta_1}{\sin \lambda_1}\right)^2}$ | 0.877 | 0.844 | 0.891 |
|                   | Outlet blocking factor $\xi_2$ | $\xi_2 = 1 - \frac{Z_2\delta_2}{\pi D_2} \sqrt{1 + \left(\frac{\cot \beta_2}{\sin \lambda_2}\right)^2}$ | 0.948 | 0.951 | 0.909 |
|                   | Inlet slip factor $\sigma_1$   | $\sigma_1 = 1 - \frac{\pi}{Z_1} \sin \beta_1$                                                           | 0.776 | 0.779 | 0.686 |
|                   | Outlet slip factor $\sigma_2$  | $\sigma_2 = 1 - \frac{\pi}{Z_2} \sin \beta_2$                                                           | 0.776 | 0.700 | 0.843 |

با استفاده از معادلات (۴) و (۵) از داده‌های جدول ۲، نقطه انطباق بی‌بعد سه پمپ گریز از مرکز به ترتیب برابرند با:  
 $(\varphi_p=0.1169, \psi_p=0.4970), (\varphi_p=0.1129, \psi_p=0.5385), (\varphi_p=0.0670, \psi_p=0.5837)$   
 مطابق با حالت پمپ، گذرهای جریان و هد در BEP به ترتیب با استفاده از معادلات (۶) و (۷) تبدیل می‌شوند به:

$$(Q_T=62.76, H_T=19.61), (Q_T=60.10, H_T=11.65), (Q_T=59.04, H_T=19.57)$$

به‌طور مشابه، نقطه انطباق بی‌بعد در حالت PAT به ترتیب برابرند:

$$(\varphi_T=0.1675, \psi_T=0.7117), (\varphi_T=0.1479, \psi_T=0.7055), (\varphi_T=0.0800, \psi_T=0.6969)$$

گذرهای جریان و هد در BEP به ترتیب تبدیل می‌شوند به:

$$(Q_T=89.85, H_T=38.37), (Q_T=78.74, H_T=20.79), (Q_T=70.49, H_T=31.86)$$

### ۳-۲ تست عملکرد و مقایسه با پیش‌بینی‌ها

تست‌های عملکرد در هر دو حالت پمپ و توربین در شرکت Guangyi Pump Co. Ltd گوانگژو چین انجام شده است. یک سیستم تست اتوماتیک مجهز به ابزار اندازه‌گیری چند پارامتر در آزمون‌ها پذیرفته شده است که به استاندارد ملی چین با کلاس B برای دقت اندازه‌گیری نائل شده است. تست عملکرد در حالت‌های توربین با یک مدار تست مخصوص، همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده به انجام رسیده است. که در آن آب با فشار بالا توسط پمپ وارده به

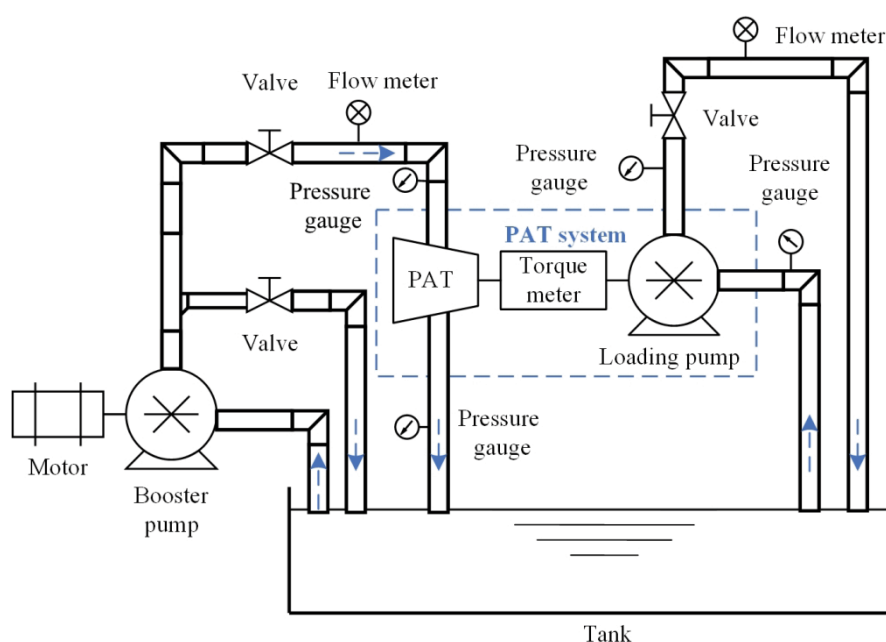


سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۱۴

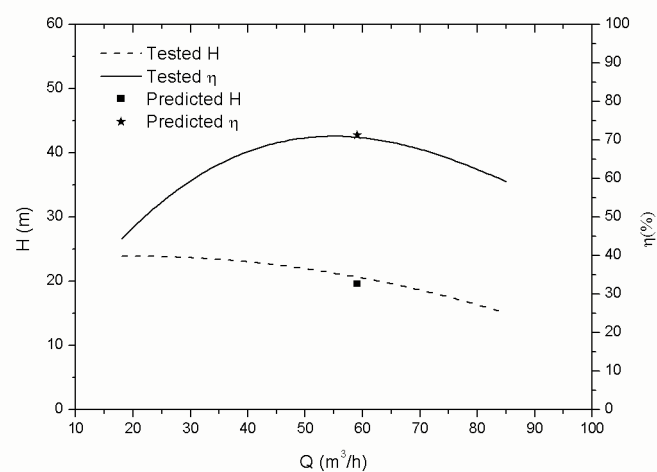
لوله مکش PAT بالا می‌رود و به استخر برمی‌گردد. یک پمپ بارگذاری شده متصل به PAT به صورت هم‌محور وجود دارد. افت فشار با فشارسنج‌هایی که در ورودی و خروجی PAT نصب شده، اندازه‌گیری می‌شود. گذر جریان توسط دی‌سنج (فلومتر) اندازه‌گیری شده است. داده‌های سرعت دورانی و گشتاور می‌تواند توسط گشتاورسنج بین PAT و پمپ بارگذاری شده به دست آید. با تنظیم ورودی شیر بای‌پس و شیر خروجی توربین، پارامترهای عملکرد PAT در نقاط کارکردی مختلف تحت یک سرعت دورانی معین اندازه‌گیری شده است. پس از اندازه‌گیری تمام پارامترها، هد، گذر جریان، توان خروجی و راندمان PAT ها محاسبه شده است. تجزیه و تحلیل عدم قطعیت مرتبه اول با استفاده از روش ترکیبی نابرابری انجام شده است. عدم قطعیت گذر جریان، هد، توان و راندمان به ترتیب  $\pm 3.7\%$ ،  $\pm 5.4\%$ ،  $\pm 5.6\%$  و  $\pm 5.8\%$  است.



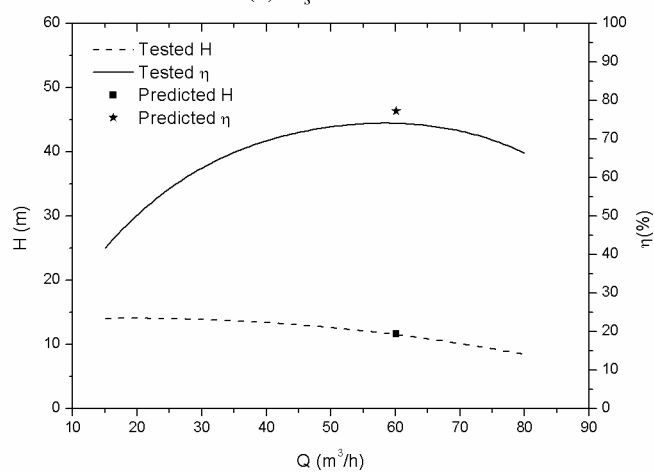
شکل ۴) مدار تست PAT

منحنی‌های عملکرد سه نوع پمپ در هر دو حالت پمپ و توربین به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. از منحنی عملکرد می‌توان مشاهده کرد که راندمان‌ها در BEP بین حالت‌های پمپ و توربین خیلی متفاوت نیست، اما PAT در هد و گذر جریانی بالاتر از آن‌ها در حالت پمپ تحت سرعت دورانی یکسان کار می‌کند.

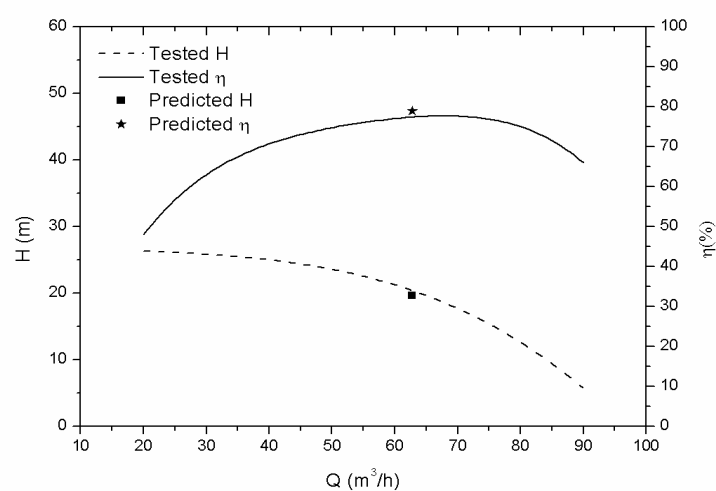




(a)  $n_s = 58.7$



(b)  $n_s = 98.7$



(c)  $n_s = 129.6$

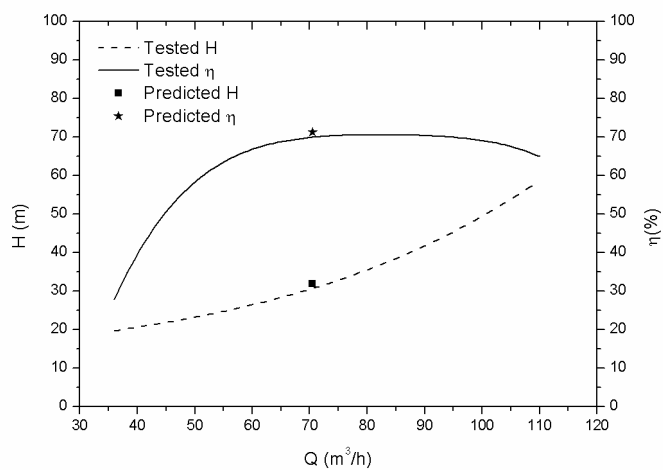
شکل ۵) منحنی های عملکرد PAT با سرعت های ویژه مختلف



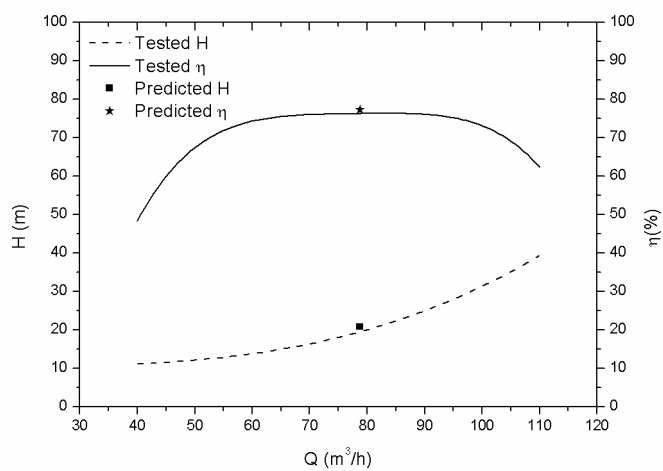
سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

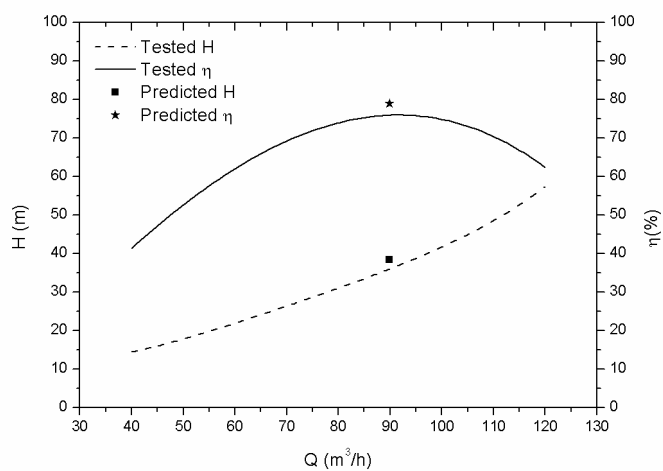
۱۶



(a)  $n_s = 58.7$



(b)  $n_s = 98.7$



(c)  $n_s = 129.6$

شکل ۶) منحنی های عملکرد PAT با سرعت های ویژه مختلف



در جدول ۳ مقادیر پیش‌بینی شده برای نقاط انطباق و مقادیر تجربی در BEP در هر دو حالت پمپ و توربین خلاصه شده است، که داده‌های آزمون BEP در هر دو حالت پمپ و توربین به‌طور مستقیم از شکل‌های ۵ و ۶ در مقایسه با نتایج تجربی پمپ‌ها و PAT ها، به دست می‌آید. خطاهای نسبی از گذر جریان پیش‌بینی شده، هدها و راندمان های کلی، در محدوده مجاز مهندسی هستند، که نشان می‌دهد رویکرد نظری پیشنهادشده امکان‌پذیر است.

جدول ۳- مقایسه مقادیر تطابق پیش‌بینی شده و مقادیر BEP تست شده

| Type | Parameters                | GDD80-20     |                 |           | IS100-65     |                 |           | GD100-21     |                 |           |
|------|---------------------------|--------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|
|      |                           | Tested Value | Predicted Value | Error (%) | Tested Value | Predicted Value | Error (%) | Tested Value | Predicted Value | Error (%) |
| Pump | $Q_P$ (m <sup>3</sup> /h) | 58.5         | 59.04           | 0.91      | 59.3         | 60.10           | 1.33      | 65.0         | 62.76           | -3.57     |
|      | $H_P$ (m)                 | 20.3         | 19.57           | -3.73     | 11.5         | 11.65           | 1.29      | 19.5         | 19.61           | 0.56      |
|      | $\eta_P$ (%)              | 70.25        | 71.3            | 1.47      | 73.8         | 77.2            | 4.61      | 77.6         | 79.0            | 1.77      |
| PAT  | $Q_T$ (m <sup>3</sup> /h) | 70.0         | 70.49           | 0.7       | 80.0         | 78.74           | -1.6      | 90.5         | 89.85           | -0.72     |
|      | $H_T$ (m)                 | 30.5         | 31.86           | 4.27      | 19.8         | 20.79           | 4.76      | 36.6         | 38.37           | 4.61      |
|      | $\eta_T$ (%)              | 69.5         | 71.3            | 2.25      | 76.1         | 77.2            | 1.42      | 75.5         | 79.0            | 4.43      |



پاییز و زمستان

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۱۸

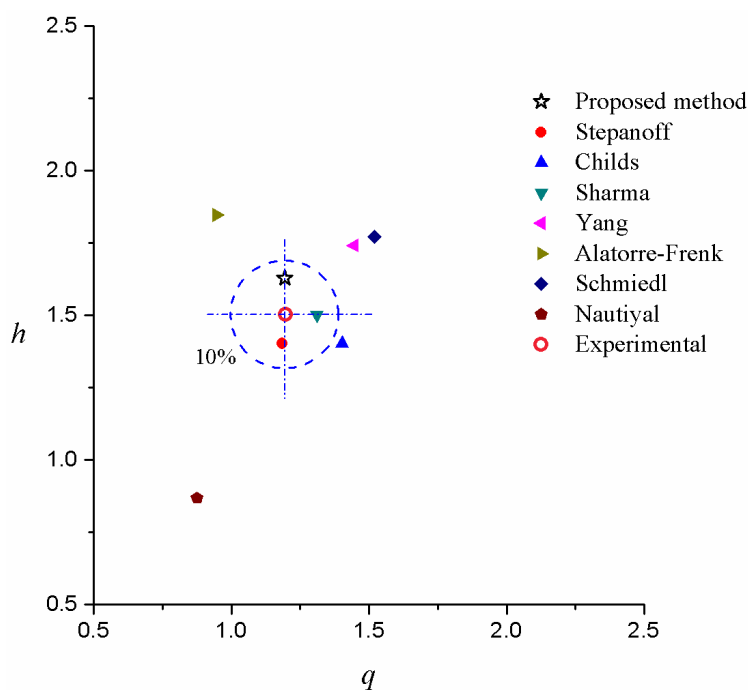
برای پیش‌بینی  $h$  و  $q$  در BEP، شکل ۷ مقایسه نتایج تجربی با مقادیر پیش‌بینی شده توسط معادله (۱۴) - (۱۵) و روش‌های قبلی از محققان مختلف ذکرشده در جدول ۱ را نشان می‌دهد. در هر شکل یک دایره وجود دارد که نشان‌دهنده خطای نسبی ۱۰٪ است که در عمل قابل قبول در نظر گرفته می‌شود. خطای نسبی پیش‌بینی به‌وسیله معادله زیر تعریف می‌شود.

(16)

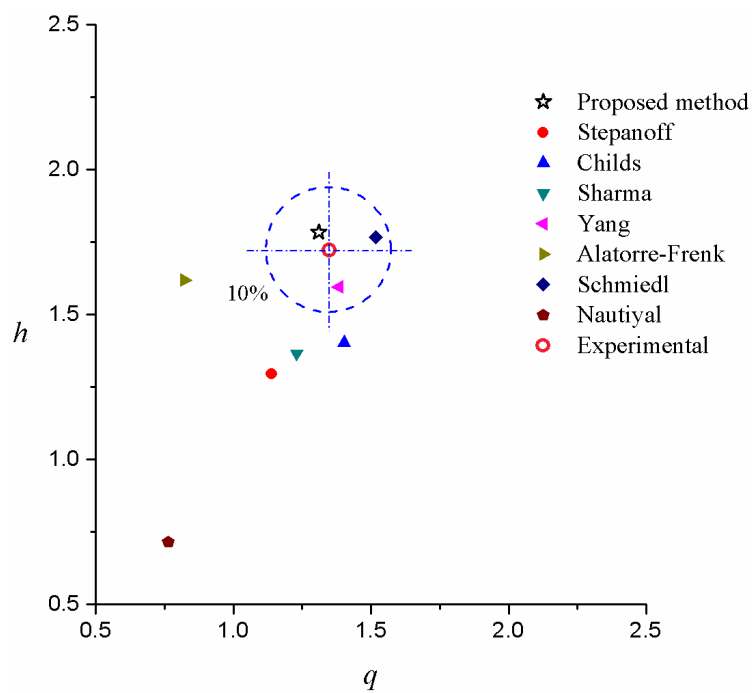
$$\Delta = 100\% \sqrt{(\Delta q)^2 + (\Delta h)^2} / \sqrt{q_e^2 + h_e^2}$$

که  $\Delta h$  و  $\Delta q$  خطاهای  $h$  و  $q$  هستند و  $h_e$  و  $q_e$  به ترتیب مقادیر تجربی  $h$  و  $q$  هستند.

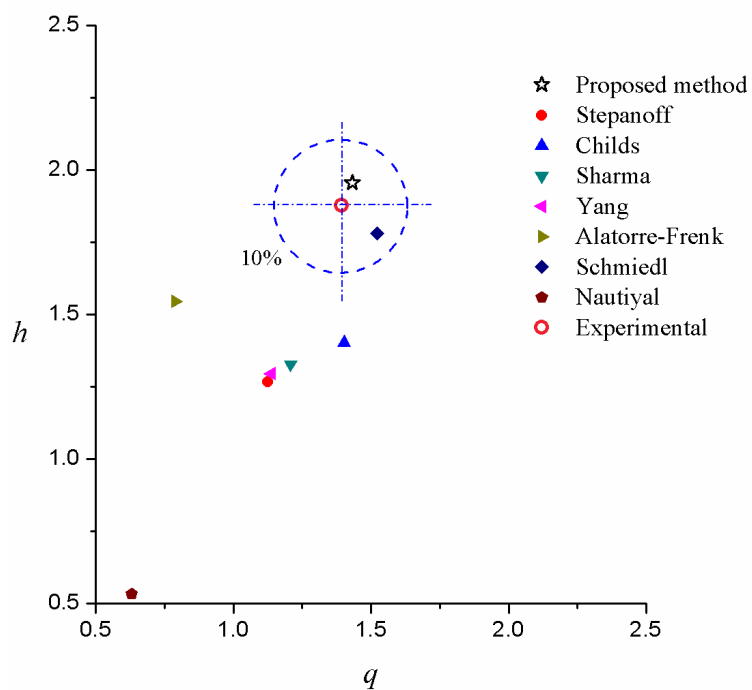
همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، روش پیشنهادی تنها قادر به ارائه پیش‌بینی با خطای ۱۰٪ برای سه نوع پمپ است، بنابراین می‌توان آن را برای پمپ‌ها با سرعت ویژه مختلف استفاده کرد. علاوه بر این، هر دو پیش‌بینی Stepanoff و Sharma با خطای ۱۰٪ برای پمپ با سرعت ویژه کمتر هستند. روش یانگ پیش‌بینی‌هایی با خطای ۱۰٪ برای پمپ با سرعت ویژه متوسط فراهم می‌کند. پیش‌بینی‌های Schmiedl با خطاهای ۱۰٪ برای پمپ‌ها برای هر دو سرعت ویژه متوسط و بالاتر صورت گرفته است. تمام روش‌های دیگر برای سه نوع پمپ خطاهای بیش از ۱۰٪ را نتیجه می‌دهند.



(a)  $n_s = 58.7$



(b)  $n_s = 98.7$



(c)  $n_s = 129.6$

شکل ۷) مقایسه نتایج تجربی با مقادیر پیش بینی شده از روش های مختلف



سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۲۰

(۱) بر اساس نظریه انطباقی روتور و محفظه، یک روش پیش‌بینی عملکرد برای یک پمپ در هر دو حالت پمپ و توربین در این مقاله پیشنهاد شده است. نه تنها ضریب تبدیل، بلکه همچنین مقادیر گذر جریان و هد در BEP می‌تواند در هر دو حالت پمپ و توربین به‌وسیله این روش برآورد شود.

روش پیش‌بینی شده و نتایج با استفاده از آزمون عملکردی مورد تأیید قرار گرفته است.

(۲) گذر جریان، هد و ضریب تبدیل آن‌ها در BEP می‌تواند در فرمولاسیون قابل پیش‌بینی با پارامترهای هندسی اصلی پروانه و محفظه بدون محدودیت محدوده آماری / تجربی، داده‌های عملکرد و یا هندسه دقیق سه‌بعدی در پمپ‌ها بیان شود. روش پیشنهادی می‌تواند یک تکنیک مؤثر برای انتخاب و کاربرد PAT با توجه به عمومیت و کاربردپذیری آن باشد.

(۳) مدل پیشنهادی تنها برای پیش‌بینی عملکرد در BEP برای هر دو حالت پمپ و توربین معتبر است. باین‌حال، این بررسی را می‌توان به منظور تخمین مشخصات کلی در حالت توربین از پمپ‌ها برای شرایط غیر طراحی بر اساس عملکرد BEP آن در کار (تحقیق) آینده توسعه داد.



مراجع:

- 1- Si Huang, Guangqi Qiu, Xianghui Su, Junrong Chen, Wenlang Zou. Performance prediction of a centrifugal pump as turbine using rotor-volute matching principle. Renewable Energy (2017)

# چرا باید نقطه بهترین بازدهی بین نقطه نرمال و اسمی قرار گیرد ؟

◀ مهندس سیدمجید طالبی  
کارشناس تحقیق و توسعه



API 610 یک استاندارد جهانی است که بر اساس چندین دهه تجربه طراحان و بهره‌برداران، الزاماتی را برای پمپ‌های گریز از مرکز مورد استفاده در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی تعیین کرده است .

الزامات این استاندارد با درجات مختلف اهمیت و همراه با کلماتی راهنما برای تشریح اهمیت نسبی هر الزام تدوین شده‌اند . برای مثال بندهایی که با کلمه راهنمای "Shall" مشخص شده‌اند بیان کننده حداقل الزامی هستند که باید در راستای تایید استاندارد محقق شوند. در مقابل بندهایی که با کلمه راهنمای "Should" مشخص شده‌اند بیان کننده پیشنهادهایی هستند که رعایت آنها مصلحت آمیز است ولی برای تایید استاندارد الزامی نیستند . مشابه این، تعدادی بند هست که با عبارت " Preferably " آورده شده‌اند و به این معنا است که بند فوق اجباری نبوده ولی اولویت با رعایت و اجرای آن است .

## ■ نگاهی مختصر بر اصول

اختلاف ارتفاع کلی<sup>۱</sup>، عبارتی است که برای بیان انرژی مورد نیاز جهت ایجاد دبی مشخصی از جریان در سیستم پمپاژ استفاده می‌شود. سیستم پمپاژ شامل منبع مکش و مقصد نهایی به عنوان تخلیه، لوله‌های ارتباطی، شیرها، اتصالات، تجهیزات و ... است . بر اساس منحنی سیستم TDH ترکیبی از دو مولفه‌ی ارتفاع استاتیکی (اغلب ثابت) و ارتفاع اصطکاکی (متغیر) است.

1- Total Differential Head (TDH)



سپ

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

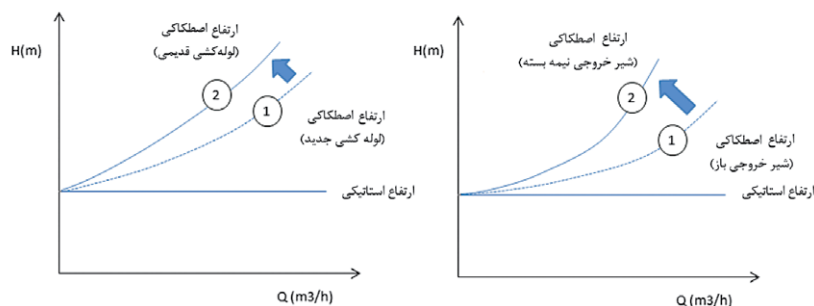
۱۳۹۶

۲۲

ارتفاع استاتیکی ممکن است در بعضی از سیستم ها صفر باشد مانند سیستم های باز چرخشی مدار بسته. ولی ارتفاع اصطکاکی ( یا ارتفاع اتلافی به دلیل اصطکاک ) همیشه در محاسبه TDH حضور خواهد داشت.

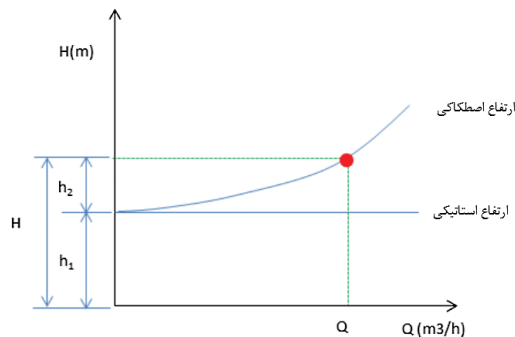
### اختلاف ارتفاع کلی ( TDH ) = ارتفاع استاتیکی + ارتفاع اصطکاکی

ارتفاع استاتیکی اغلب برای یک سیستم پمپاژ که طراحی سیستم آن نهایی شده است، ثابت باقی می ماند. با این حال ارتفاع اصطکاکی را می توان با ایجاد خفانش در مسیر رانش که منجر به تغییر دبی و افزایش اتلاف می شود، تغییر داد و یا ممکن است در همان دبی با افزایش اصطکاک لوله ها و افت کیفیت تجهیزات در طول زمان تغییر یابد.



شکل (۱) منحنی سیستم رایج شامل ارتفاع استاتیکی و اصطکاکی

شکل ۱ یک منحنی سیستم با ارتفاع استاتیکی ثابت را نشان می دهد که دبی از صفر به هر مقدار بزرگتر دیگری قابل تغییر است. ارتفاع اصطکاکی تابعی از توان دوم دبی ( $H \sim Q^2$ ) است و همیشه به صورت یک سهمی ظاهر می گردد. ارتفاع اصطکاکی در دبی صفر برابر با صفر است و با افزایش دبی، با نسبت مستقیم با  $Q^2$  شروع به افزایش می کند. بنابر این برای ثابت ماندن دبی در سیستم نیاز است  $HDT(h_2 + h_1 = H)$  تامین شود و اینکار با استفاده از انتخاب پمپ مناسب این سیستم انجام می شود.



شکل (۲) منحنی سیستم رایج



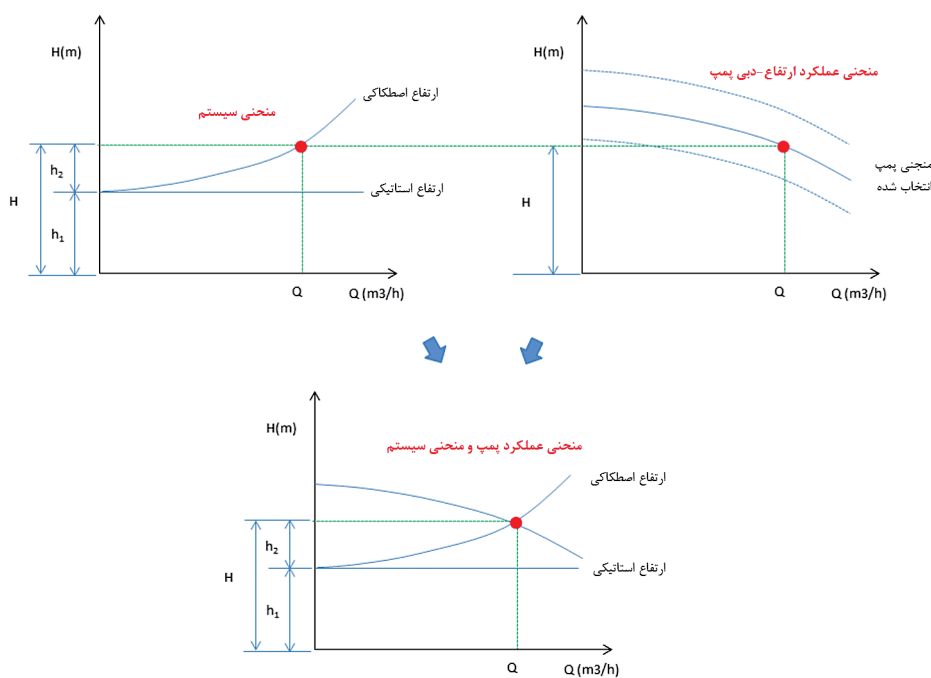
سال ۳۳

پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۲۳

اگر طراحی سیستم نهایی شده باشد و هیدرولیک پمپ ارتفاع TDH مورد نیاز برای ثابت نگه داشتن دبی مشخص را تامین کند، یک پمپ مناسب انتخاب شده است، به نحوی که پمپ نیازمندی‌های درخواستی سیستم را دقیقاً برآورده می‌کند ( به شکل ۳ مراجعه شود). اگر پمپ مناسب در سیستم به کار گرفته شود، ارتفاع مورد نیاز TDH را تولید و میزان دبی را ثابت نگه می‌دارد .



شکل ۳) منحنی سیستم رایج و انتخاب پمپ

**دبی نرمال:** عبارتی است که برای بیان دبی جریانی که به صورت نرمال از پمپ مورد نیاز است، استفاده می‌گردد.

**دبی اسمی:** رویه‌ای معمول است که مقداری حاشیه اطمینان<sup>۳</sup> به دبی کاری پمپ اضافه می‌گردد ( برای مثال ۱۰ - ۲۰ درصد و حتی بیشتر) تا افزایش دبی مورد نیاز سیستم در آینده و یا خطاهای محاسباتی ناخواسته و یا فرضیات را تحت پوشش قرار دهد. به طوری که در آینده نباید خللی در عملکرد پمپ وارد شود. به این دبی، دبی اسمی گفته می‌شود.

**دبی اسمی = دبی نرمال + حاشیه اطمینان (٪) × دبی نرمال** ← **دبی اسمی > دبی نرمال**

1- Normal Flow  
2-Rated Flow  
3-Margin



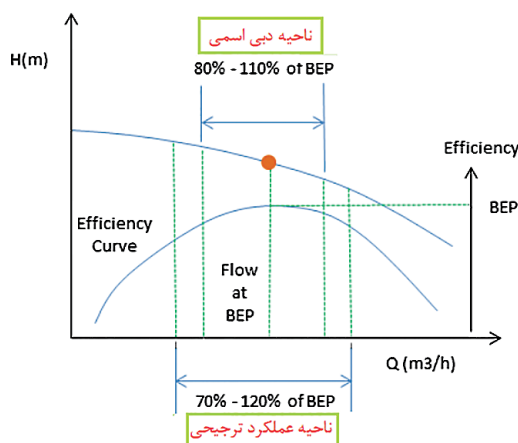
در مواردی نادر، حاشیه اطمینانی به دبی پمپ اضافه نمی‌شود در این حالت معادله بالا به صورت "دبی اسمی = دبی نرمال" خلاصه می‌شود.

نقطه بهترین بازدهی<sup>۱</sup>: دبی، جریانی است که پمپ در آن دبی با بیشترین بازدهی کار می کند.

■ ناحیه عملکردی پمپ و موقعیت دبی اسمی:

استاندارد API 610 11<sup>th</sup> دستور العمل هایی را برای انتخاب یک پمپ بر اساس دبی اسمی به شرح زیر ارائه می نماید:

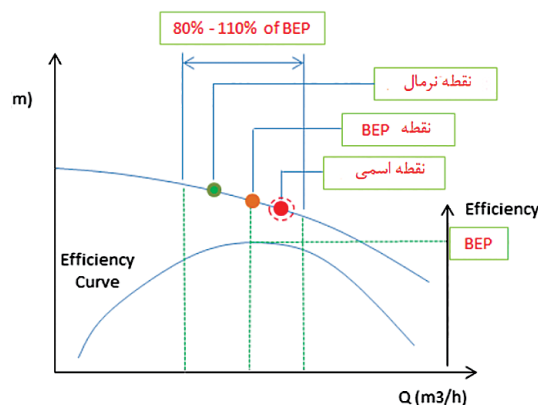
۱۲. ۶ پمپ‌ها باید (shall) یک ناحیه عملکردی ترجیحی<sup>۲</sup> از ۷۰٪ تا ۱۲۰٪ نقطه BEP را داشته باشند. دبی اسمی باید در داخل ناحیه ۸۰٪ تا ۱۱۰٪ نقطه BEP پمپ قرار گیرد. نکته: در صورت نیاز به تراش پروانه، نقطه BEP منحنی عملکرد پروانه با تراش مدنظر خواهد بود.



شکل ۴) ناحیه عملکردی ترجیحی و دبی اسمی

علاوه بر الزامات مندرج در بند ۱۲.۱.۶. استاندارد API 610 با بند زیر موقعیت نقطه دبی اسمی، انتخاب پمپ را شفاف تر می کند.

۱۳. ۱. ۶ ترجیحاً نقطه بهترین راندمان پمپ بین دبی اسمی و دبی نرمال قرار گیرد.



شکل ۵) موقعیت ترجیحی نقطه BEP نسبت به نقطه اسمی و نقطه نرمال

چرا باید ترجیحاً نقطه BEP بین نقطه‌ی اسمی و نقطه‌ی نرمال قرار گیرد؟

ضروری است به این نکته پرداخته شود که چرا استاندارد API 610 ابتدا ناحیه عملکردی را محدود کرده است و در ادامه شرط دیگری را برای نقطه BEP که باید بین نقطه اسمی و نرمال قرار گیرد، تعیین کرده است. توضیح مختصری درباره این الزام در زیر آورده شده است.

همانطور که قبلاً ذکر شد دبی اسمی بزرگتر از دبی نرمال است، بنابراین وقتی که نقطه BEP مابین دبی نرمال و دبی اسمی قرار می‌گیرد، نقطه اسمی سمت راست نقطه BEP می‌افتد (شکل ۵). پمپ‌ها بر اساس دبی نقطه اسمی انتخاب می‌شوند ولی در عمل در بازه زیادی از عمر کاری و یا حداقل در ابتدای عمر کاری بر روی نقطه نرمال کار می‌کند. بنابراین دبی پمپ برای این حالت تنظیم شده و نقطه کاری به مابین نقطه نرمال و اسمی هدایت می‌شود. به عبارت دیگر پمپ‌ها عمدتاً در مرحله انتخاب بزرگتر (برای دبی اسمی) انتخاب می‌شوند، سپس در دبی کمتر (برای مثال دبی نرمال) کار می‌کنند. در راستای استفاده از پمپ بزرگتر (انتخاب شده برای دبی اسمی) در دبی‌های کمتر (برای مثال دبی نرمال) یکی از روش‌های معمول اصلاح منحنی‌های اصطکاکی، ایجاد خفانش توسط شیر کنترل دبی واقعی در خروجی پمپ است. در واقع خفانش قسمتی از ارتفاع کل تولید شده توسط پمپ را در گذر از شیر از بین می‌برد و در نتیجه پمپ قادر است تا دبی پایین‌تر را در همان سیستم پمپاژ و با همان سرعت دورانی ایجاد کند. این فرایند به صورت شماتیک در شکل ۶ نشان داده شده است.

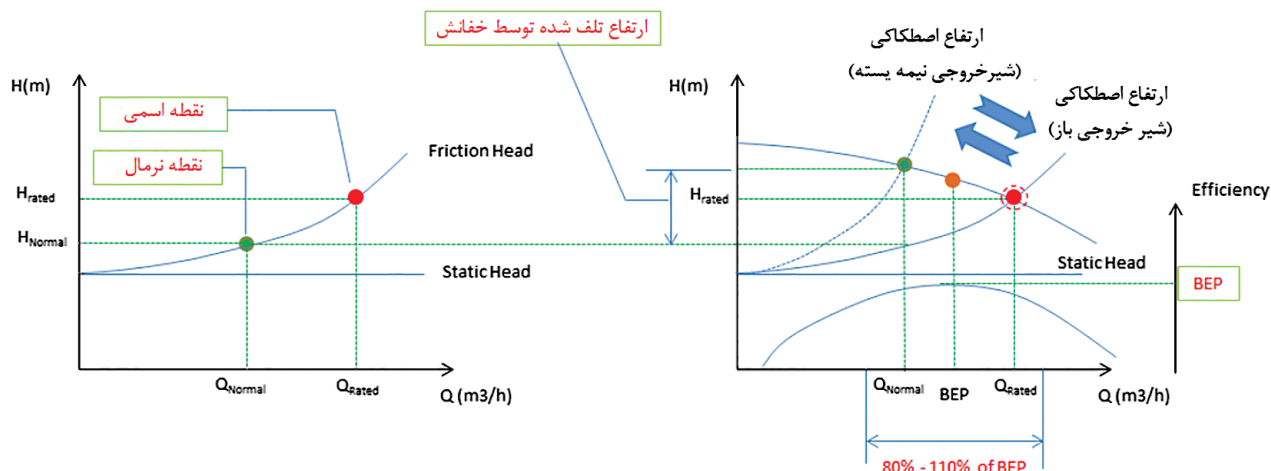


پس

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

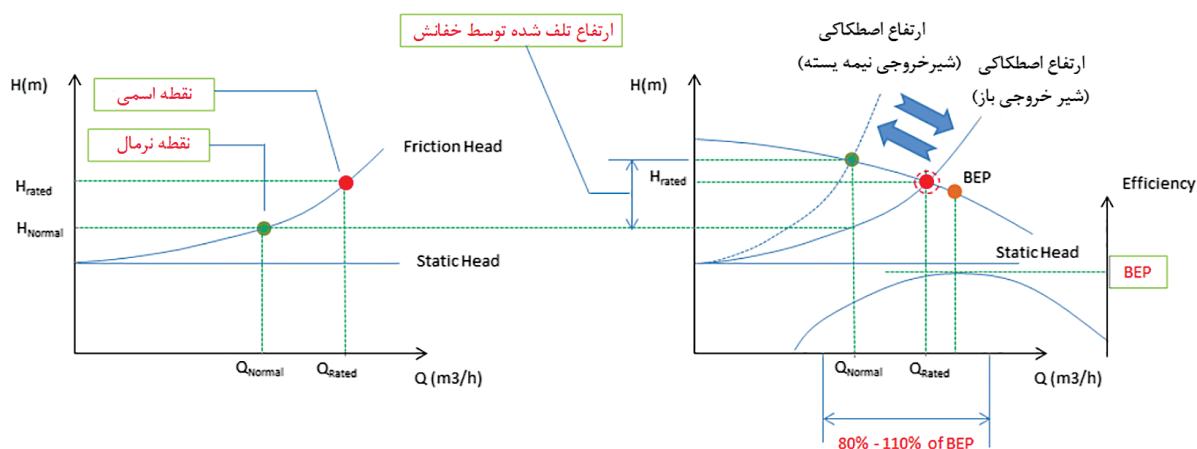
۲۶



شکل ۶) انتخاب پمپ براساس نقطه اسمی، BEP بین نقطه نرمال و اسمی

همانطور که در شکل شماره ۶ مشاهده می شود، نقطه دبی اسمی در سمت راست نقطه BEP قرار دارد. زمانی که پمپ بجای دبی اسمی روی دبی پائین تر یا دبی نامی تنظیم می شود نقطه کارکردی یا به سمت نقطه BEP حرکت می کند و یا در نزدیکی نقطه BEP باقی می ماند. به عبارت دیگر در صورتی که دبی پمپ از دبی نرمال به سمت دبی کاری تنظیم شود، نقطه کارکردی به نقطه BEP نزدیکتر می شود. (به پیکان های آبی نشان داده شده در بالای شکل ۶ رجوع شود.)

برعکس اگر پمپی انتخاب شود که نقطه BEP بین نقطه نرمال و اسمی واقع نشود، تنظیم جریان بین دبی کاری و نرمال باعث می گردد نقطه کاری به سمتی جابه جا گردد که هرگز به نقطه BEP نزدیک نمی شود (به پیکان های آبی نشان داده شده در زیر شکل ۷ توجه فرمایید).



شکل ۷) انتخاب پمپ براساس نقطه اسمی، BEP بین نقطه نرمال و اسمی قرار ندارد



این حقیقت محرز است که هر چه قدر نقطه کارکردی پمپ به نقطه BEP نزدیکتر باشد از لحاظ مصرف انرژی به دلیل راندمان بالا همچنین بحث‌های تعمیرات و نگهداری هزینه کمتری خواهد داشت و طول عمر طولانی تری مورد انتظار خواهد بود. با توجه به این واقعیت و متن فوق کاملاً واضح است که چرا "ترجیحا" باید BEP پمپ بین نقطه نرمال و اسمی واقع شود.

#### ■ جمع بندی:

در راستای حصول به تمامی منافع استفاده از API 610 الزامی است که تفسیر صحیح و کاملی از بندهای مندرج در استاندارد داشته باشیم. باید مطالعه عمیق روی پیشنهادات فنی تامین کننده انجام گیرد و تصمیمی عاقلانه برای انتخاب پمپ که نه تنها الزامات اجباری استاندارد ( برای مثال نقطه اسمی ۸۰ تا ۱۱۰ در صد نقطه BEP ) بلکه الزامات ترجیحی استاندارد ( برای مثال نقطه BEP باید بین نقطه کاری و نقطه نرمال واقع شود ) را نیز برآورده کند، گرفته شود.

مراجع:

1- API 610 - Why "BEP" should be between "Normal" and "Rated" ?,  
M. Imran, 2015, LUKOIL Overseas Services B.V Dubai



پس

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۲۸

# همراستا سازی لیزری محور



◀ مهندس وحید دین پژوه  
مسئول کالیبراسیون و کنترل ابرار سازی

## همراستا سازی لیزری محور

در این روش میزان انحراف دوماحور نسبت به همدیگر توسط انحرافی که در اثر چرخش دو محور روی سطح برخورد پرتو لیزر بوجود می آید، از طریق یک سیستم کامپیوتری با دقت زیاد محاسبه شده و نتایج نهایی حرکت های اصلاحی پایه های ماشین در سطوح افق و قائم بر روی صفحه مونیتور نمایش داده می شود.

همراستاسازی محور توسط لیزر در اواسط سال ۱۹۸۰ رایج شد. این تکنیک برای اولین بار توسط شرکت پروف تکنیک معرفی شد. علیرغم قیمت نسبتاً گران، این سیستم میان مهندسیین و شرکت ها در طیف وسیعی از فرآیندهای صنعتی در عرصه جهانی محبوبیت بدست آورد است.

تجهیزات اپتیک لیزری، عملیات همراستاسازی سنتی را سرعت، دقت و سهولت قابل توجهی بخشیده است. در فرآیند تعمیرات و دوره های تعمیرات اساسی، عملیات تعمیرات علاوه بر در بر داشتن هزینه های تعمیراتی، زمان توقف ماشین بیشترین خسارت افت تولید را به دنبال خواهد داشت. عملیات همراستاسازی می تواند بخش مهمی از زمان توقف ماشین را بخود اختصاص دهد. تجهیزات لیزری علاوه بر افزایش دقت و حذف خطاهای معمول روش های سنتی، می تواند سرعت همراستاسازی را تا  $\frac{1}{4}$  زمان معمول کاهش دهد.

سیستم لیزری مزیت های مهم زیادی در اثر بخشی سریع و همراستاسازی دقیق ماشین های دوار کوپل شده ارائه کرد. از زمان معرفی اولین سیستم لیزر، توسعه در لیزر و تکنولوژی ریز پردازنده ها، امکان ساخت سیستم های جدید لیزری که کارکردن کاربر با آن آسان باشد و بتواند برای تقریباً هر گونه همراستاسازی محور بدون در نظر گرفتن پیچیدگی و سایز آن مورد استفاده قرار بگیرد را فراهم کرده است.



سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

چندین پارامتر مهم در همراهسازی محور به روش مکانیکی وجود دارد که بایستی مورد توجه قرار بگیرند. علاوه بر این محاسبات اصلاح همراهسازی می تواند بغرنج و خطا پذیر باشد. هیچکدام از ملاحظات ذکر شده در روش مکانیکی در روش لیزری همراهسازی محور کاربرد ندارد.

دسترسی به همراهستایی دقیق محور و مزایایی که به همراه می آورد با استفاده از روش همراهسازی لیزری، در کارخانه به راحتی قابل دسترسی است.

خلاصه ای از مزایای روش لیزری در اینجا آورده شده است:

- عدم انحراف اشعه لیزر
  - همراهسازی دقیق بدون هیچ داده و ورودی پیش فرض و بدون هیچ گونه ترسیم یا محاسبات عددی قابل اجراست.
  - نمایش تصویری نتایج همراهستایی در صفحات انتقال قدرت کوپلینگ و نمایش مقدار شیم و تنظیم اصلاحی در پایه های ماشین و تبادل اطلاعات با کامپیوتر به طور اتوماتیک
  - در این روش امکان کاربرد برای فواصل زیاد (تا ۸ متر) و با دقتی معادل 0.001 میلی متر نیز وجود دارد
  - بدون نیاز به فیکسچر مکانیکی - بدون تاب برداشتن بازوی مکانیکی.
  - بدون نیاز به دمونتاز کوپلینگ جهت اجرای همراهستایی.
  - بدون نیاز به هیچ گونه قرائتی در موقعیت های تعیین شده مثل موقعیت ساعت ۹،۶،۳،۱۲. نتایج می تواند در کمتر از ۹۰ درجه چرخش شفت تعیین شود.
  - ذخیره اطلاعات و چاپ نتایج جهت گزارش شرایط همراهستایی.
  - دستیابی به دقت همراهستایی تصدیق شده برای روش لیزری در ISO 900.
  - سیستم اتصالات انیورسال که همه وضعیت های همراهستایی را پوشش دهد.
  - سیستم عامل منحصر به فرد اجازه می دهد تا با طیف گسترده ای از مهارت ها و رشته های مهندسی مورد استفاده قرار بگیرد.
  - نمایش دینامیکی زنده از تصحیح جابجایی افقی و عمودی در مدت اصلاحات همراهستایی.
- با شناسایی برخی از مزایایی که با استفاده از سیستم همراهستایی لیزری می توان برای محور بدست آورد، ایجاد سیستم همراهستایی که نیاز کاربر را برآورده کند، ضروری است.



پس

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۳۰

تعدادی از این چنین سیستم‌ها و تعدادی از تولید کنندگان که سیستم لیزر را پیشنهاد می‌کنند، وجود دارند.

سیستمی که انتخاب می‌کنید حداقل باید توانایی های زیر را داشته باشد:

- داشتن گواهی کالیبراسیون از یک استاندارد قابل ردیابی.
- صحت و تکرار پذیری بالا: صحت پایین به آسانی در اثر مقادیر اصلاحی نادرست حاصل می‌شود. منظور از تکرار پذیری بالا یعنی دفعات اندازه گیری کمتری برای بدست آوردن داده کافی برای محاسبه ی نتایج دقیق مورد نیاز است.
- مقاوم نسبت به سطوح سخت، ضد آب، ضد شوک و ضدغبار. منظور از مقاوم نسبت به سطوح سخت یعنی استفاده از آن در فضای باز و شرایط مرطوب مشکل ساز نیست. ابزارهای بادوام که از درجه حفاظت بالایی (IP 65,67) برخوردار است، انجام کار در بدترین شرایط را ممکن می‌سازد.
- قابلیت از سرگیری اندازه‌گیری: این قابلیت به شما اجازه می‌دهد تا به آسانی همراهی در حال انجام را بعد از یک وقفه کوتاه یا در یک روز دیگر مجدداً آغاز نمائید و کاربران مجبور نخواهند بود ابعاد یا پارامترها را دوباره وارد نمایند. حتی نتایج اندازه گیری ذخیره خواهد شد. اطلاعات هرگز از بین نخواهد رفت.
- پایه ایستایی قابل تعویض: قابلیت تغییر دادن پایه های ایستایی بیشترین انعطاف را به مهندسین می دهد و توانایی <sup>1</sup>MTBM بدون نیاز به اندازه گیری دوباره یا محاسبات پیچیده، تمامی حالت های دیگر حرکتی ماشین که ممکن است، می تواند نشان داده شود.
- طبقه‌بندی انواع بازوهای مکانیکی: گستره وسیعی از بازوهای مکانیکی دستگاه لیزر به این معنی است که تجهیزات اندازه‌گیری دستگاه لیزر می‌تواند به آسانی و به سرعت در ماشین‌های دستگیر و نامناسب نصب شود.
- تِلرانس ها (کنترل تِلرانس): بررسی تِلرانس‌های همراهی موجود با دستگاه لیزری سبب صرفه جویی در زمان و نیرو می‌گردد. هیچ زمانی برای حرکت غیر ضروری ماشین به هدر نمی رود. کنترل اتوماتیک تِلرانس نشان می دهد که چه موقعی بهترین یا قابل قبول ترین همراهی بدست آمده است.

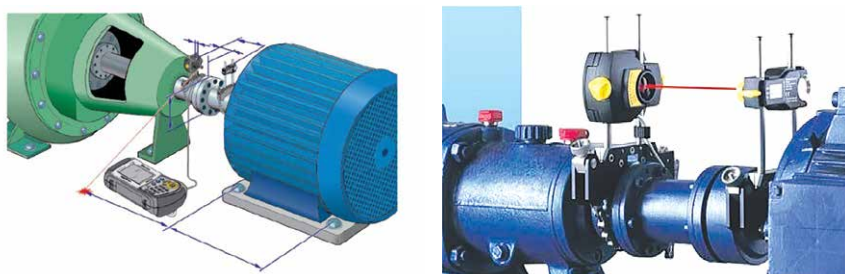
<sup>1</sup> - MTBM : Machine to be moved



- تهیه مستقیم گزارش: منظور از گزارش مستقیم، گزارش سریعتر به هر پرینتر با شماره سریال، تاریخ و زمان و نام اپراتور چاپ شده روی گزارش است. برای مثال، با نیازمندی‌های قابل ردیابی در استاندارد ایزو ۹۰۰۰ مطابقت کامل دارد.

## اصول کاربردی مقدماتی سیستم لیزر:

اساساً دو نوع سیستم لیزر وجود دارد، اولی از یک پرتو استفاده می‌کند که روی هر کدام از قطعات آشکار ساز یا بازتابنده که پرتو لیزر را به آشکار ساز برگشت می‌دهد منعکس می‌شود. نوع دیگری از سیستم لیزری از دو لیزر با آشکار سازهای داخلی استفاده می‌کند.



شکل (۱)

سیستم تک لیزری چنانکه در شکل بالا نشان داده شده است دارای مزایایی است که برای تقویت تطبیق پذیری و افزایش قابل استفاده بودن، در سیستم گنجانده شده است.

**قابلیت گسترش اندازه گیری:** بعنوان امتیاز فقط در سیستم تک لیزر، این قابلیت امکان گسترش دینامیکی دامنه آشکار ساز سیستم برای پوشش دادن ناهمراستایی‌های بزرگ را فراهم می‌کند- تشریح صفحه بعد را ببینید.

**قابلیت همراستایی دو بخشی:** سیستم تک لیزر همراستایی ماشینی که فاصله انداز یا کوپلینگ نداشته باشد را میسر می‌سازد، هر ماشین می‌تواند بطور مستقل چرخانده شود. این ویژگی به خصوص زمانی مفید است که از کوپلینگ‌های فاصله بزرگ یا کوپلینگ‌های سیال استفاده می‌شود. زمانی که همراستایی ماشین‌های بزرگی مثل توربین‌ها یا زمانیکه یک یا دو تا از ماشین‌ها به آسانی چرخانده نمی‌شوند را انجام می‌دهیم.

**تکنولوژی تک کابل:** تنها یک کابل (یا هیچ کابلی) مورد نیاز است این مخصوصاً در شفت‌های فاصله طویل مانند موتورهای برج خنک کاری مهم است چرا که کابل‌های طویل با درگیر شدن به ابزارها، در مدت زمان اندازه گیری همراستایی می‌تواند تاثیر گذار باشد.



پارسا

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

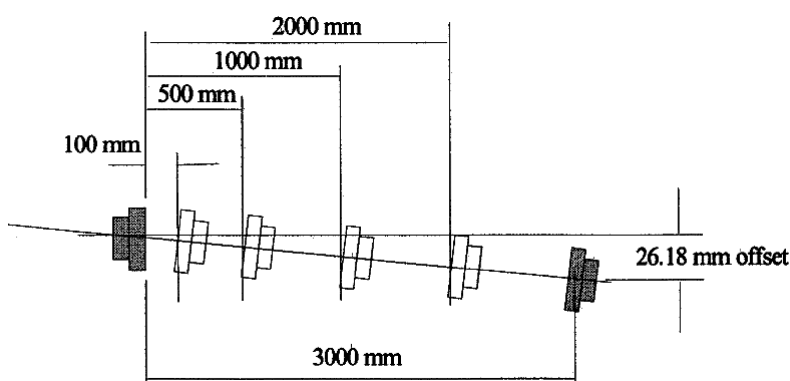
۳۲

تنها یک لیزر برای تنظیم: در نصب شفت‌های فاصله طویل یا ماشین‌های بزرگ راحت‌تر است که تنها با یک موقعیت ثابت برای تنظیم کار شود.

### تشریح قابلیت توسعه اندازه گیری:

چرا قادر بودن به توسعه دامنه آشکار ساز در سیستم همراهی شفت مفید است؟ مطمئناً داشتن دامنه آشکار ساز بزرگتر بهتر خواهد بود؟ بله. بطور تئوری داشتن سطح آشکار ساز ثابت (ساکن) به اندازه ۵۰۰ میلی متر مفید خواهد بود. اما سیستم به سادگی بخاطر اندازه و وزن غیر قابل استفاده خواهد بود. توافق ایده‌آل این است که سطح آشکار ساز در صورت نیاز بطور دینامیکی گسترش یابد. این قابلیت سیستم را در حداقل اندازه و وزن نگه می‌دارد و بنابراین استفاده از سیستم را در نواحی که دسترسی به آن مشکل است، بهینه می‌سازد.

بعنوان مثال: محرکه برج خنک کاری با شفت کوپلینگ فاصله انداز بطول ۳۰۰۰ میلی متر را در نظر می‌گیریم. فاصله بین شفت‌های ماشین محرک و متحرک می‌تواند قابل توجه باشد حتی تنها با یک انحراف زاویه ای کوچک بین شفت‌ها.



شکل ۲) محدودیت‌های تحمیل شده بوسیله کوپلینگ های فاصله طویل را نمایش می دهد.

یک مثال ساده از نصب کوپلینگ با ناهمراستایی زاویه ای 0.5 درجه ما بین کوپلینگ‌ها در نظر بگیریم. این به معنی یک کوپلینگ کوتاه بطول ۱۰۰ میلی متر با انحراف 0.87 میلی متر ما بین خط مرکز کوپلینگ ها است. انحراف به آسانی با هر سیستم لیزری می‌تواند اندازه گیری شود.

اگر فاصله بین سطوح کوپلینگ ها تا ۵۰۰ میلی متر افزایش یابد، انحراف خط مرکزها مقدار 4.36 میلی متر می‌گردد که خارج از محدوده بیشتر سیستم های آشکار ساز لیزری ساکن می‌باشد.

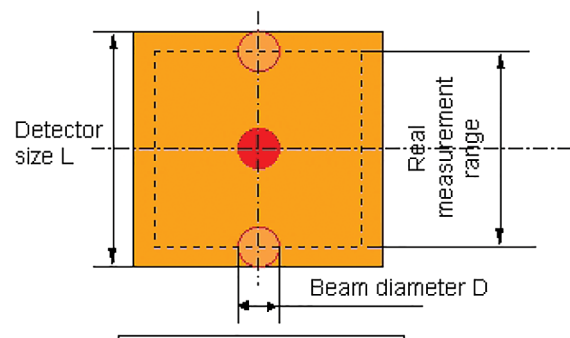


حالا فاصله را به ۱۰۰۰ میلی متر افزایش می دهیم، انحراف =  $8.72$  میلی متر.

همچنان که کوپلینگ فاصله طویل تر می شود تا ۳۰۰۰ میلی متر، یک انحراف بزرگ  $26.18$  میلی متری رخ می دهد. این تنها با  $0.5$  درجه زاویه ما بین خط مرکز محور ها اتفاق می افتد. این انحراف بزرگ تنها با آشکار ساز قابل توسعه می تواند اندازه گیری شود. از این رو، نیازمند ناحیه آشکار ساز ساکن به اندازه تقریبی ۶۰ میلی متر جهت شبیه سازی این انحراف است.

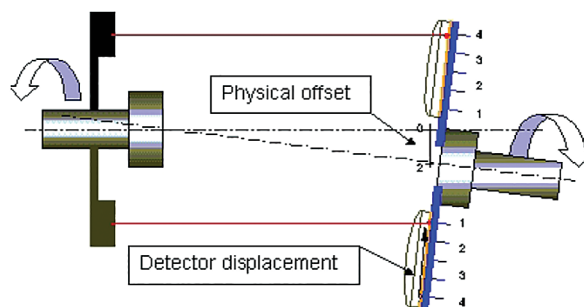
دلایل انتخاب یک چنین آشکار ساز بزرگی می تواند بصورت زیر شرح داده شود:

همان طور که در شکل مشخص است ناحیه کاری آشکار ساز کمتر از ناحیه فیزیکی آشکار ساز است. برای مثال اگر ناحیه آشکار ساز  $20 \times 20$  میلی متر باشد، و پرتو لیزر به قطر ۴ میلی متر، آنگاه ماکزیمم ناحیه اندازه گیری مفید ۱۶ میلی متر خواهد بود چنانکه در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل (۳)

برای قادر بودن به اندازه گیری انحراف بایستی محدوده سیستم آشکار ساز دو برابر مقدار انحراف باشد. گیرنده پرتو لیزر، همان طور که در شکل زیر نمایش داده شده است آفست فیزیکی را بصورت دو برابر اندازه گیری می کند.

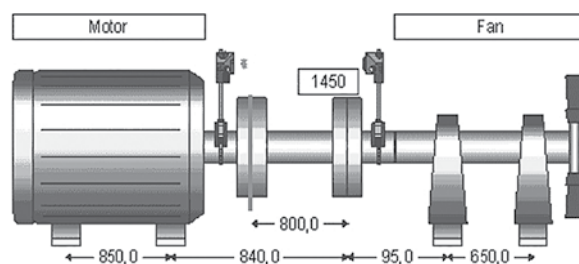


شکل (۴)



مثلاً برای اندازه گیری آفست فیزیکی ۲ میلی متری ، به آشکار ساز با دامنه ۴ میلی متری نیازمندیم. زمانی می توان از قابلیت گسترش اندازه گیری اظهار رضایت کرد که محور برج خنک کاری یا دیگر محورهای بلند را اندازه گیری نمائید، به شرطی که ماکزیمم طول اندازه گیری کمتر از یک متر باشد. چرا این قابلیت گسترش دامنه آشکار ساز مهم است؟  
مثالی از مزایای قابلیت گسترش دامنه آشکار ساز در اینجا با یک نمونه واقعی کاربردی توضیح داده شده است.

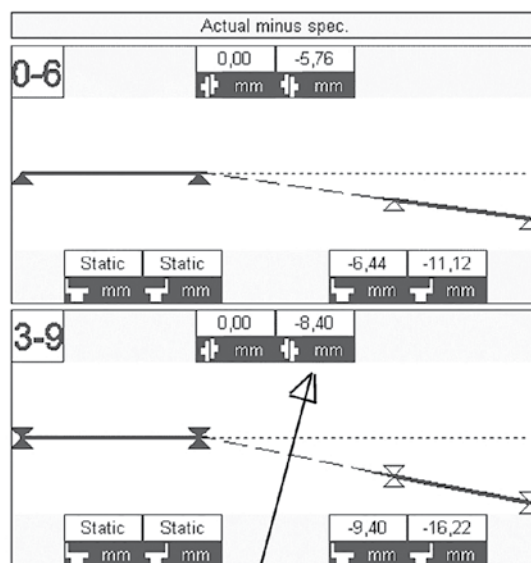
یک موتور/ فن محرکه، چنانکه در شکل زیر نشان داده شده است اندازه گیری شده است :



شکل (۵)

طول کوپلینگ فاصله ۸۰۰ میلی متر بود. مقدار فاصله (گپ) و انحراف (آفست) اندازه گیری شده بصورت زیر بود :

|       | گپ      | آفست   |
|-------|---------|--------|
| عمودی | 0.72 mm | → 0.00 |
| افقی  | 1.05 mm | → 0.00 |

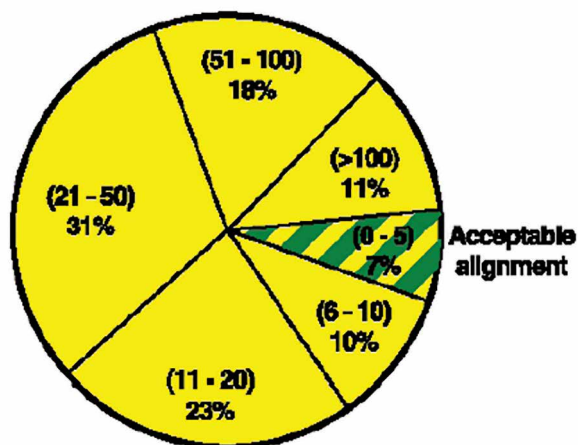


شکل (۶)



برای تسهیل کردن این اندازه گیری ضروری است که آشکار سازها توانایی اندازه گیری آفست 8.4 میلی متر را داشته باشند. برای این بایستی دامنه آشکار ساز مقدار 20.8 میلی متر باشد. این مقدار بوسیله فرمول زیر بدست آمده است:

$$20.8 = 4\text{mm} + (2 \times 8.4) \rightarrow \text{قطر پرتو لیز} + 2 \times \text{آفست اندازه گیری شده}$$



شکل ۷) انحراف شفت به اندازه 0.01 میلی متر در مرکز کوپلینگ برای نمونه ۱۰۰ تایی از ماشین‌ها که در دور ۳۰۰۰ کار می کنند.

کمتراز ۱۰ درصد ماشین‌هایی که اندازه گیری شده بودند در داخل بازه استاندارد توصیه شده برای همراستایی قرار داشتند.

با استفاده از نمودار دایره ای و محاسبه مقدار میانگین وزنی ، انحراف 0.35 mm بعنوان رقم قابل قبول برای محاسبه‌ی توان بالقوه ی ذخیره سازی برای کارخانه می باشد. در نظر بگیرید که توان مصرفی برای تجهیزات دوار در کارخانه در حدود ۳۰ مگا وات باشد، مقدار تخمینی ذخیره سازی انرژی بصورت زیر بدست می آید:

با فرض نرخ الکتریسیته 0.03 پوند برای هر کیلو وات ساعت و بطور محافظه کارانه کاهش قدرت به 0.75 داریم :

$$30,000 \text{ Kw} \times 0.75\% \times £0.03 / \text{Kwh} = £ 6,75 \text{ per hour}$$

Or £50,680 per year



پس

سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

۳۶

## همراستایی لیزری شفت قابلیت اطمینان شفت را تقویت می کند:

بهبود کاربردی و اساسی کارخانه در سایه پیروی از یک برنامه جامع همراستایی پمپ و برنامه نظارت در یک شرکت بزرگ شیمیایی جوهر نمک در Derbyshire<sup>1</sup> بدست آمد.

فرآیند تولید موادی نیاز دارد که دور تا دور کارخانه بصورت مکانیکی از یک ایستگاه فرآیند به ایستگاه بعدی حرکت داده می شوند. تا سال ۱۹۹۶ عملیات تمیز کاری و نگهداشت مثل کارهای مبارزه با آتش خیلی سخت بود. مهندس کارخانه در آن زمان مدیریت را از نیاز به دیدگاه فعالانه در زمینه عملکرد نگهداری و نظارت بر بازده پمپ متقاعد کرد. بنابراین استفاده از سیستم همراستایی لیزری و تجهیزات نظارتی محیط بعنوان یک طرح هماهنگ برای تقویت بازده کارخانه معرفی گردید.

در سال های گذشته، بطور تخمینی تعداد ۱۲۰۰ پمپ در هر سال با هزینه سالانه ۹۸۰۰۰ پوند تعمیر شده بود، متوسط زمان محاسبه شده بین خرابی این پمپ ها ۱۰ ماه بود.

با استفاده از ترکیبی از همراستاسازی لیزری ماشین های تازه تعمیر شده و همراستایی ماشین های جدیداً نصب شده در زمان مجاز بعلاوه نظارت بر وضعیت روزمره کارخانه بطور هم زمان با یک بررسی جامع و کامل از اجزای نصب شده مانند سیل ها، یاتاقان ها و واشرها، کارخانه شروع به مشاهده صرفه جویی قابل توجهی در هزینه نگهداشت همه سیستم های مهم پمپ شد.

با به کار گیری دستگاه لیزری در کارخانه صرفه جویی قابل توجهی بدست آمده است. قابلیت اطمینان کارخانه با توجه به متوسط زمان خرابی ( $MTBF^2$ ) به بیش از ۴۶ ماه رسیده و تعمیرات برنامه ریزی شده پمپ ها شدیداً کاهش یافته است. پس انداز محاسبه شده در حال حاضر بیش از ۸۰۰۰۰ پوند در سال است و از زمان آغاز برنامه در سال ۱۹۹۶ در حدود ۴۵۰۰۰۰ پوند است.

برای دستیابی به این پس انداز فوق العاده، مهندسین برنامه ای جامع از اقدامات مورد استفاده قرار دادند، فاکتورهای کلیدی شامل:

■ تعهد مهندسین و مدیران به این برنامه.

■ صبر و بردباری

۱- یک شهرستان در ناحیه میدلند شرقی انگلستان است

2-mean time between failure



- استفاده از سیستم همراهی لیزری
- نظارت بر وضعیت موجود
- آموزش
- بررسی ریشه‌ای دلایل
- انتخاب دقیق مکانیکال سیل
- انتخاب دقیق یاتاقان‌ها
- مشارکت با تامین کنندگان
- بهبود طراحی و نصب لوله کشی
- در نظر گرفتن انتخاب پمپ
- انتخاب سیستم روانکاری پیشرفته



پس

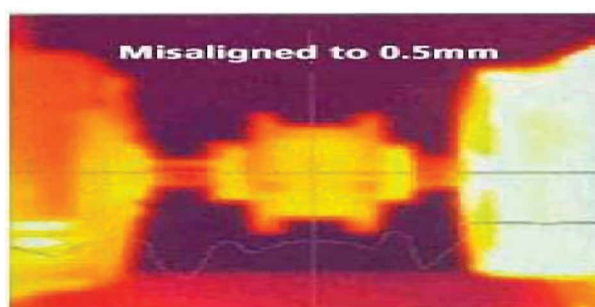
سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

۳۸

### هم راستایی لیزری عمر یاتاقان‌ها و آبندها را افزایش می دهد.

مطالعه ای توسط شرکت Infraspection در ایالات متحده آمریکا برای ارزیابی تاثیر ناهمراستا بودن روی اجزای کلیدی ماشین از جمله یاتاقان‌ها و سیل‌ها و کوپلینگ‌ها انجام گرفت. در یک سری از تست‌ها، ناهمراستایی برای مجموعه موتور پمپ معرفی گردید. در هر عکس ترموگرافی جدید که با فاصله زمانی از عکس قبلی گرفته می شد که این تصاویر برای معین کردن درجه حرارت اجزا بود، افزایش دمای اجزاء کلیدی مشاهده گردید. تست برای گستره متنوعی از انواع کوپلینگ‌های انعطاف پذیر انجام گرفت. بدون استثنا؛ همه کوپلینگ‌ها، یاتاقان‌ها و نشیمن‌گاه‌های ماشین (بنابراین سیل‌ها) افزایش دمای قابل توجهی نشان دادند.

شکل پایین تاثیر ناهمراستایی روی اجزاء را هنگامی که مقدار همراستایی 0.05 میلی متر و سپس ناهمراستایی به مقدار 0.5mm افزایش می یابد نشان می دهد.



شکل (۸)

نه تنها اجزاء انعطاف پذیر کوپلینگ داغ می شود، بلکه ماشین ها خود نیز درجه حرارت بالا را مخصوصاً اطراف نشیمن گاه یاتاقان انتقال می دهند. نه یاتاقانها و نه سیل ها برای کارکرد در دوره های زمانی طولانی در این چنین دمایی ناشی از نا همراهی، طراحی شده اند. نتیجه اجتناب ناپذیر از عملکرد آنها در این شرایط استهلاک زود رس و کاهش عمر مفید ماشین است.

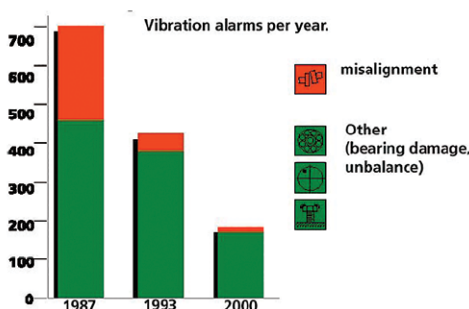
### همراستایی لیزری محور، ارتعاش را کاهش می دهد.

در طول دوره ای از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰ یک پالایشگاه بزرگ نفتی انگلیس همراهی کردن توسط سیستم لیزری را بعنوان استاندارد حفاظتی برای همه ماشین های کوپل شده دوار تصویب کرد. در طول دوره، آنها همچنین حوادث ناشی از هشدارهای ارتعاش را بررسی و نظارت کردند و مشاهده کردند چطور استفاده از همراهی لیزری شفت می تواند در همه موارد به کاهش این حوادث کمک کند. هشدارها به دو دسته مشکلات ناشی از نا همراهی و مشکلات متفرقه دیگر از جمله خرابی یاتاقان ها، آنبالانسی و عدم انسجام مکانیکی تجزیه شدند. نمودار ارائه شده توسط شرکت به وضوح نشان می دهد که کاهش قابل توجهی در هشدارهای تجاوز از حد مجاز در زمینه ارتعاش به دست آمده است. و در مورد مشکلات مربوط به همراهی در مجموع همه مشکلات حذف شده اند.



سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

۳۹



شکل (۹)

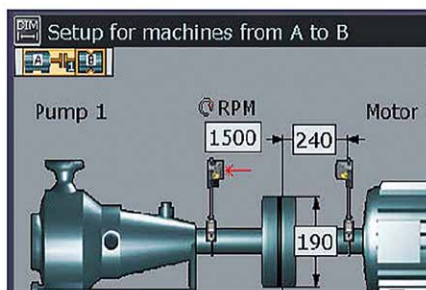
سیستم همراهی لیزری بعنوان یکی از اولین اصول دارای مشخصه طراحی کارکرد آسان می باشد و سیستم ارتباطی خلاقانه ای زیادی دارد که عبارتند از:

- سیستم ارتباطی بلوتوثی با سنسور ها و چاپگرها
- منو ساده و راهنمایی از طریق متن کمکی زنده روی صفحه نمایش

- قابلیت همراهی چند منظوره شامل هم محوری سوراخ و صافی سطح
- رسم نمودارهای واقعی از کارکرد ماشین
- حفاظت از رواج افتادگی به طریق ارتقاء سیستم از وب
- صفحه نمایش رنگی با وضوح بالا
- حافظه داخلی با ظرفیت ۵۰۰ بار اندازه گیری همراهی جداگانه



شکل ۱۰) کاربر گام به گام در طول روند اندازه گیری هدایت می شود ، منو دستورات زنده و کمکهای فوری در صفحه نمایش مطمئن می سازد که هر کس می تواند فرآیند همراهی دقیق شفت را در عرض چند دقیقه انجام دهد.



شکل ۱۱) تصاویر واضح و نوشته های فوری روی صفحه نمایش جای هیچ مشکلی را برای کاربر نمی گذارد.

فقط به ازای ۶۰ درجه چرخش از هر موقعیت چرخش دستگاه لیزری ، اطلاعات همراهی در کوپلینگ بعلاوه مقدار اصلاحات مربوط به شیم در پایه ماشین را فراهم می کند.

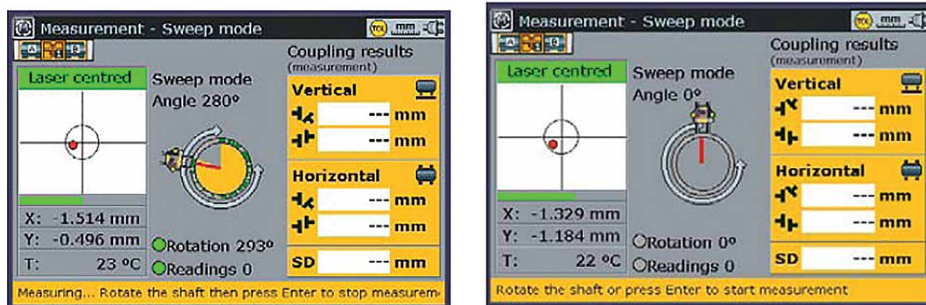


سپهر

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۴۰



صفحه گرافیکی با رنگ منحصر به فرد مقدار زاویه ی چرخش در طول اندازه گیری را نشان می دهد.

نصب آسان سیستم لیزر، هدایت کردن از طریق کمکهای روی صفحه نمایش، اندازه گیری را فرآیندی آسان نموده است.

شکل (۱۲)

تعریف شدن محدوده تolerانس همراستایی مجاز به دستگاه ، اپراتور را در تصمیم گیری های دقیق در مورد صحت همراستایی اندازه گیری شده یاری نموده و تولید گزارش جامع از هر پرینتر در دسترس متصل به کامپیوتر دستگاه لیزر و تهیه مستندات فوری از شرایط نهایی همراستایی را فراهم می کند.

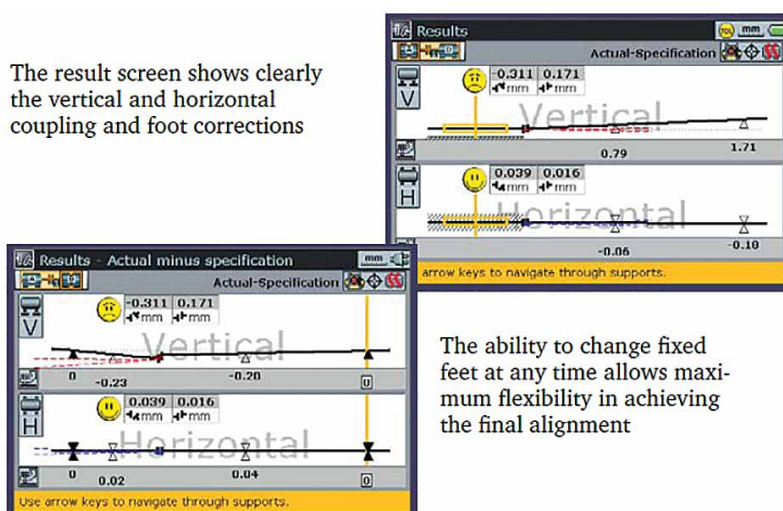
سیستم های لیزری هوشمند با قابلیت انتخاب تعدادی از گزینه های اندازه گیری همراستایی، توانایی رفع هر گونه ترکیبات انحراف پایه ها ، تعریف انواع کوپلینگ و توانایی وارد کردن اطلاعات مربوط به انبساط حرارتی در کوپلینگ ها و پایه ها ، تمامی توابع ضروری تعریف شده برای سیستم همراستا سازی لیزری و بیشتر از آن را ارائه می دهد.



سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

۴۱

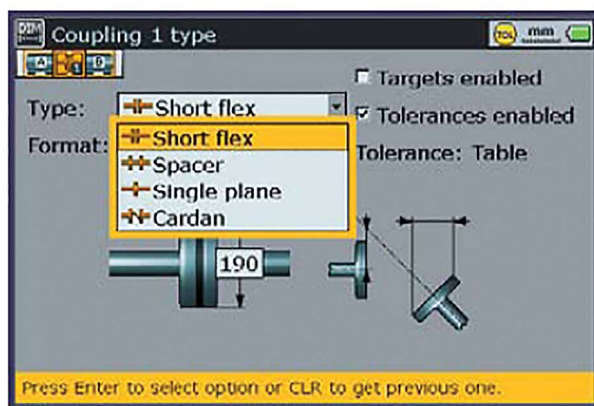
The result screen shows clearly the vertical and horizontal coupling and foot corrections



The ability to change fixed feet at any time allows maximum flexibility in achieving the final alignment

شکل (۱۳)

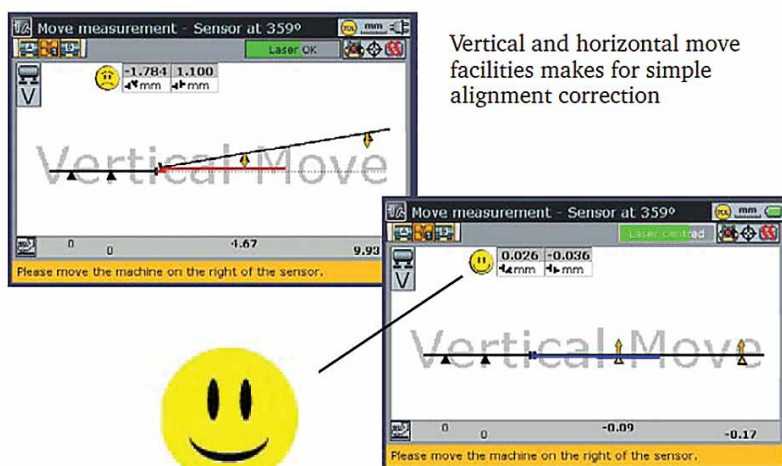
صفحه نمایش مربوط به نتایج ، بطور واضح اصلاحات افقی و عمودی مربوط به کوپلینگ و پایه ها را نشان می دهد. ویژگی منو کشویی امکان انتخاب نوع کوپلینگ و توابع دیگر را به راحتی میسر می سازد.



شکل (۱۴)

برای کمک بیشتر جهت همراستایی دقیق شفت ، به اختصار همراستایی شفت در یک توقف "one stop" دستگاه لیزری هوشمند کمک های زنده روی صفحه نمایش بصورت افقی و عمودی ارائه می کند که اپراتور را قادر می سازد که اصلاحات مربوط به همراستایی را روی صفحه نمایش چنانکه رخ می دهد مشاهده کند.

این امر به ویژه هنگامی مفید است که جابجایی ماشین بصورت افقی نیاز باشد و یا زمانی که پیچ ها روی فوندانسیون مشکوک به نا همراستایی بوده و یا پایه ها بصورت مشکل دار قرار داده شوند.



شکل (۱۵) امکانات مربوط به حرکت عمودی و افقی باعث اصلاح ساده همراستایی می شود.



پس

سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

۴۲

هنگامی که شکلک خندان در صفحه نمایش ظاهر می شود ، اپراتور می فهمد که همراهی در مشخصات مورد نظر از جمله نوع و سرعت ماشین بطور دلخواه است.

مراجع:

1- Engineers guide to shaft alignment - PRUFTECHNIK LTD

۲- اصول و روش های هم محوری - شرکت ملی پالایش و پخش فراورده های نفتی ایران

3- SKF shaft alignment tools



سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

# ریخته گری، بازرسی، جوشکاری وترمیم قطعات پمپ بر اساس الزامات استاندارد API 610



◀ مهندس یونس بوداق

مدیر امور مهندسی و فروش شرکت ریخته گری آفکو (گروه پمپیران)

## مقدمه :

با توجه به الزام استاندارد API 610 پمپ‌های طراحی و ساخته شده بر اساس این استاندارد باید حداقل ۳ سال بدون سرویس تعمیراتی کارکرد مداوم داشته و به مدت ۲۰ سال نیز بتوانند ارائه سرویس نمایند. برای تحقق این امر، در کنار فیلدهای مهمی مانند طراحی، مونتاژ، نصب و راه اندازی مناسب، مبحث انتخاب مواد و روش‌های ساخت و بازرسی و اطمینان از سلامتی قطعات نیز یکی از مباحث مهم و تاثیر گذار می‌باشد. با توجه به پیچیدگی اکثر قطعات پمپ‌ها و به تبع آن پمپ‌های مورد استفاده در صنایع نفت، روش‌های ریخته‌گری تنها روش ساخت قطعات پیچیده پمپ از جمله پروانه‌ها، محفظه‌ها، دیفیوزرها و یاتاقان‌ها می‌باشند. از این رو در این استاندارد که یکی از مراجع مهم طراحی و تولید پمپ‌های نفتی می‌باشد در خصوص قطعات ریخته و نحوه تولید و بازرسی و ترمیم و کنترل آنها موارد مهمی ذکر شده است. در این مقاله سعی شده است موارد مطرح شده در استاندارد مذکور در خصوص قطعات ریخته منعکس گردد.



پمپ

سال ۳۳  
پمپیر و زمینستان  
۱۳۹۶

۴۴

## ۱- گروه های آلیاژی و مشخصات مواد قطعات ریخته:

در استاندارد API 610 در جدول H1 گروه های آلیاژی مشتمل بر چهارده گروه برای انتخاب توسط مشتری یا طراح ارائه شده است. همچنین جدول H2 نیز به عنوان راهنمای مشخصات مواد برای گروه های آلیاژی مندرج در جدول H1 می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در **جداول (۱)** و **(۲)** زیر، گروه های آلیاژی مواد ریخته گری و مشخصات آنها که از جداول فوق الذکر استخراج گردیده، آمده است.

جدول (۱) کلاس های مواد برای قطعات ریخته پسی

| قطعه                                                              | کلاس مواد و اخصالیات |              |              |              |              |                |                     |                     |                       |             |                     |                    |                        |                       |                                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                                                                   | کلاس مواد            | I-1          | I-2          | S-1          | S-3          | S-4            | S-5                 | S-6                 | S-8                   | S-9         | C-6                 | A-7                | A-8                    | D-1 <sup>(۹)</sup>    | D-2 <sup>(۹)</sup>             |
| قطعات با انطباق کامل <sup>(۱)</sup><br>Full (compliance material) |                      |              |              |              |              |                |                     |                     |                       |             |                     |                    |                        |                       |                                |
|                                                                   | CI <sup>(۲)</sup>    | CI           | STL          | STL          | STL          | STL            | STL                 | STL                 | STL                   | 12 % CR     | AUS                 | 316 AUS            | Duplex                 | Super Duplex          |                                |
| قطعات دیگر<br>Trim)<br>(material)                                 | CI                   | BRZ          | CI           | Ni-resist    | STL          | STL<br>12 % CR | 12 % CR             | 316 AUS             | Ni-Cu alloy           | 12 % CR     | AUS <sup>(۳)</sup>  | 316 AUS            | Duplex                 | Super Duplex          |                                |
| محفله فشار                                                        | —                    | Cast iron    | Cast iron    | Carbon steel | Carbon steel | Carbon steel   | Carbon steel        | Carbon steel        | Carbon steel          | 12 % CR     | AUS                 | 316 AUS            | Duplex                 | Super Duplex          |                                |
| قطعات داخلی محفله<br>(دیفیوزر، طبقه، دیوالر، لگر)                 | —                    | Cast iron    | Bronze       | Cast iron    | Ni-Resist    | Cast iron      | Carbon steel        | 12 % CR             | 316 AUS               | Ni-Cu alloy | 12 % CR             | AUS                | 316 AUS                | Duplex                | Super Duplex                   |
| پروانه                                                            | —                    | Cast iron    | Bronze       | Cast iron    | Ni-Resist    | Carbon steel   | 12 % CR             | 316 AUS             | Ni-Cu alloy           | 12 % CR     | AUS                 | 316 AUS            | Duplex                 | Super Duplex          |                                |
| رینگ سایشی محفله                                                  | —                    | Cast iron    | Bronze       | Cast iron    | Ni-Resist    | Cast iron      | 12 % CR<br>Hardened | 12 % CR<br>Hardened | Hard-faced<br>316 AUS | Ni-Cu alloy | 12 % CR<br>Hardened | Hard-faced<br>AUSe | Hard-faced<br>316 AUSe | Hard-faced<br>Duplexe | Hard-faced<br>Super<br>Duplexe |
| رینگ سایشی پروانه                                                 | —                    | Cast iron    | Bronze       | Cast iron    | Ni-Resist    | Cast iron      | 13 % CR<br>Hardened | 12 % CR<br>Hardened | Hard-faced<br>316 AUS | Ni-Cu alloy | 12 % CR<br>Hardened | Hard-faced<br>AUSe | Hard-faced<br>316 AUSe | Hard-faced<br>Duplexe | Hard-faced<br>Super<br>Duplexe |
| محفله های مکش و محفله زایش (مخلیه)                                | —                    | Carbon steel | Carbon steel | Carbon steel | Carbon steel | Carbon steel   | Carbon steel        | Carbon steel        | Carbon steel          | AUS         | AUS                 | 316 AUS            | Duplex                 | Super Duplex          |                                |

(۱) قطعات با انطباق کامل، قطعات پیوسته که دارای الزامات استحکام و قشیر می باشند، عنوان قطعات با انطباق کامل در جدول مشخص شده اند و باید تمام الزامات مشخصات مورد توافق را پوشش دهند.

برای سایر قطعات (به عنوان مثال قطعاتی که مقاومت به خوردگی در آنها دغدغه اصلی می باشد) لازم است از نظر آلاینده شیمیایی مشخص شده مطابقت نمایند (۲) حروف اختصاری مشخص شده در بالای ریف دوم نشان دهنده مواد محفله و حروف اختصاری موجود در پایین ریف دوم به مواد سایر قطعات دلالت دارد

AUS316 فولاد زنگ نزن استییتی دارای حداقل ۲ درصد مولیبدن

4140 فولاد الزامی استحکام بالا با حدود ۰.۴ درصد کربن و ۱ درصد کروم و ۰.۲ درصد منگون

(۳) فولادهای زنگ نزن استییتی شامل ISO types 683-13-10/19, 304, 316, 321, and 347, AISI standard types 302, 303, 304, 316, 321, and 347

(۴) بعضی کاربردها ممکن است گریدهای آلیاژی بالایی از دینکس جدول فوق داشته باشند که در این صورت آلیاژی های سیر دینکس یا فاکتور مقاومت در برابر خوردگی حفره ای (PRE) بالایی از ۴۰ لازم می باشد. که این فاکتور مقاومت از رابطه  $PRE = W_{Cr} + 3.3W_{Mo} + 16W_{Ni}$  بدست می آید که در آن اعداد نشان دهنده درصد وزنی عناصر مربوطه در ترکیب شیمیایی آلیاژ می باشد.



جدول (۲) مشخصات مواد قطعات ریخته پد

| کلاس مواد                | کاربرد               | International  | USA                                    |                  | Europe             |                          | Japan                        |
|--------------------------|----------------------|----------------|----------------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------|
|                          |                      | ISO            | ASTM                                   | UNS              | EN                 | Grade                    | JIS                          |
| چدن                      | قطعات ریخته تحت فشار | 185/Gr 250     | A278/A278M Class 30                    | F12401           | EN 1561            | EN-GJL-250               | G 5501, FC 250               |
|                          | قطعات ریخته معمولی   | 185/Gr 300     | A48/A48M Class 25/30/40                | F11701/F12101    | EN 1561            | EN-GJL-250<br>EN-GJL-300 | G 5501, FC 250 /300          |
| فولاد                    | قطعات ریخته تحت فشار | 4991 C23-45 AH | A216/A216M Gr WCB                      | J03002           | EN 10213           | GP 240 GH                | G 5151, CI SCPH 2            |
| فولاد کروم دار 12% %12   | قطعات ریخته تحت فشار | —              | A487/A487M Gr CA6NM                    | J91540           | EN 10213           | GX 4 Cr Ni 13-4          | G 5121, CI SCS 6, SCS 6X     |
|                          | قطعات ریخته معمولی   | —              | A743/A743M Gr CA 15                    | J91150           | EN 10283           | GX 12 Cr 12              | G 5121, CI SCS 1, SCS 1X1    |
|                          |                      | —              | A487/A487M Gr CA6NM                    | J91540           | EN 10283           | GX 4 Cr Ni 13-4          | G 5121, CI SCS 6, SCS 1X1    |
| فولاد زنگ نزن آستنییتی   | قطعات ریخته تحت فشار | 683-13-10      | A351/A351M Gr CF3M                     | J92500           | BSI/BS/ EN 10213-4 | GX2 Cr Ni 19-11          | G 5121, CI SCS 19A           |
|                          |                      | 683-13-19      | A351/A351M Gr CF3M                     | J92800           | BSI/BS/ EN 10213-4 | GX2 Cr Ni Mo 19-11-2     | G 5121, CI SCS 16A, SCS 16AX |
|                          | قطعات ریخته معمولی   | —              | A743/A743M Gr CF3                      | J92500           | EN 10283           | GX2 Cr Ni 19-11          | G 5121, CI SCS 19A           |
|                          |                      | —              | A743/A743M Gr CF3M                     | J92800           | EN 10283           | GX2 Cr Ni Mo 19-11-2     | G 5121, CI SCS 16A, SCS 16AX |
| فولاد زنگ نزن دوپلکس     | قطعات ریخته تحت فشار | —              | A890/A890M Gr 1 B<br>A995/A995M Gr 1 B | J93372           | BSI/BS/ EN 10213-4 | GX2 CrNiMoCuN-25-6-3-3   | G5121, Gr. SCS 11            |
|                          |                      | —              | A890/A890M Gr 3 A<br>A995/A995M Gr 3 A | J93371<br>J93371 | —                  | —                        | —                            |
|                          |                      | —              | A890/A890M Gr 4 A<br>A995/A995M Gr 4 A | J92205<br>J92205 | BSI/BS/ EN 10213-4 | GX2 CrNiMoCuN-25-6-3-3   | G5121, Gr. SCS 11            |
| فولاد زنگ نزن مویردوپلکس | قطعات ریخته تحت فشار | —              | A890/A890M Gr 5A                       | J93404           | BSI/BS/ EN 10213-4 | GX2CrNiMo N 26-7-4       | 1.4469                       |
|                          |                      | —              | A890/A890M Gr 6A                       | J93380           | —                  | —                        | —                            |



پاییز و زمستان

سال ۱۳۹۳

پاییز و زمستان

۱۳۹۳

۴۶

## ۲- صافی سطوح و وضعیت ظاهری قطعات ریخته

مطابق این استاندارد قطعات ریخته باید به روش هایی مانند سند بلاست، شات بلاست، روش شیمیایی یا هر روش استاندارد که تامین کننده وضعیت سطحی مندرج در استاندارد مقایسه ای MSS SP-55 باشد، تمیز گردد. پلیسه ها و اضافات سیستم راهگامی و تغذیه گذاری باید کاملاً بوسیله تراشکاری یا سنگ زنی جدا شوند.

استاندارد MSS SP-55 از سری استانداردهای کیفی قطعات ریخته فولادی برای شیرالات، فلنج ها ، اتصالات و سایر قطعات لوله ای به روش چشمی (ظاهری) برای تعیین میزان بی نظمی های سطوح می باشد. در این استاندارد عیوب یا بی نظمی های سطحی قطعات ریخته به ۱۲ نوع عمومی شامل: ۱- ترک های گرم و سرد ۲- کشیدگی ۳- آخال ماسه ۴- مک های گازی ۵- پرگ و پلیسه ۶- رگه یا رد بار ۷- چین خوردگی، پیرپوستی، ساچمه ذوب ۸- اثرات برشکاری ۹- طبله یا زخمه ۱۰- بقایای چپلت ۱۱- مناطق جوشکاری ۱۲- زبری سطوح، طبقه بندی شده و برای هر نوع عیب ۵ عدد تصویر مرجع ارائه شده است که ۲ عدد

تصویر موجود در سمت چپ نشان دهنده وضعیت های قابل قبول و سه عدد تصویر سمت راست وضعیت های غیر قابل قبول را نمایش می دهد. لازم به ذکر است هر عکس نشان دهنده سطحی به اندازه ۱۰۰×۱۲۵ میلی متر می باشد که باید به سطح کل قطعات تعمیم یابد.

### ۳- بازرسی مواد محفظه های تحت فشار:

اگر روش دیگری مشخص نشده باشد، مواد محفظه های تحت فشار باید بر اساس مفاد جدول ۳ مورد بازرسی قرار گیرند. اگرچه پمپ ها برای تحمل فشار و دمای مشخص طراحی می شوند با این وجود فقط تست هیدرولیک محفظه ها که مطابق الزامات استانداردهای بین المللی انجام می شود، به تنهایی نمی تواند تضمین کننده کیفیت لازم برای سرویس مورد نظر باشد چرا که کیفیت قطعات ریخته از تغییرات قابل ملاحظه ایجاد شده در فرایند ساخت متاثر می باشد. استانداردهای موجود مانند ASTM به خودی خود حداقل الزامات مواد را مهیا می نمایند ولی در صورتیکه قطعات ریخته در معرض طیف وسیعی از اشکالات از جمله کشیدگی، مک های گازی، ترک گرم، آخال های سرباره، جوش ترمیمی نادرست و ... می باشند به اضافه اینکه بعضی از مواد مستعد عیوب ترک گرم مزر دانه ای و دریدگی مرزدانه ای می باشند که این عیوب می توانند در اثر تنش های ناشی از دما و فشار و ارتعاش و نیروهای وارده از سیستم لوله گذاری در حین کارکرد پمپ اشاعه پیدا کنند. برای پمپ های با محفظه دابل، فشار و دمای کاری محفظه بیرونی باید معیار تعیین کلاس بازرسی محفظه بیرونی در نظر گرفته شود و محفظه داخلی باید بر اساس کلاس I از جدول (۳) مورد بازرسی قرار گیرد.

جدول (۳): الزامات بازرسی محفظه های تحت فشار

| الزامات بر اساس کلاس بازرسی <sup>(۱)</sup>                                                                                             |                                                                                       |                     | نوع قطعه                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| III                                                                                                                                    | II                                                                                    | I                   |                                     |
| وزن مخصوص >SG 0.5<br>یا<br>وزن مخصوص سوال >0.75SG و دمای کاری <200C<br>یا<br>دمای کاری <260C و شرایط کاری کاملاً خطرناک <sup>(۴)</sup> | فشار کاری قطعه بیش از 80% فشار مجاز طراحی و<br>دمای کاری بیشتر از 200 درجه سانتی گراد | مینیمم              | -                                   |
| VI<br>باضافه<br>نقاط بحرانی MT یا PT<br>باضافه<br>نقاط بحرانی UT یا RT                                                                 | VI<br>باضافه<br>نقاط بحرانی <sup>(۵)</sup> PT یا MT                                   | VI                  | مواد ریخته: محفظه <sup>(۲)</sup>    |
| VI<br>باضافه<br>نقاط بحرانی MT یا PT<br>باضافه<br>نقاط بحرانی UT                                                                       | VI<br>باضافه<br>نقاط بحرانی MT یا PT                                                  | VI                  | مواد کار شده <sup>(۳)</sup> : محفظه |
| VI<br>باضافه<br>PT یا MT<br>باضافه<br>RT                                                                                               | VI بااضافه MT یا PT                                                                   | VI بااضافه MT یا PT | محفظه: لوله های جوشی                |
| VI<br>باضافه<br>PT یا MT                                                                                                               | VI بااضافه MT یا PT                                                                   | VI                  | اتصالات جانبی جوشکاری شده           |
| VI                                                                                                                                     | VI                                                                                    | VI                  | قطعات داخلی                         |

1- تعریف اختصارات: PT: بازرسی با مایعات نافذ MT: بازرسی با ذرات مغناطیسی UT: بازرسی با تستอัลتراسونیک RT: بازرسی با تست رادیوگرافی  
2- محفظه: شامل همه قطعاتی که در پمپ به واسطه محفظه تحت فشار قرار می گیرند. به عنوان مثال: بغود محفظه و سایر قطعات مانند نازل ها، فلنج ها... که به محفظه وصل هستند  
3- مواد کار شده: شامل قطعات فورج شده محصولات صفحه ای و لوله می باشد.  
4- شرایط کاری خطرناک توسط خریدار مشخص می گردد.  
5- محل های بحرانی عبارتند از ورودی و خروجی های نازل های دیواره های محفظه در جایی که تغییر ضخامت ایجاد شده است. تولید کننده باید جزئیات مناطق بحرانی را برای تأیید تست PT, MT, RT, UT, VT به خریدار ارسال نماید.



سال ۳۳

پاییز و زمستان

۱۳۹۶

زمان انجام تست های جدول ۳ باید به شرح زیر باشد:

**الف:** تست های VI (بازرسی چشمی)، MT (بازرسی ذرات مغناطیسی) و PT (بازرسی با مایعات نافذ) باید در مرحله بعد از خشن تراشی انجام گیرد.

در مرحله ی خشن تراشی مقداری از بار ماشین کاری بر روی سطوح ماشین کاری باقی مانده نباید از ۱ میلی متر یا ۵٪ ضخامت دیواره ، هر کدام که کمتر باشد تجاوز نماید.

**ب:** تست های RT ( تست رادیوگرافی) و UT (تست التراسونیک ) قطعات ریخته باید بعد از عملیات حرارتی نهایی صورت پذیرد.

**ج:** تست RT جوش و تست UT مواد کار شده و جوش کاری شده باید بعد از عملیات حرارتی نهایی انجام شود در صورتی که عملیات ماشین کاری در فرایند تست UT مواد کار شده تاثیر گذار باشد ، باید تست UT قبل از عملیات ماشین کاری انجام شود.

در مواردی که شکل و پیچیدگی قطعه ریخته باعث غیرممکن شدن تست رادیوگرافی گردد ، ممکن است به جای تست رادیوگرافی از تست UT استفاده شود.

به جز در مواردی که به طریق دیگر مشخص شود ، روش های بازرسی و محدوده های مورد قبول باید مطابق مفاد جدول ۴ انجام گردد. اگر توسط مشتری تست های PT ، MT ، UT و RT تعیین گردیده ، بایستی روش های انجام و محدوده های قابل پذیرش آنها نیز براساس **جدول (۴)** باشد. استانداردهای جایگزین ممکن است توسط تامین کننده پیشنهاد و یا توسط خریدار مشخص شود. قسمت اطلاعات بازرسی جوش و مواد در ضمیمه ی استاندارد (شکل ۱) برای این هدف می تواند مورد استفاده قرار گیرد.



پاییز و زمستان

سال ۱۳۹۶

۱۳۹۶

۴۸

جدول (۴): استانداردهای بازرسی مواد

| محدوده مورد قبول                                |                                                                                                     | روش ها                                  | نوع بازرسی              |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| برای قطعات ریخته                                | برای قطعات ساختنی                                                                                   |                                         |                         |
| ASME BPVC, SECTION VIII, Division 1, Appendix 7 | ASME BPVC, Section VIII, Division 1, UW-51 (for 100 % radiography) and UW-52 (for spot radiography) | ASME BPVC, Section V, Articles 2 and 22 | تست رادیوگرافی          |
| ASME BPVC, SECTION VIII, Division 1, Appendix 7 | ASME BPVC, Section VIII, Division 1, Appendix 12                                                    | ASME BPVC, Section V, Articles 5 and 23 | تست التراسونیک          |
| ASME BPVC, SECTION VIII, Division 1, Appendix 7 | ASME BPVC, Section VIII, Division 1, Appendix 8                                                     | ASME BPVC, Section V, Articles 6 and 24 | بازرسی با مایعات نافذ   |
| ASME BPVC, SECTION VIII, Division 1, Appendix 7 | ASME BPVC, Section VIII, Division 1, Appendix 6                                                     | ASME BPVC, Section V, Articles 7 and 25 | بازرسی با ذرات مغناطیسی |
| MSS SP-55                                       | بر اساس مشخصات مواد و مدارک دستور العمل سازنده                                                      | ASME BPVC, Section V, Article 9         | بازرسی چشمی             |

در صورتی که سختی قطعات در منطقه جوش و منطقه متاثر از جوش (HAZ) خواسته شده باشد ، باید در محدوده مقادیر مجاز تایید شود. روش‌های تست ، محدوده مقادیر مجاز، روش مستندسازی و حضور یا عدم حضور ناظر در هنگام تست باید با توافق بین مشتری و تامین کننده مشخص گردد.

در صورتی که مشخص گردد، قطعات تحت فشار از جنس مواد آلیاژی باید به وسیله PMI ( Positive material inspection) توسط تجهیزات استاندارد و روش‌های تست مرسوم مورد بررسی قرار گیرند.

خریدار و تامین کننده باید در خصوص تست قطعات خاص، روش‌های تست و محدوده‌های قابل قبول توافق نمایند. فقط تکنیک‌هایی که نتایج کمی را ارائه می‌دهند باید مورد استفاده قرار گیرند. گواهی تست کارخانه یا شناسنامه مواد (Mill test report) ، استاندارد آنالیز مواد ، نشانه‌های ظاهری و علامت‌ها نباید جایگزین تست PMI در نظر گرفته شوند. توجه شود که تست PMI برای تفکیک بین گرید های فولاد کربنی قابل کاربرد نمی‌باشد.

استفاده از چپلت‌ها در قطعات تحت فشار باید در حداقل بوده و حداقل امکان استفاده نشود. چپلت‌ها باید کاملاً تمیز و بدون خوردگی (اکسید) باشند که در این خصوص استفاده از آبکاری چپلت‌ها مجاز می‌باشد و جنس آنها باید با جنس فلز پایه همخوانی داشته باشند. در ریخته‌گری پروانه‌ها نباید از چپلت‌ها استفاده شود.

قطعات ریخته تحت فشار از جمله محفظه‌ها از جنس فولاد کربنی باید در حالت نرمالیزه و تمپر شده و یا سخت کاری و تمپر شده تحویل داده شوند.

#### ۴- جوشکاری قطعات ریخته و تعمیر با جوشکاری

قطعات مربوط به مناطق پرفشار مرزی و پروانه‌ها نباید به وسیله جوش، پرچ، تزریق یا فشار کاری و درپوش زنی تعمیر گردند مگر با رعایت موارد زیر:

الف: آلیاژهای رده فولادی جوش پذیر مطابق الزامات جوشکاری تعمیری استاندارد API 610 قابل تعمیر بوده و باید قسمت‌های جوش تعمیری نیز مطابق الزامات کیفی قطعات ریخته مورد بازرسی قرار گیرند.

ب: قطعات چدنی می‌تواند با بستن درپوش تعمیر گردند. سوراخ‌های ایجاد شده برای بستن درپوش باید به دقت به وسیله‌ی مایعات نافذ تست شوند تا مطمئن شویم قسمت‌های معیوب مواد برداشته شده باشند. همه ترمیم‌هایی که با مشخصات مواد مربوطه پوشش داده نمی‌شوند باید جهت اخذ تاییدیه به نماینده مشتری ابلاغ گردند.



حفرات محصور داخل قطعه یا حفرات محصور شده با روش‌های ترمیمی از قبیل جوشکاری یا درپوش و... نباید وجود داشته باشند.

برای تعمیرات قطعات ریخته که در محل کارگاه فروشنده انجام می‌گیرد. دستورالعمل تعمیر شامل نقشه جوشکاری مورد تایید مشتری لازم است و خریدار باید لزوم اخذ تاییدیه برای تعمیرات را قبلاً مشخص نماید. تعمیرات انجام شده بر روی قطعات ریخته باید بر اساس مشخصات مواد ریخته کنترل شود.

جوشکاری و تعمیرات با جوش بایستی توسط اپراتور ها و پروسه های واجد شرایط **جدول (۵)** انجام گیرد. استانداردهای جایگزین ممکن است توسط فروشنده به تایید خریدار رسانده شود. درج اطلاعات مربوط به بازرسی جوش و مواد در دیتاشیت مشخصات پمپ، **شکل (۱)** ممکن است لازم باشد.

جدول (۵): الزامات جوشکاری

| الزام                                             | کد یا استاندارد قابل قبول                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تاییدیه جوشکار                                    | ASME BPVC IX or ISO 9606 (all parts)                                                                                                                                         |
| تاییدیه دستورالعمل جوشکاری                        | مشخصات مواد مورد استفاده یا در مواردی که دستورالعمل جوشکاری با مشخصات مواد پوشش داده نشود استفاده از استاندارد های:<br>SO 15609 (all parts), ASME BPVC IX or ANSI/ASME B31.3 |
| جوشکاری بدون تنش باقیمانده                        | ISO 10721-2                                                                                                                                                                  |
| تست مایعات نافذ یا تست ذرات مغناطیسی لبه های صفحه | ASME BPVC VIII, Division 1, UG-93(d)(34)                                                                                                                                     |
| عملیات حرارتی بعد از جوشکاری                      | Applicable material specification, EN 13445-4, ASME BPVC VIII, Division 1, UW 40, or ANSI/ASME B31.3                                                                         |
| عملیات حرارتی بعد از جوشکاری مربوط به ساخت محفظه  | مشخصات مواد مورد استفاده و EN 13445-4 یا<br>ASME BPVC VIII, Division 1                                                                                                       |



پس

سال ۳۳

پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۵۰

| Figure N.1—API Std 610 CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET (SI Units) (continued) |      |                                                                                                              |        |                  |                     |
|---------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------|---------------------|
| 1                                                                         | Note | PRESSURE VESSEL DESIGN CODE REFERENCES                                                                       |        |                  | Rev                 |
| 2                                                                         |      | THESE REFERENCES MUST BE LISTED BY THE MANUFACTURER                                                          |        |                  |                     |
| 3                                                                         |      | CASTING FACTORS USED IN DESIGN ( TABLE 3)                                                                    |        |                  |                     |
| 4                                                                         |      | SOURCE OF MATERIAL PROPERTIES                                                                                |        |                  |                     |
| 5                                                                         |      |                                                                                                              |        |                  |                     |
| 6                                                                         |      | WELDING AND REPAIRS                                                                                          |        |                  |                     |
| 7                                                                         |      | THESE REFERENCES MUST BE LISTED BY THE PURCHASER. (DEFAULT TO TABLE 10 IF NO PURCHASER PREFERENCE IS STATED) |        |                  |                     |
| 8                                                                         |      | ALTERNATE WELDING CODES AND STANDARDS                                                                        |        |                  |                     |
| 9                                                                         |      | WELDING REQUIREMENT (APPLICABLE CODE OR STANDARD)                                                            |        |                  |                     |
| 10                                                                        |      | WELDER/OPERATOR QUALIFICATION                                                                                |        |                  |                     |
| 11                                                                        |      | WELDING PROCEDURE QUALIFICATION                                                                              |        |                  |                     |
| 12                                                                        |      | NON-PRESSURE RETAINING STRUCTURAL WELDING SUCH AS BASEPLATES OR SUPPORTS                                     |        |                  |                     |
| 13                                                                        |      | MAGNETIC PARTICLE OR LIQUID PENETRANT EXAMINATION OF PLATE EDGES                                             |        |                  |                     |
| 14                                                                        |      | POSTWELD HEAT TREATMENT                                                                                      |        |                  |                     |
| 15                                                                        |      | POSTWELD HEAT TREATMENT OF CASING FABRICATION WELDS                                                          |        |                  |                     |
| 16                                                                        |      |                                                                                                              |        |                  |                     |
| 17                                                                        |      | MATERIAL INSPECTION                                                                                          |        |                  |                     |
| 18                                                                        |      | THESE REFERENCES MUST BE LISTED BY THE PURCHASER                                                             |        |                  | DEFAULT TO TABLE 14 |
| 19                                                                        |      | ALTERNATIVE MATERIAL INSPECTIONS AND ACCEPTANCE CRITERIA (SEE TABLE 14) (8.2.2.5)                            |        |                  |                     |
| 20                                                                        |      | TYPE OF INSPECTION                                                                                           | METHOD | FOR FABRICATIONS | FOR CASTINGS        |
| 21                                                                        |      | RADIOGRAPHY                                                                                                  |        |                  |                     |
| 22                                                                        |      | ULTRASONIC INSPECTION                                                                                        |        |                  |                     |
| 23                                                                        |      | MAGNETIC PARTICLE INSPECTION                                                                                 |        |                  |                     |
| 24                                                                        |      | LIQUID PENETRANT INSPECTION                                                                                  |        |                  |                     |
| 25                                                                        |      | VISUAL INSPECTION (all surfaces)                                                                             |        |                  |                     |
| 26                                                                        |      | REMARKS :                                                                                                    |        |                  |                     |
| 27                                                                        |      |                                                                                                              |        |                  |                     |

شکل (۱)

فروشنده باید همه مسئولیت‌های بازبینی جوشکاری‌ها و جوشکاری‌های ترمیمی را برای اطمینان از انجام عملیات حرارتی و تست‌های غیرمخرب جهت بدون عیب بودن و انطباق با دستورالعمل‌های اجرائی توافق شده را قبول نماید.

محفظه‌های تحت فشار تولید شده از مواد کار شده یا تلفیقی از کار شده و ریخته باید مطابق شرایط زیر باشند:

الف: سطوح جوشکاری شده در دسترس باید بعد از سنگزنی بوسیله تست مایعات نافذ PT یا ذرات مغناطیسی MT بازرسی گردند. این کار دوباره بعد از عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) در قطعات فولادی و بعد از عملیات حرارتی آنیل انحلالی پس از جوشکاری فولادهای زنگ نزن انجام گردد.

ب: جوشکاری‌های محفظه‌های تحت فشار شامل جوشکاری محفظه به اتصالات محوری و شعاعی فلنج‌ها باید تماماً با تست مایعات نافذ بازرسی گردند.

ج: اگر پایداری‌های ابعادی بروی محفظه‌های فوق‌الذکر لازم بوده و در کارکرد بی عیب و نقص موثر باشد، بدون توجه به ضخامت باید عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) انجام گردد.

د: لبه‌های صفحات بایستی به وسیله تست مایعات نافذ PT یا ذرات مغناطیسی MT مطابق الزاماتی مانند ASME BPVC SEC VIII, DIVISION 1, UG-93(D)(3) تست گردند.

اتصالات جوشی به محفظه‌های فشار بایستی بر اساس مشخصات زیر انجام شوند:

الف: اتصالات فلنج‌های مکش و رانش باید بوسیله جوشکاری نفوذی فلنج‌های جوشی انجام گیرد.

ب: لوله‌های جانبی جوشکاری شده به محفظه‌های فولاد آلیاژی باید از جنس موادی با خواص مشابه محفظه‌ها بوده یا باید از فولاد زنگ نزن کم کربن باشد.

ج: اگر عملیات حرارتی بعد از جوشکاری لازم باشد حتماً باید بعد از کامل شدن همه جوشکاری‌ها انجام گردد.

د: جوشکاری فلنج‌های مکش و رانش باید هم بعد از سنگزنی و تمیزکاری و همچنین بعد از عملیات حرارتی پس از جوشکاری و یا عملیات حرارتی آنیل انحلالی پس از



(شکل ۲) یوسته یمپ طبقاتی از جنس فولاد زنگ نزن دویلکس



سال ۳۳  
پاییز و زمستان  
۱۳۹۶

۵۳



## WCB فولاد ساده کربنی مقاوم به حرارت

**فولاد ریختگی ساده کربنی با ساختار فریتی که مناسب برای قطعات با کاربردهای دما بالا و تحت فشار است.**

**1.0619**

آلایز شیمیایی:

| عنصر، %    | درخواست کارفرما | عنصر، %    | درخواست کارفرما |
|------------|-----------------|------------|-----------------|
| کربن C     | 0.18-0.3        | کروم Cr    | <0.5            |
| سیلیسیم Si | 0.3-0.6         | نیکل Ni    | <0.5            |
| منگنز Mn   | 0.5-1           | مولیبدن Mo | <0.2            |
| کوپررد S   | <0.03           | مس Cu      | <0.3            |
| فسفر P     | <0.03           | وانادیوم V | <0.03           |

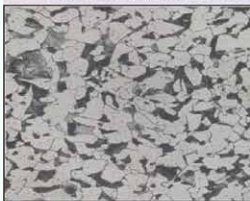
سهم عناصر: 0.25% C, 0.3% Si, 0.5% Mn, 0.02% S, 0.01% P, 0.01% V

خواص مکانیکی:

| مشخصه                              | درخواست کارفرما |
|------------------------------------|-----------------|
| تشن تسلیم Yield Stress, MPa        | >250            |
| استحکام پهنایی Tensile Stress, MPa | 485-655         |
| ازداد طول Elongation, %            | >22             |
| کاهش سطح مقطع Reduction of Area, % | >35             |
| گژی ضربه جذب شده Impact Value, J   | >27             |
| سختی Hardness, Brinell, HB         | 160-220         |

ساختار فازی:

فوت و پرلایت پس از نرماله کردن در دمای ۸۸۰-۹۰۰ °C



✓ PUMPIRAN Material No: P250  
✓ ASTM: A 216 Gr WCB  
✓ Material No: 1.0619  
✓ DIN: GS C25 / CP 240 GH  
✓ UNS: J03802  
✓ Wrought Alloy Type: C25

شناسنامه

فولاد

الزام ویژه

آلایز

مشخصات

کاربردی

عملیات

حرارتی

جوشکاری

کاربرد در

پمپها

ماکزیمم مقدار کربن معادل این فولاد باید ۰.۵۰ باشد. کربن معادل طبق فرمول زیر محاسبه می شود

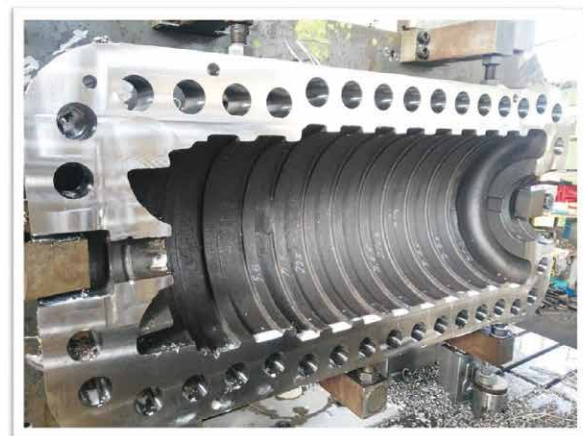
$$CE=C+(Mn/6)+((Cr+Mo+V)/5)+((Ni+Cu)/15)$$

این فولاد منطاسیس (نگیر) است. داکسیته، دمای ذوب و تقابلی ریخته گری این فولاد به ترتیب حدوداً ۷۸۰۰ °C، ۱۷۵۰ °C و ۱۷۵۰ °C است.

عملیات حرارتی درخواستی بهپوران: عملیات نرماله کردن در دمای ۸۸۰-۹۰۰ °C به مدت یک ساعت به ازای هر ۲۵ میلی متر بیشترین ضخامت قطعه است. در ضخامت های بیش از ۵۰ میلی متر، به ازای هر ۲۵ میلی متر ضخامت بیشتر یک رنج به آن اضافه می شود.

فولاد WCB جوش پاور است. الکترو و سیم جوش مناسب برای جوشکاری این فولاد E7018 و E7018-3 است و نباید از الکترودهای E60XX استفاده شود.

در شرکت بهپوران، برای ریخته گری قطعات فولاد ساده کربنی به خصوص محفظه انواع پمپ های API از گروه های شرقی S پیشنهاد می شود.



## CA6NM فولاد زنگ زن کروم نیکل مولیبدن دار مارتنزیتی

**فولاد زنگ زن ۱۲٪ کروم، ۴٪ نیکل، حداکثر ۰.۰۶٪ کربن و مولیبدن دار از ردهی فولادهای زنگ زن ۱.۴۳۱۷ کروم است که کاربرد زیادی در پمپ های نیروگاهی دارد.**

**1.4317**

آلایز شیمیایی:

| عنصر، %    | درخواست کارفرما | عنصر، %    | درخواست کارفرما |
|------------|-----------------|------------|-----------------|
| کربن C     | <0.06           | کروم Cr    | 11.5-14         |
| سیلیسیم Si | <1              | نیکل Ni    | 3.5-4.5         |
| منگنز Mn   | <1              | مولیبدن Mo | 0.4-1           |
| کوپررد S   | <0.03           | مس Cu      | -               |
| فسفر P     | <0.04           | تیتروژن N  | -               |

خواص مکانیکی:

| مشخصه                               | درخواست کارفرما |
|-------------------------------------|-----------------|
| تشن تسلیم Yield Stress, MPa         | >515            |
| استحکام پهنایی Tensile Stress, MPa  | >690            |
| ازداد طول Elongation, %             | >17             |
| کاهش سطح مقطع Reduction of Area, %  | >35             |
| اثری ضربه جذب شده J Impact Value, J | >50             |
| سختی Hardness, Brinell, HB          | Max 255         |

ساختار فازی:



شناسنامه

فولاد

مشخصات

کاربردی

عملیات

حرارتی

جوشکاری

کاربرد در

پمپها

✓ PUMPIRAN Material No: F341  
✓ ASTM: A 487 Gr CA6NM (for Pressure Service)  
✓ A 743 Gr CA6NM (for general application)  
✓ Material No: 1.4317  
✓ DIN: GX 4 CrNi 13-4  
✓ UNS: J91540  
✓ Wrought Alloy Type: F 6NM

این فولاد منطاسیس (نگیر) است. داکسیته، دمای ذوب و تقابلی ریخته گری این فولاد به ترتیب ۷۸۰۰ °C، ۱۷۵۰ °C و ۱۷۵۰ °C است.

به دلیل کاربرد زیاد این فولاد در پمپ های نیروگاهی و فشارهای کاری بیش از ۱۰ MPa، قطعات ساخته شده باید در برابر خوردگی و شکست های تحت تنش مقاوم باشد. لذا سختی این فولاد نباید فراتر از HB ۲۵۵ یا HRC ۲۲ باشد. برای این منظور، عملیات حرارتی درخواستی، استنشیک کردن در دمای ۸۸۰-۹۰۰ °C به مدت حداقل نیم ساعت، سرد کردن در هوا یا کوئچ در روغن تا دمای محیط و سپس تمپر دو مرحله ای ابتدا در دمای ۶۵۰-۶۶۰ °C سپس سرد کردن در هوا تا دمای محیط و سپس تمپر دوم در دمای ۵۱۲-۵۲۰ °C و سرد کردن در هوا تا دمای محیط است. در صورتی که قطعه به استحکام بالاتر درخواست شود، تمپر تک مرحله ای در ۶۵۰-۶۶۰ °C برای رسیدن به استحکام کششی حداقل ۷۶۰ MPa یا تمپر تک مرحله ای در ۵۰۰-۵۱۰ °C برای رسیدن به استحکام کششی حداقل ۹۰۰ MPa انجام می شود.

این فولاد جوش پاور است. الکترو و سیم جوش مناسب برای جوشکاری آن E410 NiMo و E410 NiMo است. برای جوشکاری آن نباید از الکترودهای E410 استفاده شود.

این فولاد برای ریخته گری قطعات فولاد زنگ زن ۱۲٪ کروم به خصوص قطعات انواع پمپ های API از گروه شرقی C-6 و پروکه و دیسیوز گروه شرقی S-6 و همچنین قطعات پمپ های نیروگاهی پیشنهاد می شود.

شکل ۳) پوسته پمپ طبقاتی از جنس فولاد زنگ زن مارتنزیتی

شکل ۴) محفظه حلزونی پمپ از جنس فولاد کربنی



## CF8 فولاد زنگ نزن آستینیتی معادل با نوع کار شده ۳۰۴

فولاد ۱۸٪ کروم، ۱۱٪ نیکل، حداکثر ۰.۰۸٪ کربن و بدون موملیدن است که نسبت به آلیاژهای زنگ نزن مارتنزیتی و فریتی مقاومت بیشتری در محیط های کاری و بیشتر اسیدها دارد.

1.4308

| آلیاژ شیمیایی:                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| درخواست                                                                              | معمول، %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| کربن C                                                                               | 0.08 ≤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| سیسیم Si                                                                             | 2 ≤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| منگنز Mn                                                                             | 1.5 ≤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| گوگرد S                                                                              | 0.04 ≤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| فسفر P                                                                               | 0.04 ≤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| نیکل Ni                                                                              | 11-18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| کروم Cr                                                                              | 18-21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| تیتانیوم Ti                                                                          | 0.5 ≤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| مس Cu                                                                                | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| نیتروژن N                                                                            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| خواص مکانیکی:                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| درخواست کارفرما                                                                      | مشخصه                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Yield Stress, MPa                                                                    | تشن تسلیم                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 485-670                                                                              | >205                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Tensile Stress, MPa                                                                  | استحکام نهایی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| >30                                                                                  | >30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Elongation, %                                                                        | ازداد طول                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Reduction of Area, %                                                                 | کاهش سطح مقطع                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Impact Value, J                                                                      | انرژی ضربه جذب شده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 60                                                                                   | >30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Hardness, Brinell, HB                                                                | سختی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 130-180                                                                              | 130-180                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ساختار فازی:                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| آستینیت - فریت (حداکثر تا ۱۰٪ مورد تایید است)                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ساختار باید دارای از کاربید و فاز سیگما باشد.                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 50 μm                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| شناسنامه                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| فولاد                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ PUMPHAN Material No.: P350</li> <li>✓ ASTM: A 351 Gr CF8 (for Pressure Service)</li> <li>✓ Material No: 1.4308</li> <li>✓ DIN: GX 5 CrNi 19-10</li> <li>✓ UNS: J92600</li> <li>✓ Wrought Alloy Type: 304</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| اقدام ویژه                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| آلیاژ                                                                                | <p>برای دستیابی به درجه بالایی از مقاومت به خوردگی حتماً باید در محیط های کلیدی، عدد PREN این فولاد باید حداقل ۱۱ باشد. عدد PREN از این رابطه به دست می آید:</p> $PREN = \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%Ni$ <p>در غلبه دستگاه ایزت سنج، برای کنترل حداکثر ۰.۱٪ درجه ایزت در ساختار این فولاد باید مقدار <math>Ct/Ni</math> در آلیاژ شیمیایی کمتر از عدد ۰.۳۳ باشد. <math>Ct</math> و <math>Ni</math> را از رابطه زیر محاسبه می شود:</p> $Ct = \%C + 1.5 \times \%Si + 1.4 \times \%Mn + 0.5 \times \%Nb + 2.4 \times (\%S + \%O) + 2.77$ $Ni = \%Ni + 30 \times \%C + 0.5 \times \%Nb + 2.4 \times (\%S + \%O) + 2.77$ |
| مشخصات                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| کاربرد                                                                               | <p>این فولاد از نظر مکانیکی تقریباً برابر با فولاد ۳۰۴ است. مکانیکی فولاد ۳۰۴ تا ۳۰۵ است. دانسته های ذوب و انقباض بسته گرمی آن به ترتیب ۱۲۲۵ °C و ۱۲۷۵ °C است.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| عملیات                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| جوانی                                                                                | <p>به دلیل ساختار گسترشی، این فولاد قابلیت سخت شدن با عملیات حرارتی را ندارد. عملیات حرارتی درجه بندی پیمیران، قبل از جوشکاری در دمای ۱۰۰-۱۵۰ °C به مدت زمان ۴ دقیقه برای هر سلیندر بیشترین فاصله قطعه به منظور احوال کامل رسوب های کاربید و سپس سرد کردن سریع در آب یا چربی هوا (مکمل فر) به منظور پهن نگری از تشکیل کاربید است.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| جوشکاری                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| جوشکاری                                                                              | <p>این فولاد جوش پذیر است. الکتروده و سیم جوش مناسب برای جوشکاری این فولاد ER308 و ER308L است.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| کاربرد                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| کاربرد                                                                               | <p>این فولاد در برخی محیط های خوردیدی پایه آب و اسیدی عملکرد نسبتاً مناسبی دارد و برای شبکه گرمی فشارات فولاد زنگ نزن آستینیتی به خصوص قطعات انواع تپ چپ های API از گروه ۱ مثالی و قطعات استیل چپ های سازو پمپها می شود.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

شکل ۵) پروانه پمپ دومکشه از جنس فولاد زنگ نزن آستینیتی



پس

سال ۳۳  
پاییز و زمستان

۱۳۹۶

۵۴

مراجع:

- 1- ANSI/API STANDARD 610 ELEVENTH EDITION, SEPTEMBER 2010
- 2- Quality Standard for Steel Castings for Valves, Flanges, Fittings, and Other Piping Components-MSS SP-55
- ۳- استاندارد داخلی شرکت پمپیران به شماره PIS-M-121



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: ۲۰۰۰۰ ریال جمع قیمت: ..... ریال

امضاء

تاریخ

آدرس نشریه: تبریز، قراملک، صندوق پستی ۱۳۵-۵۱۸۴۵، کد پستی ۵۱۹۳۶۱۳۱۱  
شرکت صنایع پمپیران، امور مهندسی، واحد نشریه پمپ، فاکس مهندسی: ۳۲۸۸۸۳۵۳

## فرم اشتراک نشریه پمپ

شماره اشتراک  
.....

### توجه:

- بهاء هر جلد نشریه پمپ ۱۲۰۰۰ ریال می باشد.  
- آیا مایل به اشتراک هستید؟  
بله ☐ خیر ☐  
- هزینه اشتراک (برای ۴ شماره بعدی) ۴۸۰۰۰ ریال می باشد.  
- 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  
☐ ۴ شماره بعدی، جمعا به تعداد ..... جلد می باشم.

امضاء

تاریخ

### ■ آدرس نشریه:

تبریز، قراملک، صندوق پستی ۱۳۵-۵۱۸۴۵، کد پستی ۵۱۹۳۶۱۳۱۱  
شرکت صنایع پمپیران، امور مهندسی، واحد نشریه پمپ، فاکس مهندسی: ۳۲۸۸۸۳۵۳

## آب، نفت، انرژی

دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولی عصر، نبش میر داماد، برج دوم اسکان، طبقه اول تلفن: ۸۸۶۵۴۸۱۰ (۰۲۱) نمابر: ۸۸۷۹۸۹۴۲ (۰۲۱)  
کارخانه: تبریز، صندوق پستی ۵۱۸۴۵-۱۳۵ تلفن: ۸-۰۶۴۴۳۲۸۹ (۰۴۱) نمابر: ۳۲۸۹۸۴۴۶ (۰۴۱)  
دفتر بازاریابی و فروش: تبریز، تلفن: ۸-۰۷۰۷۳۲۸۹ (۰۴۱) و ۳۲۸۹۰۴۱۱ نمابر: ۳۲۸۷۲۲۳۳ (۰۴۱)  
مهندسی فروش: تبریز، تلفن: ۳۲۸۸۱۲۸۶ (۰۴۱) نمابر: ۳۲۸۷۲۲۳۳ (۰۴۱) E-mail: sales\_eng@pumpiran.com  
دفتر امور نفت، گاز، پتروشیمی: تبریز، تلفن: ۳۲۸۹۱۴۴۸ (۰۴۱) و ۳۲۸۸۸۳۵۳ (۰۴۱)  
مهندسی فروش نفت، گاز، پتروشیمی: تبریز، تلفن: ۳۲۸۹۱۲۱۶ (۰۴۱) فاکس: ۳۲۸۸۸۳۵۳ (۰۴۱) E-Mail: petro.sale@pumpiran.com