



شماره ۴ ■ سال ۱ ■ تابستان ۹۱ ■ ۱۰۰ صفحه

پمپ های سانتریفیوژ

نشریه تحقیق و توسعه
شرکت آریا سپهر کیهان



نشریه

پمپ های سانتریفیوژ

نشریه تخصصی

سال یکم / شماره چهارم / تابستان ۱۳۹۱ / ۱۰۰ صفحه

۲	سرمقاله
۳	نکاتی در زمینه طراحی پروانه
۱۰	مقدمه‌ای بر ریخته‌گری فلزات
۱۶	استاندارد ایزو ۵۱۹۹ (ویرایش سال ۲۰۰۲) – بخش سوم
۱۷	اخبار جهان پمپ ۱
۱۸	استاندارد NACE MR0175 / ISO 15156-2
۵۲	واژه‌نامه ۱
۵۵	انواع تجهیزات و بازرسی‌های متداول در فرآیندهای جوشکاری
۶۳	اصطلاحات کاربردی رایج در اجرای پروژه‌های صنعتی
۷۱	استاندارد API 610 (ویرایش یازدهم سال ۲۰۱۰)
۸۵	کوره‌های ذوب القایی در فولادسازی
۱۰۰	واژه‌نامه ۲

نشانی: تهران، خیابان قائم مقام فراهانی، خیابان مشاهیر، کوچه زیبا، پلاک ۴ واحد ۶

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۱۳۴۶۱-۳ فکس: ۰۲۱-۸۸۸۱۳۴۶۴

صاحب امتیاز: شرکت آریا سپهر کیهان

مدیر مسئول: آقای مهندس رسول پایدار نوبخت

سردبیر: آقای مهندس عباس قلی نژاد

سرمقاله

فصلنامه تخصصی پمپ سانتریفیوژ واحد تحقیق و توسعه شرکت آریا سپهر کیهان، اولین سال عمر خود را پشت سر می‌گذارد و در آستانه انتشار پنجمین شماره است. در این یک سال، دانش مربوط به صنعت پمپ و همچنین علاقه به این صنعت، رشد چشم‌گیری از جهت کیفی و کمی داشته که میزان مراجعه به سایت اصلی شرکت و همچنین وبلاگ مربوطه از جلوه‌های بارز آن به شمار می‌روند. دست‌اندرکاران این فصلنامه تاکنون تلاش کرده‌اند تا از طریق:

- انتشار به موقع نشریه
- استفاده از صاحب‌نظران و متخصصان در نگارش مقالات
- مشورت با صاحب‌نظران برای طرح فکرها و زمینه‌های نوین تحقیقاتی
- گشودن افق‌های تازه در عرصه پژوهش در صنعت پمپ و اطلاع‌رسانی

رسالت خود را به بهترین شکل به انجام رسانده، تعالی و تکامل فصلنامه را حفظ نمایند. در یک سال گذشته، این گروه علاوه بر رسالت تولید محصولات متنوع و باکیفیت جهت به‌کارگیری در صنایع مختلف بالادستی و پایین‌دستی نفت و گاز، پتروشیمی و معادن، انتشار این فصلنامه علمی و پژوهشی را، بدون هیچ‌گونه چشم‌داشت مالی، وظیفه خود دانسته و در راستای تحقق آن از هیچ کوششی دریغ ننموده است.

در این مدت، تنها دلگرمی تمام گروه، حمایت‌های شما خوانندگان محترم بوده که مراتب توجه و لطف خود را از طریق وبلاگ و سایت شرکت به ما ابراز داشته‌اید. بی‌شک حمایت‌های شما فرهیختگان و دست‌اندرکاران صنعت پمپ، که از جای‌جای این مرز و بوم پهناور، پیگیر و جویای بهبود مطالب این نشریه می‌باشید، همچون نیروی محرکه‌ای بی‌بدیل ما را امیدوارتر و فعال‌تر از پیش می‌سازد.

امید است که این شماره از نشریه پمپ سانتریفیوژ نیز مورد استقبال شما خوانندگان محترم قرار گرفته و همچنان با نظرات و پیشنهادات علمی خود، ما را بیش‌ازپیش دلگرم نمایید.

عباس قلی نژاد

مدیر تحقیق و توسعه

تابستان ۹۱

📖 نکاتی در زمینه طراحی پروانه

(برگرفته از کتاب پمپ‌های سانتریفیوژ نوشته یوهان فردریک گولیچ)

۱. پروانه‌های شعاعی برای پمپ‌های غیر قابل انسداد

در بسیاری از کاربردها، مواد جامد درشت به وسیله سیال پمپ شده، انتقال می‌یابند. این موضوع، نیازمند طراحی خاصی برای جلوگیری از انسداد و آسیب پروانه می‌باشد. کاربردهای عمومی این پروانه‌ها:

- در پمپ‌های لجن کش
- در پمپ‌های لایروبی که مواد حفاری شامل شن‌های درشت و انواع زبالا می‌باشند
- پمپ‌های ماهی^۱ که معمولاً توسط یک پروانه تک‌کاناله جهت جلوگیری از آسیب‌دیدگی مواد پمپ شده، تجهیز می‌شوند
- پمپ‌های خمیر کاغذ^۲

شکل شماره ۱ تعدادی از پروانه‌های خاص را نشان می‌دهد که برای سیالات مملو از گاز و یا ذرات جامد با احتمال انسداد طراحی شده‌اند. در واقع، این پروانه‌ها بر اساس روند طراحی اصلی، طراحی می‌شوند. لازم به ذکر است که تنها رعایت ملاحظات مخصوص این پمپ‌ها در طراحی این پروانه‌ها لازم و ضروری می‌باشد.

۱.۱. پمپ‌های لجن کش

شکل شماره ۲ یک پمپ لجن کش را نشان می‌دهد که با یک پروانه ۳ پره طراحی شده است. شroud پشتی جهت کاهش تراست محوری و خالی نگه‌داشتن فاصله بین دیواره پروانه از ذرات جامد می‌باشد. صفحات ضد سایش به صورت تنظیمی بین شroud جلوی و عقبی، جهت جلوگیری از سایش پوسته، نصب می‌شوند.

طراحی پمپ‌های لجن کش به صورت تعیین‌کننده‌ای متاثر از اندازه مواد خارجی که باید بدون ایجاد انسداد از پمپ عبور کنند، می‌باشد. معمولاً قطر d_k ذرات طوری تعریف می‌شود که در داخل پروانه و پوسته گیر نکند. در نتیجه، فاصله پره a_1 در گلوگاه پروانه و پهنای خروجی b_2 باید بزرگتر از قطر ذرات d_k عبوری انتخاب شوند. جهت داشتن فاصله کافی پره، تعداد پره‌ها بین ۲ تا ۴ انتخاب شده و توسعه پره‌ها در صورت نیاز به صورت S شکل انجام می‌شود. مقادیر معمول برای ابعاد گذر ذرات به صورت جدول زیر می‌باشد:

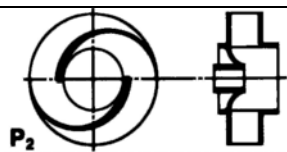
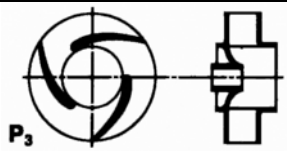
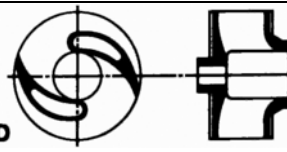
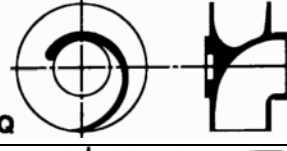
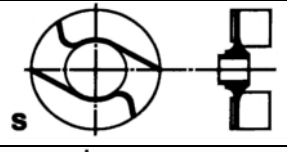
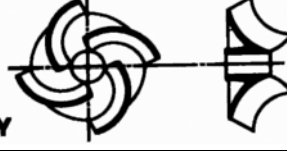
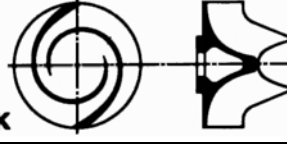
جدول ۱- مقادیر d_k/d_2 بر حسب تعداد پره‌های پروانه

تعداد پره‌ها	مقدار d_k/d_2
۳ پره	۰.۱۵ تا ۰.۱۹
۴ پره	۰.۱۳ تا ۰.۱۷

جهت داشتن معبر مناسب ذرات، پهنای خروجی پروانه با سرعت‌های مخصوص پایین و بالا، به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از پمپ‌های مخصوص سیالات تمیز و خالص طراحی می‌شود. خروجی نسبتاً بزرگ تمایل به ضرایب هد بالا دارد، اما به دلیل تعداد پره‌های کم، فاکتور لغزش γ افت کرده و هد را کاهش می‌دهد. تاثیر پهنای خروجی بسیار بزرگ می‌باشد پس زوایای خروجی کوچک طراحی می‌شوند تا بار پره‌ها و ضرایب هد را محدود کنند.

^۱ Turnip or fish pumps

^۲ Paper pulp pumps

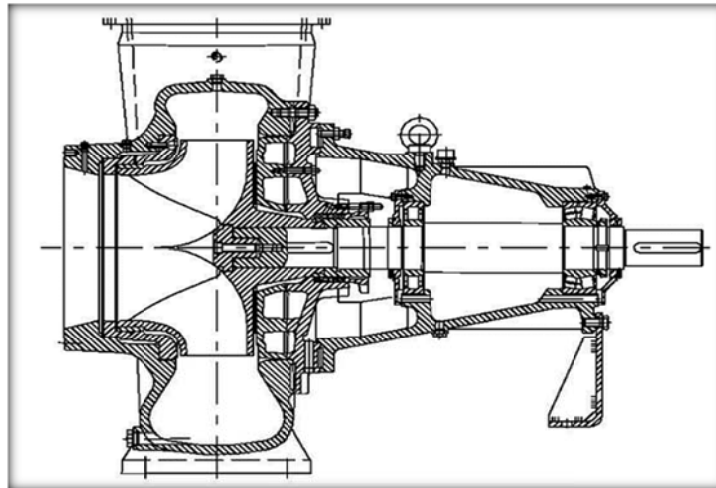
شکل پروانه	کاربرد پروانه
	پروانه‌های دو کاناله با معابر بسیار بزرگ جهت پمپاژ سیالات سنگین
	پروانه‌های سه کاناله با معابر بسیار بزرگ جهت پمپاژ سیالات سنگین و لزج
	پروانه‌های دوکاناله جهت پمپاژ سیالات با مواد چسبناک یا ذرات بزرگ بدون جداسازی با معابر باز هم قطر با نازل مکش
	پروانه تک کاناله جهت پمپاژ سیالات با مواد چسبناک یا ذرات بزرگ بدون جداسازی با معابر باز هم قطر با نازل مکش
	پروانه شعاعی باز با ۳ یا ۴ پره جهت پمپاژ محلول‌ها یا سیالات پالپ-دار
	پروانه‌های باز مخصوص با پره‌های S شکل جهت پمپاژ سیالات سنگین با ذرات جامد یا مواد چسبنده
	پروانه‌های باز نیمه محوری پیچی شکل جهت پمپاژ سیالات تمیز یا دارای آلودگی بسیار کم با دبی‌های بسیار بالا
	پروانه‌های شعاعی باز با چند پره با کانال‌های با پهنای متغییر جهت پمپاژ سیالات با ذرات معلق بالا، به خصوص ذرات کاغذ
	پروانه‌های باز دو کاناله با پره‌های مخصوص سه بعدی جهت پمپاژ سیالات محلول با لزجت بالا و سیالات گازی، سیالات با غلظت بالا

شکل ۱- پروانه‌های مخصوص جهت پمپاژ سیالات سنگین همراه با ذرات جامد و گاز

در ورودی، پره‌ها باید دارای ضخامتی در حدود $\frac{e_{max}}{d_2} = 0.05$ بوده و نیز دارای پروفیلی مناسبی جهت جلوگیری از انسداد توسط ورقه‌های پلاستیک در لبه‌های حمله باشند. زوایای پره در ورودی پروانه نسبتاً کوچک انتخاب شده تا شرایط صدا و ارتعاشات را در دبی‌های کم، بهبود بخشد. زوایای ورودی و خروجی کوچک سبب زاویه پیچش بزرگی در پره‌ها می‌شود.

جدول ۲- زاویه پیش بر حسب تعداد پره‌ها

تعداد پره‌ها	زاویه پیش ε_{sch}
۲	۲۲۰ تا ۲۷۰ درجه
۳	۱۷۰ تا ۲۲۰ درجه



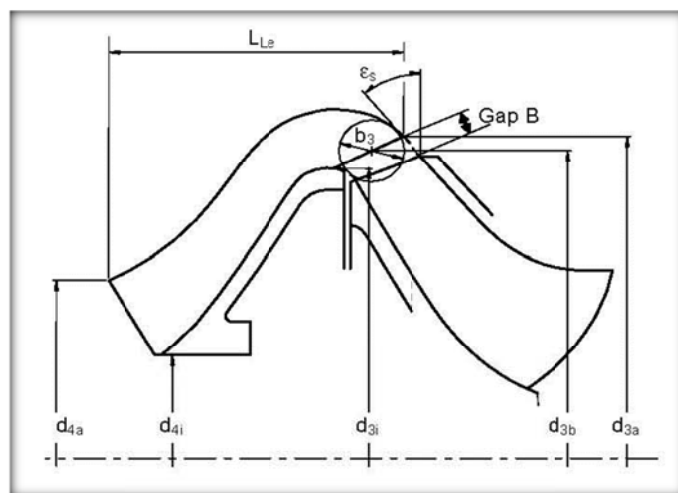
شکل ۲- نمایی از یک پمپ لجن‌کش

۲. پروانه‌های نیمه محوری

پمپ‌های نیمه محوری با سرعت مخصوصی در حدود ۳۰ تا ۲۰۰ طراحی می‌شوند. این محدوده بیشتر به وسیله طراحی مشخص می‌شود تا ملزومات هیدرولیکی. به صورت هیدرولیکی، طراحی نیمه محوری در محدوده بهینه بین سرعت مخصوص ۴۰ تا ۱۶۰ واقع شده است. با توجه به شکل این پروانه‌ها، تغییر از پمپ‌های شعاعی به نیمه محوری و محوری پیوسته می‌باشد. پروانه‌های نیمه محوری با سرعت مخصوص کمتر از ۵۰، در خصوصیات هیدرولیکی، کمی با پروانه‌های شعاعی متفاوت می‌باشد. هر دو بر اساس قانون یکسانی از ضریب خطا، طراحی می‌شوند.

با فرض یک طراحی بهینه، پمپ‌های نیمه محوری برتر از پمپ‌های با پروانه شعاعی با سرعت مخصوص بالاتر از ۶۰ می‌باشند. زیرا جریان خروجی از پروانه‌های شعاعی با افزایش سرعت مخصوص، با توجه به انحراف جریان در قسمت مریدیونالی و افزایش سطح پره، غیریکنواخت‌تر می‌باشد. در سرعت‌های مخصوص بالاتر از ۱۵۰، پمپ‌های نیمه محوری خصوصیات شبیه به پمپ‌های ملخی داشته و محاسبات بر اساس مفهوم ضریب لغزش (خطا) با توجه به پره‌های با فاصله، غیردقیق می‌باشد.

پروانه‌های پمپ‌های نیمه محوری نیز به روش پروانه‌های شعاعی طراحی می‌شوند. اگرچه موارد خاصی باید در نظر گرفته شوند که در نتیجه نسبت شعاعی d_{2a}/d_{2i} در خروجی پروانه به دست می‌آیند. این خصوصیات هندسی در شکل ۳ نشان داده شده‌اند:



شکل ۳- پارامترهای طراحی یک پروانه نیمه محوری

- ضریب هد $\psi = \psi_{2a}$ انتخاب شده و قطر پره d_{2a} در خط جریان بیرونی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$d_2 = \frac{60}{\pi n} \sqrt{\frac{2gH_{opt}}{\psi_{opt}}} = \frac{84.6}{n} \sqrt{\frac{H_{opt}}{\psi_{opt}}} \quad (1)$$

- شکل پروانه در قسمت مریدونالی به شدت به وسیله زاویه ϵ_s که توسط خط جریان بیرونی و خط عمود بر محور چرخش تشکیل می‌شود، تاثیر می‌پذیرد. این زاویه با افزایش سرعت مخصوص، افزایش می‌یابد. به رابطه ۲ توجه نمایید. برای پروانه‌های محوری این زاویه طبق تعریف ۹۰ درجه می‌گردد. پمپ‌ها در عمل در محدوده ± 5 درجه‌ای نسبت به آن‌چه در رابطه ۲ مورد محاسبه قرار می‌گیرد، می‌باشند.

$$\epsilon_s = 90 \left(\frac{n_q}{n_{q,ref}} \right)^{0.74} n_{q,ref} = 200 \quad (2)$$

- قطر خارجی متوسط پروانه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{d_{2m}}{d_{2a}} = e^{-0.04 \left(\frac{n_q}{n_{q,ref}} - 1 \right)} n_{q,ref} = 30 \quad (3)$$

قطر خط جریان داخلی نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{d_{2i}}{d_{2a}} = \sqrt{2 \left(\frac{d_{2m}}{d_{2a}} \right)^2 - 1} \quad (4)$$

همبستگی تجربی که در رابطه ۲ وجود دارد، سبب ایجاد یک انتقال نرم از پروانه‌های نیمه‌محوری به محوری می‌شود.

- با توجه به محاسبات انجام شده در قسمت دو، ورودی پروانه با توجه به سرعت مخصوص مکش مورد نیاز، محاسبه می‌شود. زوایای ورودی پروانه معمولاً در محدوده بین ۱۲ تا ۱۸ درجه می‌باشند. با سرعت‌های مخصوص بالاتر از ۱۵۰، طراحی به محدوده پمپ‌های محوری نزدیک‌تر می‌باشد. ضریب جریان در نقطه طراحی از طریق زیر مورد محاسبه قرار می‌گیرد:

$$\varphi_1 = (0.18 \text{ to } 0.27) \left(\frac{n_{q,ref}}{n_q} \right)^{0.3} n_{q,ref} = 200 \quad (5)$$

حد بالایی باید جهت کارایی بهینه و حد پایینی باید جهت سرعت‌های مخصوص مکش بالا انتخاب می‌شوند.

- تعداد پره‌ها: برای سرعت‌های مخصوص زیر ۱۴۰ از معیار ارائه شده در قسمت دوم استفاده می‌شود. در محدوده‌های سرعت مخصوص پایین، تعداد ۷ پره، انتخاب مناسبی می‌باشد. با این وجود در محدوده سرعت مخصوص بین ۲۰ تا ۱۴۰، تعداد ۵ تا ۷ پره قابل انتخاب می‌باشند. برای سرعت‌های مخصوص بالاتر از ۱۴۰، ملاحظات طراحی پروانه-

های محوری لازم می‌باشد. در هر حال، صلبیت L/t معیار بسیار مهمی در طراحی می‌باشد. صلبیت مورد نیاز در خط جریان خارجی از معادله زیر تخمین زده می‌شود:

$$\left(\frac{L}{t}\right)_a = 0.64 \left(\frac{n_{q,ref}}{n_q}\right)^{0.74} n_{q,ref} = 200 \quad (6)$$

جهت طول پره مورد نیاز در خط جریان خارجی، رابطه زیر مورد نظر می‌باشد:

$$\left(\frac{L}{d_2}\right)_a \geq 1.1 \left(\frac{\beta_{2a}}{25}\right) \left(\frac{n_q}{n_{q,ref}}\right)^{0.4} n_{q,ref} = 200 \quad (7)$$

- طول پره به دست آمده از رابطه بالا، کمترین طول مورد نیاز جهت ممانعت از ناپایداری نمودار $Q-H$ می‌باشد.
- زاویه خروجی پروانه در خط جریان خارجی $\beta_{2B,a}$ طبق قسمت دوم مورد محاسبه قرار می‌گیرد. اطلاعات زیر، نکاتی تکمیلی جهت انتخاب زوایای پره می‌باشد:
- بیشترین کرائی‌ها زمانی به دست می‌آیند که زاویه خارجی پره در خط جریان میانی به صورت $\beta_{2B,m} = 20 \text{ to } 26$ انتخاب شود.

- در خط جریان با قطرهای d_{1h} و d_{2h} زوایای ورودی و خروجی نباید بیشتر از ۲ درجه انحراف یابند. در توسعه پره، خط جریان میانگین تبدیل به یک خط صاف می‌شود.

- به علاوه $\beta_{1B,a} < \beta_{2B,a}$ باید در خط جریان خارجی و $\beta_{1B,i} > \beta_{2B,i}$ نیز در خط جریان داخلی اجرا شود. جهت تعیین توزیع زاویه خروجی پره پروانه در طول پره، یک فرض با توجه به انتقال انرژی در خط جریان‌های مختلف باید انجام شود. در اصل، این توزیع انرژی می‌تواند به صورت دلخواه انتخاب شود. در هر صورت، جهت داشتن نتایج تجدیدپذیر، طراح معمولاً توزیع خاصی از مومنوم زاویه‌ای در خروجی پروانه با توجه به اینکه $c_u = c_{u,a} \left(\frac{r_a}{r}\right)^m$ یا $u * c_u = f(r)$ می‌باشد را انتخاب می‌کند.

با توجه به جدول طراحی شماره ۳، ۳ امکان موجود در قسمت زیر با یکدیگر مقایسه شده‌اند:

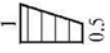
- در طراحی وورتنس (گردابه) آزاد با $m = 1$ (بدان معناست که $u * c_u = u_a * c_{u,a} = \text{constant}$)، همان کار پره به صورت تئوری بر هر خط جریان انتقال می‌یابد. مولفه جانبی سرعت مطلق، از نوک پره به سمت هاب زیاد می‌شود با توجه به $c_u(r) = c_{u,a} \left(\frac{r_a}{r}\right)$
- زمانی که توان $m = 0$ باشد، سرعت مطلق در طول پره ثابت می‌شود: $c_u(r) = c_{u,a}$
- سیال با سرعت زاویه‌ای ثابت مثل یک جسم جامد، در صورتی که $m = -1$ انتخاب شود می‌چرخد:

$$c_u(r) = c_{u,a} \left(\frac{r}{r_a}\right)$$

این سه انتخاب جهت تخصیص مومنوم زاویه‌ای در طول پره در خروجی پروانه سبب توزیع کار مخصوص، فشار استاتیکی، فشار کلی و زوایای جریان در قاب‌های مرجع نسبی و مطلق متفاوتی می‌شود. روابط مربوط که با فرض سرعت مریدیونالی ثابت و جریان ورودی بدون پیچش (سوئیرل) به دست می‌آیند در جدول شماره ۳ دیده می‌شوند.

در صورتی که پره با توجه به قانون گردابه آزاد طراحی شود، تعادل شعاعی به صورت ذاتی ارضاء (برقرار) می‌شود. این موضوع بر این دلالت دارد که سرعت محوری (جدا از اثرات لایه مرزی)، از آن جایی که هیچ نیرویی عمود بر جهت جریان اصلی سبب توزیع دوباره سیال نمی‌شود، به طور جدی یکنواخت می‌ماند. در هر صورت، انحراف قوی جریان در هاب، نیازمند پیچش بالای پره می‌باشد. قطر هاب باید به اندازه کافی بزرگ انتخاب شود تا پیچش را محدود کرده و از جدایش جریان جلوگیری کند. فشار استاتیکی به صورت آشکاری از نوک به هاب، زمانی که فشار کل در طول پره ثابت می‌ماند، کاهش می‌یابد. در هاب، انرژی جنبشی در بیشینه خود می‌باشد و در خط جریان خارجی به بیشترین میزان خود به وسیله فاکتور $\left(\frac{r_a}{r}\right)^2$ می‌رسد.

جدول ۳- توزیع چرخش در خروجی پروانه

توزیع چرخش در خروجی پروانه	C_{2m} ثابت	$\alpha_1 = 90^\circ$	$v = 0.5$		تعلیمی اشکال برای مقدار معادل می باشند:	
			سرعت چرخش ثابت		چرخش جسم ملب	
			$m = 0$			$m = -1.0$
موانع جانبی سرعت مطلق	$\frac{C_{u,a}}{C_{u,a}} = \left(\frac{r_a}{r}\right)^m$	constant: $m = 1.0$				
			$\frac{r_a}{r}$	1.0	$\frac{r}{r_a}$	
هد تئوری	$\frac{H_{th,a}}{H_{th,a}} = \frac{r C_{u,a}}{r_a C_{u,a}}$	1.0				
فشار استاتیک	$\frac{p_a - p}{\frac{\rho}{2} C_{u,a}^2}$	$\frac{r_a^2}{r^2} - 1$				
فشار کل	$\frac{p_{tot,a} - p_{tot}}{\frac{\rho}{2} C_{u,a}^2} = \frac{p_a - p}{\frac{\rho}{2} C_{u,a}^2} + 1 - \frac{C_u^2}{C_{u,a}^2}$	0				
زاویه جریان مطلق در خروجی پروانه	$\frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_a} = \frac{C_{u,a}}{C_u}$	$\frac{r}{r_a}$		1.0		
زاویه جریان نسبی در خروجی پروانه	$\frac{\tan \beta}{\tan \beta_a} = \frac{1 - \frac{\psi_{th}}{2}}{\frac{r}{r_a} - \frac{\psi_{th}}{2}}$	$1 - \frac{\psi_{th}}{2} \frac{r_a}{r}$		$1 - \frac{\psi_{th}}{2} \frac{r_a}{r}$		

زاویه جریان ورودی به دیفیوزر در هاب کوچکتر از خط جریان خارجی است. در نتیجه، انحراف جریانی که در دیفیوزر ایجاد می‌شود در هاب بزرگتر از نوک پره می‌باشد که سبب جدایش جریان در نزدیکی هاب می‌شود. از این گذشته، مقدار زیادی از انرژی جنبشی باید به فشار استاتیکی در هاب، جهت جلوگیری از افت‌های مربوط به جریان ثانویه و اغتشاشات، تبدیل شود. با توجه به این توزیع جریان‌های غیردلخواه، روی هم رفته دیفیوزر در طراحی گردابه آزاد یک المان بحرانی است، زیرا پره‌های

دیفیوزر جهت افزایش بار در هاب می‌باشند. انرژی جنبشی برگشت‌پذیر در ورودی دیفیوزر، با افزایش سرعت مخصوص به دلیل کاهش نسبت سرعت جانبی (C_{2u}) نسبت به سرعت محوری (C_{2m})، از بین می‌رود.

اگر پروانه برای سرعت خروجی مطلق ثابت طراحی شود، کار پره از خط جریان خارجی به خط جریان داخلی متناسب با شعاع، کاهش می‌یابد. تعادل شعاعی با القاء و تحریک جریان شعاعی و ثابت نماندن سرعت مریدیونالی، از بین می‌رود. فشار استاتیکی و فشار کل به صورت آرامی به سمت هاب کاهش می‌یابند، اما به میزان مشخصی کمتر از میزان مورد نظر که در طراحی پره به روش گردابه آزاد می‌باشد.

در صورتی که پره با توجه به گردابه اجباری طراحی شود، تعادل شعاعی به صورت بسیار شدیدی مغشوش می‌شود. پیچش پره‌های پروانه در این طراحی به صورت کمینه می‌باشند. انتقال انرژی و افزایش فشار کل در هاب، به صورت کمینه می‌باشند. طراحی در این حالت دارای مزایایی مثل کاهش محسوس افت‌ها می‌باشد.

همان‌طور که می‌دانیم، مواردی چون پایداری نمودار $Q - H$ ، مصرف انرژی و هد در حالت شات-اف به قسمت مریدیونالی و محل لبه‌های حمله و فرار بستگی دارند. پس بسیار ضروری است که در ساخت پروانه پمپ‌های با سرعت مخصوص بالا، صافی سطح و نیز پروفیل‌های لبه فرار در سطوح مکش، به درستی ساخته شوند.

مراجع

[1]: Johann Friedrich Gülich, Centrifugal Pumps, Springer, 2007

نوشته: عباس قلی‌نژاد

📖 مقدمه‌ای بر ریخته‌گری فلزات

۱. اصول ریخته‌گری فلزات

فرآیند ریخته‌گری با تولید قالب آغاز می‌شود که شکل قالب، قرینه و معکوس قطعه دلخواه جهت ریخته‌گری است. قالب از مواد نسوز مانند ماسه تهیه می‌شود. فلز درون کوره حرارت داده می‌شود تا ذوب شود. سپس فلز مذاب در گودی قالب که شکل قطعه مورد نظر است ریخته می‌شود و تا زمان جامد شدن خنک می‌گردد. نهایتاً قطعه فلزی شکل گرفته از قالب جدا می‌شود. تعداد زیادی از سازه‌های فلزی که همه روزه با آن‌ها سرو کار داریم به روش ریخته‌گری تولید شده‌اند.

ریخته‌گری مزایای فراوانی دارد و کاربرد آن همواره رو به افزایش است. در ادامه تعدادی از این مزایا را با هم مرور می‌کنیم:

- با روش ریخته‌گری می‌توان قطعاتی را تولید کرد که هندسه بسیار پیچیده‌ای دارند و یا دارای حفره‌های درونی می‌باشند.
 - برای تولید قطعات بسیار کوچک و همچنین قطعات بسیار بزرگ از چند گرم تا چندین تن می‌توان از این روش استفاده کرد.
 - این روش از نظر اقتصادی بسیار مقرون به‌صرفه است و هدررفت کمی دارد. فلزات اضافی در هر بار ریخته‌گری دوباره ذوب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند.
 - فلز ریخته‌گری شده ایزوتروپیک است یعنی در تمام جهات دارای خواص فیزیکی و مکانیکی یکسانی است.
 - از روش ریخته‌گری بطور گسترده‌ای در بسیاری از صنایع استفاده می‌شود.
- این روش دارای عیوبی نیز می‌باشد که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است. با توجه به دو فرآیند اصلی در ریخته‌گری شامل جریان سیال و انجماد، عیوب ریخته‌گری شامل موارد زیر می‌شوند:
- عیوب ناشی از جریان سیال: نیامد (انسداد جریان)، جوش سرد، حبس هوا، ورود آخال و سرباره
 - عیوب ناشی از انجماد: حفره‌های درشت، حفره‌های ریز، حفره‌های گازی، تنش باقیمانده، ترک گرم و ترک سرد
- آشنایی با عیوب قطعات ریخته‌گری شده، اهمیت زیادی دارد. اگر ریخته‌گر دلایل ایجاد یک عیب را نداند، قادر به رفع آن نخواهد بود. برخی از عیوب کاملاً آشکارند و دلیل ایجاد آن‌ها نیز مشخص است. برخی از عیوب از نظر ظاهری مشابه یکدیگرند و تفکیک آن‌ها مشکل است. بررسی نقشه یا تصویر یک عیب با مشاهده چشمی آن متفاوت است. تحلیل عیوب با مطالعه نتایج تحلیل‌هایی که دیگران انجام داده‌اند اطلاعات مفیدی را به ریخته‌گر می‌دهد. در ادامه فهرستی از عیوبی که ممکن است با آن‌ها مواجه شویم را با ذکر دلایل ذکر می‌کنیم:
- زخمه رنگ: گاهی پوسته رنگ روی قالب یا ماهیچه حین حرارت‌دهی از بین می‌رود و سطح ظاهری برگ مانندی باقی می‌ماند که به سطح یا به داخل فلز منتقل می‌شود. این پدیده که زخمه نامیده می‌شود، می‌تواند نتیجه استفاده از چسب نامناسب در رنگ، خشک‌شدن ناقص رنگ قالب، استفاده از رنگ نامناسب یا همه این موارد باشد.
 - بیرون زدن مذاب: این عیب در اثر تکان دادن زودهنگام قالب و بیرون آوردن قطعه ریختگی از قالب، درحالی که بخشی از آن همچنان مذاب است، ایجاد می‌شود. بخشی از مذاب از قطعه بیرون می‌زند که نتیجه آن ایجاد عیب است. در شرایط حاد ممکن است کل بخش میانی قطعه بیرون بزند و روی پای کارگری بریزد که مشغول تکان دادن قالب است.
 - تاول: تاول حفره‌ای کم‌عمق است که سطح آن با پوسته نازکی از فلز پوشیده شده است. علل ایجاد آن همان علل ایجاد مک‌های سطحی است.
 - مک: مک حفره گرد یا کشیده‌ای است که در اثر تجمع گازهای محبوس در فلز ایجاد می‌شود. معمولاً دلیل ایجاد این عیب، کوبیده‌شدن بیش از حد ماسه و کاهش نفوذپذیری آن است. سایر علل این عیب عبارتند از کم‌بودن نفوذپذیری ماسه، زیادبودن رطوبت ماسه و ماهیچه، کمبود هواکش ماهیچه یا بسته بودن هواکش‌ها، درست خشک-

نشدن ماهیچه تر، درست خشک‌نشدن پوشش (رنگ) ماهیچه یا قالب، کمبود هواکش در قالب، پایین بودن فشار هیدرواستاتیک (کم بودن ارتفاع قسمت بالایی قالب (درجه))، نزدیک بودن چارچوب میله‌های قسمت بالایی درجه به حفره قالب، نزدیک بودن قانجاق‌های خیس به حفره قالب و توزیع نامناسب دانه‌های ماسه. هرگونه ترکیب مواد سرد یا گرم که منجر به چگالش آب، در هنگام قرار دادن ماهیچه گرم در قالب سرد (یا به عکس) شود، مثلاً در صورت استفاده از میردهای سرد یا پل‌های (قانجاق‌ها) کشیف، نیز منجر به ایجاد مک می‌شود.

- منگوله: وقتی که ذوب‌ریزی به صورت مقطع، معمولاً با کاهش سرعت و همراه با توقف، انجام شود، این عیب به وجود می‌آید. ذوب‌ریزی فلز باید با سرعت ثابت انجام شود تا بتواند به طور پیوسته مذاب از گلوگاه عبور کرده و سرباره وارد قالب نشود. کاهش سرعت ذوب‌ریزی سبب ایجاد منگوله می‌شود. در صورتی که ذوب‌ریزی به صورت مقطع، یعنی با توقف کامل (حتی به مدت ۱ ثانیه) و شروع مجدد همراه باشد، باز هم منگوله ایجاد می‌شود. بسیاری از ضایعات ریختگی نتیجه ذوب‌ریزی نادرست و نامناسب می‌باشد.

- راه‌شکن: این عیب در نتیجه طراحی نامناسب قطعه ریختگی ایجاد می‌شود. گرده‌های نامناسب در نقاط اتصال و حمل نامناسب و نادرست قطعه در هر قسمت از خط تولید سبب شکستن قطعه می‌شود. قطعات ریختگی مسی (برنج سرخ، برنج زرد و غیره) با خصوصیت شکنندگی در حالت داغ شناخته می‌شوند. به عبارت دیگر این قطعات در حالت داغ به راحتی می‌شکنند. بنابراین در صورتی که قطعه‌ای قبل از این که به اندازه کافی سرد شده باشد، از قالب بیرون آورده شود، ممکن است دچار شکست شود. قالب یا ماهیچه‌ای که در دمای بالا استحکام بیش از حد داشته باشد نیز نمی‌تواند فضای مناسب را برای حرکت قطعه ریختگی در حال انقباض ایجاد کند. در نتیجه ممکن است قطعه بشکند.

- سردجوشی: سردجوشی زمانی ایجاد می‌شود که دو جریان مذاب در قالب به سمت یکدیگر حرکت می‌کنند، نتوانند درست به هم جوش بخورند. سردجوشی معمولاً در اثر سردبودن مذابی که به آهستگی ریخته می‌شود یا طراحی نادرست سیستم راه‌گاهی و پر نشدن سریع قالب، ایجاد می‌شود.

- بلندشدن ماهیچه: بلند شدن ماهیچه سبب تغییر ضخامت دیواره یا کمبود مذاب در محل تماس با لنگه بالایی قالب می‌شود. دلیل این امر حرکت ماهیچه به سمت نیمه بالایی قالب است. در صورت استفاده از ماسه تر، امکان جابه‌جایی ماهیچه در اثر ترک‌خوردگی سطح قاعده نیمه پایینی قالب (هنگام بیرون کشیدن مدل رخ می‌دهد) و حرکت آن به سمت نیمه بالایی وجود دارد. ماهیچه‌های ساخته شده از ماسه خشک هنگامی حرکت می‌کنند که پل‌های بدون تکیه‌گاه ماهیچه‌ای که به اندازه کافی قانجاق‌گذاری نشده است، بیش از حد بزرگ باشند. ماهیچه در اثر نیروی سیلان فلز مذاب به سمت بالا خم می‌شود. سایر علل عبارتند از کافی نبودن تعداد تکیه‌گاه ماهیچه‌ها و طراحی نادرست آن‌ها، کافی نبودن تعداد پل‌های ماهیچه (قانجاق‌ها)، لغزش پل‌ها، حذف پل‌ها توسط قالب‌گیر یا طراحی بد ماهیچه. بلندشدن ماهیچه را به راحتی می‌توان تشخیص داد و برطرف کرد.

- ماسه‌سایی: ماسه‌سایی در اثر وارد شدن فشار به قالب و خردشدن موضعی آن به وجود می‌آید و نتیجه آن ایجاد فرورفتگی در سطح قطعه ریختگی است. فرورفتگی‌ها در نتیجه معیوب بودن تجهیزات درجه، مانند صفحه زیردرجه، یا خیلی بزرگ بودن ماهیچه‌ها در مقایسه با تکیه‌گاه ماهیچه‌ها ایجاد می‌شوند. جابه‌جایی نادرست قالب نیز می‌تواند منجر به ماسه‌سایی شود.

- ماسه‌ریزی: این عیب هنگامی ایجاد می‌شود که بخشی از ماسه قسمت بالایی، هنگام ذوب‌ریزی یا قبل از آن، به درون حفره قالب فرو بریزد. علل این اتفاق می‌تواند یکی از موارد انداختن وزنه‌ها، بد جا انداختن قلاب‌های دو قسمت بالایی و پایینی قالب، ماسه نامرغوب، جفت کردن نادرست دو قسمت قالب، جاگذاری نادرست روکش‌ها و سایر کارهای نادرست باشد.

- پلیسه: در اثر وجود ترک در نیمه بالایی یا پایینی قالب، روی سطح قطعه پلیسه ایجاد می‌شود. علل ایجاد ترک عبارتند از پیچیدگی درجه، به‌کارگیری روکش نامناسب و جاگذاری نادرست آن، تاب داشتن صفحه زیر درجه، صاف کردن و تراشیدن غیریکنواخت ماسه اضافی روی درجه، کافی نبودن ارتفاع لنگه بالایی یا پایینی درجه، تمیز نکردن سطح صفحه زیردرجه یا درست جفت نشدن لنگه پایینی قالب به نحوی که در جای خود نوسان کند.
- جوش خوردگی: جوش خوردگی عبارتند از ایجاد سطحی ناصاف و شیشه‌ای از ماسه سوخته روی سطح خارجی قطعه ریختگی یا در محل تماس آن با ماهیچه. علل ایجاد این عیب پایین بودن بیش از حد دمای تفجوشی یا نقطه ذوب ماسه یا ماهیچه است. این عیب می‌تواند در اثر بالابودن بیش از حد دمای ذوب‌ریزی نیز رخ دهد. در برخی مواقع می‌توان با رنگ کردن قالب یا استفاده از ماسه دیرگداز این عیب را برطرف نمود.
- حفره گازی: حفره‌های گازی به صورت پراکنده، روشن و گرد روی سطح شکست و نیز سطوح ماشین‌کاری شده دیده می‌شوند. این حفره‌ها به علت جذب گاز در فلز (هنگام ذوب) ایجاد می‌شوند. گاز در هنگام انجماد قطعه آزاد می‌شود. علت جذب و باقی ماندن گازها، عملیات نامناسب ذوب و نامطلوب بودن عملیات اکسیژن‌زدایی است.
- ترک حرارتی: ترک حرارتی در واقع گسیختگی یا جدایش ناشی از محدودیت‌های فیزیکی است که قالب یا ماهیچه برای قطعه در حال انقباض ایجاد می‌کنند. متداول‌ترین علت وقوع این عیب، استحکام بیش از حد ماسه ماهیچه یا قالب است. این ترک‌ها ممکن است داخلی یا خارجی باشند. اگر حرکت قطعه ریختگی در حین انقباض ناشی از انجماد تا دمای اتاق، محدود شود، قطعه دچار گسیختگی خواهد شد.
- آخال: آخال‌ها شامل ذرات آشغال، سرباره و سایر نخاله‌ها می‌باشند. علل وجود آخال‌ها عبارتند از ناکامی در ایجاد گلوگاه مناسب در حین ذوب‌ریزی، قالب‌گیری کثیف، باد نگرفتن نیمه‌های قالب پیش از جفت کردن آن‌ها و جاگذاری نادرست ماهیچه (که سبب شکستن ریشه ماهیچه و فروافتادن آن به قالب می‌شود). نیمه پایینی قالب را باید باد گرفت. ماهیچه‌گذاری را انجام داد و سپس مجدداً آن را باد گرفت. آشغال‌هایی که قبل از ذوب‌ریزی از طریق راه‌گاه به درون قالب می‌ریزند، یا هنگام روکش‌گذاری وارد آن می‌شوند، باید از قالب بیرون رانده شوند. معمولاً علت وجود آخال در قطعه، قالب‌گیری کثیف آن است.
- تبرید معکوس: این عیب که در چدن خاکستری دیده می‌شود، عبارتند از ایجاد چدن سفید در مرکز قطعه، که با چدن خاکستری احاطه شده است. نامناسب بودن کربن معادل قطعه مورد نظر یا وجود بعضی فلزات غیر آهنی (از قبیل سرب، تلور و آنتیموان) در بار کوره، عوامل ایجاد این پدیده‌اند.
- گرافیت آزاد (در چدن‌ها): در صورتی که کربن معادل چدن، به نسبت مقطع ریختگی مورد نظر بیش از حد بالا باشد و سرعت سرد شدن نیز خیلی کم باشد، گرافیت آزاد به صورت پولک‌های سیاه و براق در سطح نیمه بالایی قالب تشکیل می‌شود. این پدیده منجر به تشکیل حفره‌های ناصاف و پراکنده در قطعه می‌شود.
- عرق سرب: عرق سرب عبارتند از پوششی از ذرات کروی در سطح خارجی قطعات ریختگی برنجی یا برنزی با درصد سرب بالا. زیر این پوشش حفره‌ها یا تخلخل‌هایی ایجاد می‌شوند. از آنجایی که در برنزهای پرسرب (۷۰ درصد مس، ۵ درصد قلع و ۲۵ درصد سرب) پایین‌ترین نقطه ذوب را سرب دارد و با قلع و مس محلول تشکیل نمی‌دهد، بنابراین سرب به صورت مایع باقی می‌ماند تا دما به کمتر از ۳۲۵ درجه سانتی‌گراد برسد. اگر قطعه ریختگی در دمایی بالاتر از ۳۲۵ درجه سانتی‌گراد تکانه شود، سرب از بین بلورهای مس و قلع، به صورت قطراتی به سمت سطح حرکت می‌کند.
- نفوذ مذاب: مخلوط شدن فلز با ماسه در نتیجه نفوذ مذاب به دیواره قالب یا سطح ماهیچه، نفوذ مذاب نامیده می‌شود. این عیب اساساً در اثر سست و غیریکنواخت کوبیده شدن قالب یا ماهیچه، که نتیجه آن تخلخل زیاد یا تراکم اندک است، ایجاد می‌شود. علت دیگر بالابودن بیش از حد دمای ذوب‌ریزی است.

- نیامد: وقتی به علت سرد شدن فلز، ذوب‌ریزی آهسته، پایین بودن فشار هیدرواستاتیکی، یا لزجت بالای مذاب (در اثر وارد شدن گاز به مذاب یا اکسید شدن آن) امکان رسیدن مذاب به بخشی از قطعه وجود نداشته باشد، این عیب ایجاد می‌شود.
- جاماندن ماهیچه: چنانچه از اسم این پدیده برمی‌آید، در اینجا با قراردادن ماهیچه در قالب و نتایج ناشی از آن روبه‌رو هستیم.
- مک‌گازی: وجود این عیب در سطح می‌تواند بیان‌گر حضور حفره‌های گازی زیادی در زیر سطح باشد.
- کم‌آمد: پرنشیدن قالب سبب ناقص شدن قطعه می‌شود. هر ریخته‌گری ممکن است دیر یا زود با این عیب روبه‌رو شود. کافی نبودن فلز در پاتیل یا بوته سبب ایجاد این عیب می‌شود. با پر کردن مجدد قالب نمی‌توان این عیب را برطرف نمود.
- جاباز کردن: در صورتی که بعد از کوبیدن ماسه و شکل‌گیری آن همچنان عمل کوبیدن ادامه یابد، بخشی از قالب از مدل جدا می‌شود. این عیب جاباز کردن نامیده می‌شود.
- بیرون زدن: خارج شدن مذاب از محل اتصال درجه‌ها، بیرون زدن نامیده می‌شود. سر رفتن مذاب می‌تواند سبب خروج مذاب از هر قسمت از قطعه، بالاتر از خط جدایش، شود. فشار هیدرواستاتیکی بیش از حد (ناشی از خیلی بلند بودن راه‌گاه) یا صاف نکردن سطح بین دو نیمه قالب قطعات بزرگ، از دیگر عوامل این پدیده می‌باشند.
- کمانش: کاهش سطح مقطع فلز هنگام شکم دادن ماهیچه یا نیمه بالایی قالب، کمانش نامیده می‌شود. عوامل ایجاد این عیب عبارتند از: کافی نبودن تعداد تیرک‌های لنگه بالایی درجه، کوچک بودن درجه برای قطعه مورد نظر یا کم عمق بودن لنگه بالایی درجه. کمانش ممکن است منجر به نیامد مذاب و ایجاد قطعه ناقص شود.
- زخمه: پوسته‌ای ناصاف و نازک فلزی است که به وسیله رگ‌های نازک به قطعه چسبیده‌اند و لایه‌ای از ماسه بین آن‌ها و قطعه ریختگی قرار دارد. معمولاً روی سطوح تخت دیده می‌شوند. این عیب در اثر کوبیدن زیاد ماسه و پایین بودن نفوذپذیری آن و نیز کم بودن استحکام داغ قالب به وجود می‌آید.
- جابه‌جایی: این عیوب به دو دسته تقسیم می‌شوند: جابه‌جایی قالب و جابه‌جایی ماهیچه. جابه‌جایی قالب زمانی دیده می‌شود که خطوط جدایش قالب (هنگام بسته شدن قالب) روی یکدیگر قرار نگیرند و با هم جفت نشوند. علت آن لق کردن بیش از اندازه مدل آزاد، وارونه کردن لنگه بالایی قالب روی لنگه پایینی، لق بودن پین‌های مدل، معیوب بودن درجه‌ها و عدم انطباق آن‌ها با یکدیگر می‌باشد. جابه‌جایی ماهیچه در اثر در یک امتداد قرار نگرفتن دو نیمه ماهیچه هنگام مونتاژ آن‌ها ایجاد می‌شود.
- مک انقباضی و کشیدگی سطحی: این عیوب در اثر کمبود فلز تغذیه ایجاد می‌شوند و در نتیجه آن‌ها کشیدگی و مقعر شدن سطح قطعه ریختگی پدید می‌آید.
- آخال سرباره: سرباره موجود در سطح قطعه و دیواره راه‌گاه اصلی، سرباره آخال‌دار نامیده می‌شود. علل ایجاد آن کف‌گیری نامناسب در پاتیل، عدم استفاده از گلوگاه در راه‌گاه اصلی و بزرگی بیش از اندازه راه‌گاه می‌باشد.
- تخلخل گازی: این عیب به صورت حفره‌های گرد در سطح نیمه بالایی قطعه دیده می‌شود. علت آن استفاده از پاتیل مرطوب است.
- ماسه انداختن: این عیب عبارتند از ایجاد برآمدگی در سطح قطعه ریختگی در اثر چسبیدن بخشی از سطح قالب به مدل و کنده شدن آن وقتی مدل بیرون کشیده می‌شود. تمیزکاری ناقص، لاک یا پرداخت سطحی نامناسب مدل یا زبری سطح آن، استفاده از لاک چسب‌ناک و مایع جداکننده چسب‌ناک و قرار گرفتن ماهیچه سرد در ماسه گرم با شیب کم مدل از دلایل این عیب می‌باشد.
- باد کردن: فشار اعمالی از طرف فلز در حال حرکت یا جابه‌جایی ماسه سبب تغییر شکل قطعه ریختگی می‌شود. علل این عیب وجود نقاط نرم در قالب و یا نرم بودن بیش از حد قالب می‌باشد.

- ماسه‌شویی و سایش: در صورتی که ماسه قالب دچار سایش و شسته شود و مقداری از آن به سمت سطح نیمه بالایی قطعه حرکت کند این عیب دیده می‌شود. منشاء این عیب ممکن است سیستم راه‌گاهی یا حفره قالب باشد. پایین بودن بیش از حد استحکام داغ، خشک بودن بیش از حد ماسه، طراحی بد سیستم راه‌گاهی، ریزش ماسه به درون قالب، ماسه‌شویی در محل ضربه‌خوردن از دلایل این عیب می‌باشند.
- شیار روی: این عیب در سطح نیمه بالایی قطعات ریختگی حاوی درصدهای بالای روی دیده می‌شود. علل اصلی آن تبخیر روی هنگام ذوب‌ریزی است. اکسید روی شناور شده و به سمت نیمه بالایی حرکت می‌کند. کم بودن سرعت ذوب‌ریزی، کافی نبودن تعداد راه‌گاه‌های فرعی و بالابودن دمای بیش از حد مذاب در پاتیل یا کوره، از علل اصلی این پدیده می‌باشند. برای جلوگیری از این پدیده باید قالب را به سرعت پر کرد.

۲. انواع ریخته‌گری

از دیدگاه نوع قالب روش‌های ریخته‌گری به دو دسته تقسیم می‌شوند: ریخته‌گری در قالب‌های یک‌بار مصرف و قالب‌های دائمی. اما ریخته‌گری با توجه به تکنولوژی و مجموعه تجهیزاتی که در قالب‌گیری دخیل هستند نیز تقسیم‌بندی می‌شود. به عنوان مثال انواع ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای، ریخته‌گری به روش ویژه (قالب‌های فلزی)، ریخته‌گری در قالب فلزی و با فشار کم، ریخته‌گری در قالب فلزی و با فشار بالا، دیزاماتیک، ریخته‌گری دقیق، ریخته‌گری در قالب‌های کوبشی و غیره جزء این موارد می‌باشند. هر یک از موارد فوق دارای کاربردی است، که با توجه به میزان تولید قطعه، کیفیت مورد نظر آن، ابعاد و جنس قالب، از هر یک از این روش‌ها استفاده می‌شود.

به عنوان مثال در روش با قالب‌های یک‌بار مصرف از قالب‌های موقت استفاده می‌شود. این قالب‌ها پس از یک بار ریخته‌گری از بین می‌روند تا قطعه را بتوان از قالب جدا کرد. پرکاربردترین نوع این قالب‌ها، قالب‌های ماسه‌ای است. در مقابل در ریخته‌گری در قالب‌های دائمی، ریخته‌گری در قالب‌های فلزی انجام می‌گیرد. منظور از ریخته‌گری غیر انبساطی ریخته‌گری در قالبی است که قابلیت انبساط ندارد از این‌رو قالب‌های غیرانبساطی را قالب‌های دائمی نیز می‌نامند. از ویژگی‌های این قالب‌ها می‌توان به بازگرداندن فشار مذاب به خود آن اشاره کرد، که این امر باعث کاهش درصد انقباض و عیوب ناشی از آن می‌شود. همچنین در قالب‌های فلزی به دلیل بالا بودن سرعت انتقال حرارت نسبت به قالب‌های ماسه‌ای ساختارهای ریخته‌گری ریزتر و خواص مکانیکی اغلب بالاتر است. در جدول زیر خلاصه‌ای از انواع روش‌های ریخته‌گری، به همراه مزایا و معایب آن‌ها را مشاهده می‌نمایید.

جدول ۱- انواع روش‌های ریخته‌گری به همراه مزایا و معایب آن‌ها

فرآیند	مزایا	معایب
ریخته‌گری ماسه‌ای	هزینه پایین، گستره وسیعی از فلزات، اندازه‌ها و شکل‌ها	تلرانس زیاد، کیفیت سطح نامطلوب
ریخته‌گری با قالب پوسته‌ای	دقت بالا، نرخ تولید بیشتر و کیفیت سطح بهتر	محدودیت در اندازه قطعات
ریخته‌گری با قالب یک‌بار مصرف	گستره وسیعی از فلزات، اندازه‌ها و شکل‌ها	استحکام پایینی الگوها
ریخته‌گری با قالب گچی	اشکال پیچیده، کیفیت سطح عالی	فقط برای فلزات غیرآهنی، نرخ تولید پایین
ریخته‌گری با قالب سرامیکی	اشکال پیچیده، دقت بالا و کیفیت سطح خوب	فقط اندازه‌های کوچک
ریخته‌گری دقیق	اشکال پیچیده و کیفیت سطح عالی	قطعات کوچک و گران قیمت
ریخته‌گری با قالب دائمی	کیفیت سطح خوب، نرخ تولید بیشتر و تخلخل کم	اشکال ساده، گرانی قالب
ریخته‌گری تحت فشار	دقت ابعادی عالی، نرخ تولید بالا	گرانی قالب، قطعات کوچک، فلزات غیرآهنی
ریخته‌گری به صورت دورانی	احجام سیلندری شکل بزرگ، کیفیت خوب	محدودیت در شکل، هزینه بالا

مراجع

- [۱]: روبرت اچ تاد- ترجمه مهندس اکبر شیرخورشیدیان، فرآیندهای تولید، نشر طراح، سال ۱۳۹۰
- [۲]: سی دبلیو آمن، ترجمه سیروس زمانی، راهنمای ریخته‌گری، انتشارات فنی ایران، سال ۱۳۸۱

نوشته: عباس قلی‌نژاد

استاندارد ایزو ۵۱۹۹ (ویرایش سال ۲۰۰۲) - بخش سوم

این مقاله که به صورت اختصاصی در بخش تحقیق و توسعه این شرکت گردآوری شده است، ترجمه کاملی از استاندارد ایزو ۵۱۹۹ ویرایش سال ۲۰۰۲ میلادی می‌باشد که به دلیل حجم بالای آن، در چند شماره از فصل‌نامه به چاپ می‌رسد. در شماره گذشته فصل‌نامه، قسمت دوم این استاندارد که به بررسی کلیات و مباحث طراحی می‌پردازد منتشر گردید. در این قسمت به بخش سوم این استاندارد می‌پردازیم. امید است که این مقاله بتواند کمکی به شناخت هرچه بیشتر این استاندارد توسط صنعت‌گران این مرز و بوم شود.

۷. آماده‌سازی برای ارسال

۷.۱. آب‌بندهای محور

پکینگ‌های نرم و آب‌بندهای مکانیکی زمانی نصب می‌شوند که تمامی قسمت‌ها مورد توافق باشند. زمانی که کاسه‌نمدها جا زده نشده‌اند، یک برچسب هشداردهنده باید به طور کامل حفظ شده‌ای بر روی پمپ نصب شود.

۷.۲. محافظت جهت حمل و انبار

تمامی قسمت‌های داخلی که از مواد غیر مقاوم در برابر خوردگی‌های ایجاد شده توسط محیط، ساخته شده‌اند، باید پیش از حمل، تخلیه شده و توسط مواد جاذب رطوبت و مواد ضدزنگ‌زدگی مورد محافظت قرار گیرند. سطوح خارجی، به جز سطوح تحت ماشین‌کاری، باید حداقل یک پوشش بر اساس رنگ‌آمیزی استاندارد سازنده که بر اساس شرایط محیطی انتخاب می‌شود، داشته باشند. قسمت‌های فولاد ضد زنگ و قسمت زیرین فونداسیون که باید برای دوغاب-ریزی آماده باشد، نیازی به رنگ‌آمیزی ندارند.

قسمت‌های ماشین‌کاری شده خارجی ساخته شده از کربن استیل و چدن، باید از یک پوشش ضدزنگ مناسب پوشیده شوند. یاتاقان‌ها و محفظه آن‌ها باید به وسیله روغن محافظ که با روان‌کارها سازگارند حفظ شوند. برچسب هشداردهنده‌ای که نشان‌دهنده آن است که محفظه یاتاقان‌ها باید با روغن مناسب تا سطح مناسب برای استارت پر شود، باید در جای مناسب با ایمنی کامل بر روی پمپ نصب شود.

اطلاعات مربوط به عوامل حفاظتی و نحوه خروج آن‌ها باید به طور محافظت شده‌ای بر روی پمپ نصب شوند. این اطلاعات باید قابل مشاهده باشد.

۷.۳. محافظت از اجزای دوار در حین حمل

جهت جلوگیری از آسیب‌دیدگی یاتاقان‌ها که به وسیله ارتعاشات در حین جابه‌جایی اتفاق می‌افتد، قسمت‌های دوار با توجه به حالت و فاصله جابه‌جایی، وزن روتور و طراحی یاتاقان‌ها باید مورد محافظت قرار گیرند. در این موارد یک برچسب هشداردهنده باید بر روی آن‌ها نصب شود.

۷.۴. دریچه‌های بازدید

تمامی ورودی‌های محفظه فشار باید دارای دریچه‌های محکم مقاوم در برابر شرایط جوی باشد تا آسیب‌های ناگهانی را تحمل کند. دریچه‌های بوش‌دار (دریچه‌های دیواره خنک‌کن) نمی‌توانند دارای قابلیت نگهداری فشار باشند.

۷.۵. لوله‌کشی و تجهیزات یدکی

هر قسمت باید به طور مناسب آماده شده و لوله‌کشی‌های کوچک و تجهیزات یدکی محافظت شوند، تا از آسیب‌دیدگی در هنگام حمل و انبار کردن جلوگیری شود.

۷.۶. شناسایی

پمپ و تمامی تجهیزات تامین شده وابسته، باید به طور واضح و مستمر به وسیله شماره‌های شناسایی از پیش توصیف شده، نشانه‌گذاری شوند.

نوشته: عباس قلی‌نژاد

اخبار جهان پمپ ۱

❖ درآمد حاصل از فروش تجهیزات کنترل فاضلاب‌های شهری و صنعتی در سال جاری به بیش از

۹۰ میلیارد دلار خواهد رسید

خرید پمپ و شیرآلات توسط پیمانکاران نیروگاه‌ها، فاضلاب‌های شهری و سیستم‌های صنعتی در سال ۲۰۱۲ بیش از ۹۰ میلیارد دلار خواهد بود. بزرگ‌ترین خریداران این محصولات در صنعت انرژی، نیروگاه‌های زغال‌سوز خواهند بود. بیشتر این نیروگاه‌ها در حال ساخت در قاره آسیا می‌باشند. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با توربین‌های گاز سهم بسیار کمی از این قسمت دارند. سهم انرژی هسته‌ای نیز روز به روز در حال کوچک‌تر شدن می‌باشد. استخراج انرژی از زغال‌سنگ و نیروی آب روبه افزایش می‌باشد. از این رو جهت تجهیز این نیروگاه‌های در حال ساخت (بخش‌های تصفیه فاضلاب) نیاز هرچه بیشتری به پمپ و شیر احساس می‌شود. سهم آسیا از مصرف پمپ‌ها و شیرهای مورد استفاده در سیستم‌های نیروگاهی دارای رشد فرآیندهای است که در پنج سال آینده، به رتبه اول مصرف در جهان می‌رسد.

میزان مصرف صنایع مختلف از محصولات پمپ و شیرآلات در سال ۲۰۱۲ (برحسب میلیارد دلار)

نوع محصول	انرژی	فاضلاب شهری	صنایع دیگر	کل
پمپ	۳	۱۴	۲۰	۳۷
شیرآلات	۷	۷	۳۹	۵۳
مجموع	۱۰	۲۱	۵۹	۹۰

منبع: سایت <http://impeller.net> می‌باشد.

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

قسمت دوم

استاندارد NACEMR0175 استاندارد در زمینه مواد مورد استفاده در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن می‌باشد. از آنجایی که عمر مفید و ضریب ایمنی پمپ‌های مورد استفاده در تجهیزات نفتی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، این استاندارد رابطه بسیار تنگاتنگی با صنعت پمپ‌سازی دارد. با توجه به حجم بالای این استاندارد، در این قسمت، تنها بخش‌های پایانی این استاندارد، تقدیم خوانندگان محترم نشریه پمپ سانتریفیوژ می‌گردد. امید است که آشنایی هرچه بیشتر با این استاندارد، سبب ارتقاء هرچه بیشتر سطح کیفی محصولات داخلی گردد.

**Petroleum and natural gas industries-
Materials for use in H₂S - containing
environments in oil and gas
Production - Part 2 : Cracking-resistant carbon and low alloy
steels, and the use of cast irons**

صنایع نفت و گاز

مواد مورد استفاده در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن در تولید نفت و گاز طبیعی
قسمت دوم- فولادهای کم آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک و کاربرد چدن‌ها

۶. عوامل موثر بر رفتار فولادهای کم آلیاژ و کربنی در محیط‌های حاوی H₂S

رفتار فولادهای کم آلیاژ و کربنی در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن تحت تاثیر اندرکنش پیچیده پارامترهایی به شرح زیر می‌باشد:

- ترکیبات شیمیایی، روش ساخت، شکل محصول، مقاومت، سختی فلز و نوسانات محلی، میزان کار سرد، شرایط عملیات حرارتی، ریز ساختارها، یکنواختی ریز ساختارها، اندازه دانه‌ها و تمیزی ماده.
- فشار جزئی سولفید هیدروژن یا تمرکز معادل در فاز آبی
- تمرکز یون کلراید در فاز آبی
- اسیدیته فاز آبی (pH)
- وجود گوگرد یا دیگر اکسیدکننده‌ها
- قرار گرفتن در معرض سیالات غیرتولیدی
- دمای قرارگیری
- تنش کششی کل
- زمان در معرض قرارگیری

این موارد در استفاده از این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156، جهت انتخاب مواد مناسب در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن در سیستم‌های تولید نفت و گاز باید مد نظر قرار بگیرند.

۷. صلاحیت و انتخاب فولادهای کم آلیاژ و کربنی مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم

۷.۱. گزینه ۱: انتخاب فولادهای مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی (چدن‌ها) با استفاده از پیوست A.2

۷.۱.۱. برای $pH_{H_2S} < 0.3kPa(0.05 psi)$

انتخاب مواد مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی در $pH2S$ کمتر از ۰.۳ کیلوپاسکال، در این قسمت از استاندارد با جزئیات زیادی مدنظر قرار نمی‌گیرند. معمولاً هیچ احتیاط و پیش‌گیری خاصی جهت انتخاب فولاد، جهت استفاده تحت این شرایط مورد نیاز نمی‌باشد، با این وجود، فولادهای با حساسیت بالا، می‌توانند دچار ترک شوند. اطلاعات بیشتر در مورد عوامل موثر بر حساسیت فولادها و مکانیزم‌های ایجاد ترک در آن‌ها (به جز ترک تنش سولفیدی) در قسمت ۷.۲.۱ توضیح داده شده است.

$$pH2S \geq 0.3kPa(0.05 psi) \quad 7.1.2$$

در صورتی که فشار جزئی $H2S$ در گاز مساوی یا بزرگ‌تر از ۰.۳ کیلوپاسکال باشد، فولادهای مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی باید با استفاده از پیوست A.2 انتخاب شوند.

ملاحظه ۱: فولادهای تشریح شده و لیست شده در پیوست A.2، مواد مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی در صنایع نفت و گاز و پالایشگاه‌های گاز طبیعی می‌باشند.

ملاحظه ۲: کاربرانی که نگران از اتفاق افتادن ترک تنش سولفیدی و ترک نواحی نرم هستند، می‌توانند به گزینه شماره ۲ (انتخاب دوم) مراجعه نمایند (به قسمت ۷.۲.۲ مراجعه شود).

ملاحظه ۳: برای ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای به بند ۸ مراجعه شود.

۷.۲. گزینه ۲: انتخاب فولادهای مناسب جهت استفاده در سرویس‌های ترش مخصوص و یا محدوده‌ای از سرویس‌های ترش

۷.۲.۱. ترک تنش سولفیدی

۷.۲.۱.۱. کلیات

گزینه ۲ به کاربر این امکان را می‌دهد تا مواد مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی، جهت استفاده در سرویس‌های ترش به خصوص و یا محدوده‌ای از سرویس‌های ترش، را ارزیابی و انتخاب کند.

استفاده از گزینه ۲، ممکن است نیازمند دانستن pH موثر و فشار جزیی سولفید هیدروژن و همچنین تغییرات آن‌ها در زمان باشد.

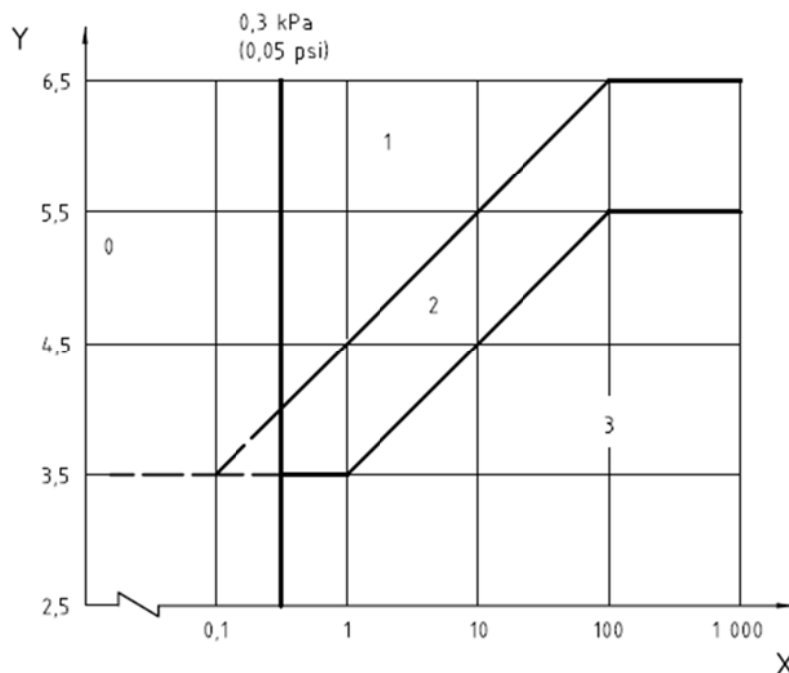
گزینه ۲، خرید حجم بالایی از مواد را مثل خطوط لوله و کالاهای لوله‌ای شکل کشورهای نفتی، که انگیزه اقتصادی بسیار بالایی را جهت استفاده از موادی که در پیوست A شرح داده نشده و لیست نیز نشده‌اند (ممکن است دارای هزینه‌های اضافی ارزیابی و دیگر هزینه‌ها نیز باشند)، را تسهیل می‌کند. فولادهای مورد استفاده در دیگر تجهیزات نیز می‌توانند مورد ارزیابی قرار گیرند. در بسیاری از موارد، این امر نیازمند توافق‌نامه‌ای بین تامین‌کننده و کاربر تجهیزات، با توجه به الزامات تاییدیه و تست، می‌باشد. این گونه توافقات، باید مستندسازی شوند.

گزینه ۲ همچنین می‌تواند ارزیابی‌های متناسب با هدف تجهیزات ساخته شده از فولادهای کم آلیاژ و کربنی مورد استفاده در شرایط سرویس‌های ترش بسیار بدتر از شرایط فرض شده در طراحی را، تسهیل کند.

۷.۲.۱.۲. مناطق ترک تنش سولفیدی شدت‌های محیطی

وضعیت و میزان شدت محیط‌های ترش، که طبق NACE MR0175/ISO 15156-1 تعیین شده است، با توجه به

ترک تنش سولفیدی فولادهای کم آلیاژ و کربنی، با استفاده از شکل شماره ۱، ارزیابی می‌شود:



شکل شماره ۱- محدوده‌های شدت محیطی با توجه به ترک تنش سولفیدی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی

در شکل بالا Y نشان‌دهنده pH موثر و X فشار جزئی سولفید هیدروژن برحسب کیلوپاسکال و مناطق ۱، ۲ و ۳ مناطق ترک تنش سولفیدی می‌باشند.

در تعریف شدت محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن، امکان قرار گرفتن در معرض فازهای مایع فشرده با pH پایین، در خلال برهم‌خوردن و آشفته‌شدن عملکرد و نیز امکان قرار گرفتن در معرض اسیدهای محرک و یا جریان برگشتی اسیدهای محرک پس از واکنش، باید مد نظر قرار بگیرند.

ملاحظه ۱: ناپیوستگی‌های قبل از ۰.۳ کیلو پاسکال و بالای ۱ مگاپاسکال فشار جزئی سولفید هیدروژن، عدم قطعیت را با توجه به اندازه‌گیری فشار جزئی سولفید هیدروژن و عملکرد فولاد در خارج از این محدوده، نشان می‌دهد.

ملاحظه ۲: راهنمای محاسبات فشار جزئی سولفید هیدروژن در پیوست C ارائه شده است.

ملاحظه ۳: راهنمای محاسبات pH در پیوست D ارائه شده است.

$$pH_{2S} < 0.3kPa(0.05 psi) \quad ۷.۲.۱.۳ \quad \text{منطقه صفر}$$

معمولا هیچ‌گونه احتیاطی جهت استفاده از فولادها در این شرایط مد نظر قرار نمی‌گیرد. با این حال، فاکتورهای موثر بر عملکرد فولاد در این محدوده، به ترتیب زیر باید مد نظر قرار بگیرد:

- فولادهایی که بسیار مستعد ترک تنش سولفیدی و ترک هیدروژنی می‌باشند، ممکن است دچار ترک شوند.
- خواص متالورژیکی و فیزیکی فولاد، بر مقاومت ذاتی نسبت به ترک تنش سولفیدی و ترک هیدروژنی، موثر می‌باشند.
- فولادهای با مقاومت بالا، می‌توانند در برابر ترک هیدروژنی در محیط‌های آبی بدون سولفید هیدروژن مقاومت کنند.
- در مقاومت‌های کششی بالای ۹۶۵ مگاپاسکال، توجه خاصی به ترکیب فولاد و فرآیندهای آن باید انجام گیرد تا این مواد ترک تنش سولفیدی و ترک هیدروژنی را در محیط‌های منطقه صفر، ایجاد نکنند.
- تمرکز تنش، احتمال ترک خوردن را افزایش می‌دهد.

۷.۲.۱.۴ ترک تنش سولفیدی مناطق ۱،۲ و ۳

با توجه به مناطق شدت آشکاری که در شکل شماره ۱ تعریف شده است، فولادهای مناسب ناحیه ۱ باید با استفاده از پیوست‌های A.2، A.3 یا A.4، فولادهای مناسب ناحیه ۲ باید با استفاده از پیوست‌های A.2، A.3 و فولادهای مناسب با ناحیه ۳ باید با استفاده از پیوست A.2 انتخاب شوند.

در صورت عدم انتخاب مناسب از پیوست A، فولادهای کم آلیاژ و کربنی می‌توانند جهت استفاده در محیط‌های ترش خاص یا برای استفاده در مناطق ترک تنش سولفیدی، مورد تست و ارزیابی قرار گیرند. تست و ارزیابی باید مطابق با استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-1 و پیوست B انجام شود.

تجربیات مستند نیز می‌تواند به عنوان مبنای انتخاب مواد جهت کاربردهای خاص سرویس‌های ترش، قرار بگیرد (به استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-1 مراجعه شود).

۷.۲.۲ ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم

کاربر باید ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم را با توجه به تعاریف NACE MR0175/ISO 15156-1، در هنگام ارزیابی فولادهای کربنی و محصولات جوشکاری شده آن‌ها، جهت استفاده در عملکرد سرویس‌های ترش در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن، در نظر بگیرد.

پیوست B.4، راهنمای روش‌های تست و معیارهای تاییدیه جهت ارزیابی مقاومت در برابر ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم می‌باشد.

ملاحظه: وقوع این پدیده‌ها، بسیار محدود و به ندرت بوده و همچنین به درستی، قابل فهم نمی‌باشند. آن‌ها سبب خرابی‌های ناگهانی در فولادهای مرجع (ترک هیدروژنی در راستای تنش) و در نواحی متأثر از حرارت جوشکاری (ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم) شده‌اند. رخداد این موارد، تنها به فولادهای کربنی، محدود می‌شود. وجود گوگرد یا اکسیژن در محیط عملیاتی، سبب افزایش امکان خرابی ناشی از این مکانیزم‌ها می‌شود.

۷.۳ الزامات سختی

۷.۳.۱ کلیات

سختی فلزات مرجع، جوشکاری آن‌ها و نواحی متأثر از حرارت آن‌ها، نقش مهمی را در تعیین مقاومت ترک تنش سولفیدی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی بازی می‌کنند. کنترل سختی، روش مناسبی جهت رسیدن به مقاومت ترک تنش سولفیدی می‌باشد.

۷.۳.۲ فلزات مرجع

در صورتی که اندازه‌گیری سختی برای فلزات مرجع تعیین شده باشد، تست‌های سختی کافی جهت تعیین سختی فولاد باید انجام شود. مقادیر سختی راکول اختصاصی خوانده شده، بیش از مقدار مجازی که در این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 به آن اشاره شده است می‌تواند مورد تایید باشد، به شرط آن‌که میانگین مقادیر خوانده شده در نزدیکی آن، بیش از مقادیر مجاز منطبق با این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 نبوده و هیچ مقداری که به صورت انفرادی خوانده می‌شود بیش از ۲ راکول بالاتر از مقدار تعیین شده، نباشد. الزامات معادل با آن، در صورت تعیین در این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 یا رجوع به مشخصات تعیین شده توسط سازنده، باید در دیگر روش‌های اندازه‌گیری سختی نیز اعمال شوند.

ملاحظه: تعداد و مکان تست‌های سختی بر روی فلزات مرجع در NACE MR0175/ISO 15156 مشخص نشده است.

برای فولادهای فريتی (آهن‌دار)، انتشارات شماره ۱۶ فدراسیون اروپایی خوردنگی (EFC Publication 16) گراف-هایی را نشان می‌دهد که جهت تبدیل‌های ویکرز به راکول، ویکرز به برینل بوده و از جدول‌های ASTM E 140 و BS 860 استخراج شده است. جداول تبدیل دیگری نیز موجود می‌باشد.

۷.۳.۳ جوشکاری

۷.۳.۳.۱ کلیات

تغییرات متالورژیکی که در اثر جوشکاری فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی اتفاق می‌افتد، بر استعداد فولادها به ترک تنشی سولفیدی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم، تاثیر دارد.

فرآیندها و مواد مصرفی باید مطابق با توجه به عملکرد خوب و مقاومت کافی در برابر ترک انتخاب شوند.

جوشکاری باید مطابق با کدها و استانداردهای مناسب توافق شده بین تامین‌کننده و سفارش‌دهنده انجام شود. مشخصات فرآیند جوشکاری (WPSS) و مستندات ارزیابی فرآیند جوشکاری (PQRs) باید جهت بازرسی توسط کاربر تجهیزات، در دسترس باشد.

ارزیابی فرآیندهای جوشکاری برای سرویس‌های ترش باید شامل تست سختی مطابق با بندهای ۷.۳.۳.۲ و ۷.۳.۳.۳ و ۷.۳.۳.۴ باشد.

۷.۳.۳.۲ روش‌های تست سختی برای ارزیابی فرآیند جوشکاری

تست سختی برای ارزیابی فرآیند جوشکاری، به طور معمول باید با استفاده از روش‌های ویکرز ۱۰ یا ۵ مطابق با استاندارد ISO 6507-1، یا روش راکول مطابق با ISO 6508-1 با استفاده از معیار ۱۵ نیوتنی انجام شود.

روش سختی راکول می‌تواند برای ارزیابی فرآیند جوشکاری مورد استفاده قرار گیرد، در صورتی که تنش طراحی بیشتر از ۲-۳ برابر کمینه مقاومت تسلیم معین بیشتر نشود و مشخصات فرآیند جوش شامل عملیات حرارتی پس از جوش شود. استفاده از روش سختی راکول برای ارزیابی فرآیند جوشکاری، در دیگر موارد نیازمند توافق کاربر تجهیزات می‌باشد.

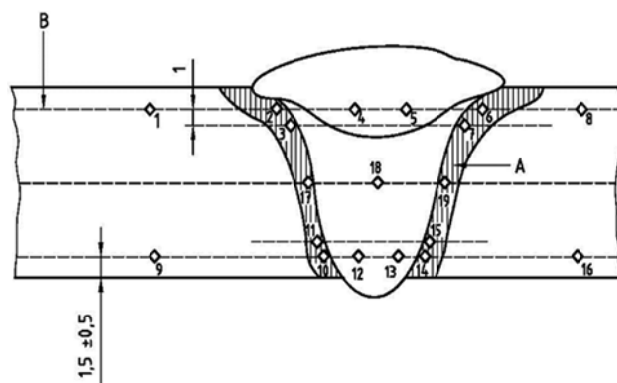
ملاحظه: ممیزی و برآورد سختی با استفاده از روش تست ویکرز یا راکول ۱۵ نیوتنی، تصویر بهتر و با جزئیات بیشتری را از سختی جوش و تغییرات آن را ارائه می‌دهد. برآورد سختی با استفاده از روش سختی راکول، ممکن است مناطق کوچک را در نقاط جوش یا نواحی متأثر از حرارت که سختی در آن‌ها از محدوده تایید برای روش‌های ویکرز یا راکول ۱۵ نیوتنی تجاوز می‌کند، پوشش ندهد. اهمیت این‌گونه مناطق، به درستی درک نشده است.

استفاده از دیگر روش‌های تست سختی ملزم به توافق کاربر تجهیزات می‌باشد.

روش‌های تست سختی ۱۵ نیوتنی راکول یا ویکرز باید جهت ارزیابی معیارهای تاییدیه سختی جوش دیگری که در بند ۷.۳.۳.۴ اجازه داده شده است، مورد استفاده قرار گیرند.

۷.۳.۳.۳ ممیزی سختی برای ارزیابی فرآیند جوشکاری

ممیزی سختی ویکرز باید مطابق با شکل ۲ برای جوش‌های لب به لب، شکل ۳ برای جوش‌های نواری و گوشه و شکل ۴ برای ترمیم و جوشکاری نفوذهای جزئی باشد. ممیزی سختی راکول جوش‌های لب به لب باید مطابق با شکل ۵ باشد. الزامات ممیزی برای دیگر اشکال اتصال باید از همین شکل‌های نشان داده شده، استخراج شوند.



Key

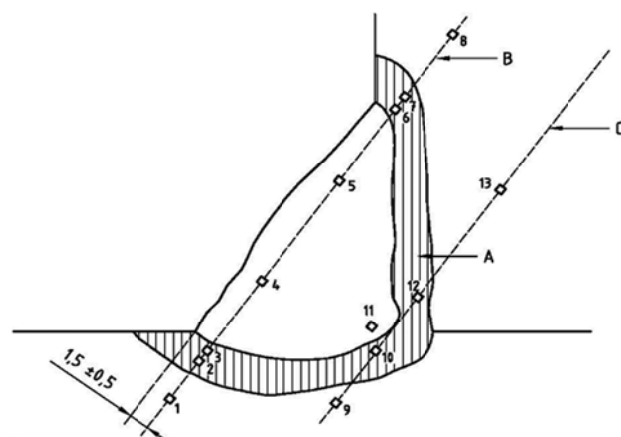
A weld heat-affected zone (visible after etching)

B ——— lines of survey

Hardness impressions 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 17 and 19 should be entirely within the heat-affected zone and located as close as possible to the fusion boundary between the weld metal and the heat-affected zone.

The top line of survey should be positioned so that impressions 2 and 6 coincide with the heat-affected zone of the final run or change of profile of the fusion line associated with the final run.

شکل شماره ۲- روش ارزیابی جوش لب به لب برای اندازه‌گیری سختی ویکرز



Key

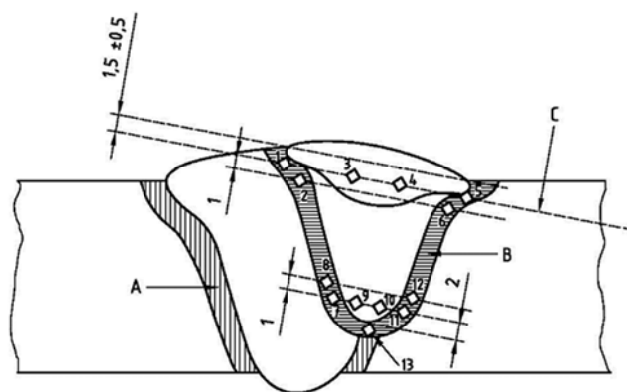
A weld heat-affected zone (visible after etching)

B ——— line of survey

C ——— line of survey, parallel to line B and passing through the fusion boundary between the weld metal and the heat-affected zone at the throat

Hardness impressions 3, 6, 10 and 12 should be entirely within the heat-affected zone and located as close as possible to the fusion boundary between the weld metal and the heat-affected zone.

شکل شماره ۳- جوش نواری (گوشه)



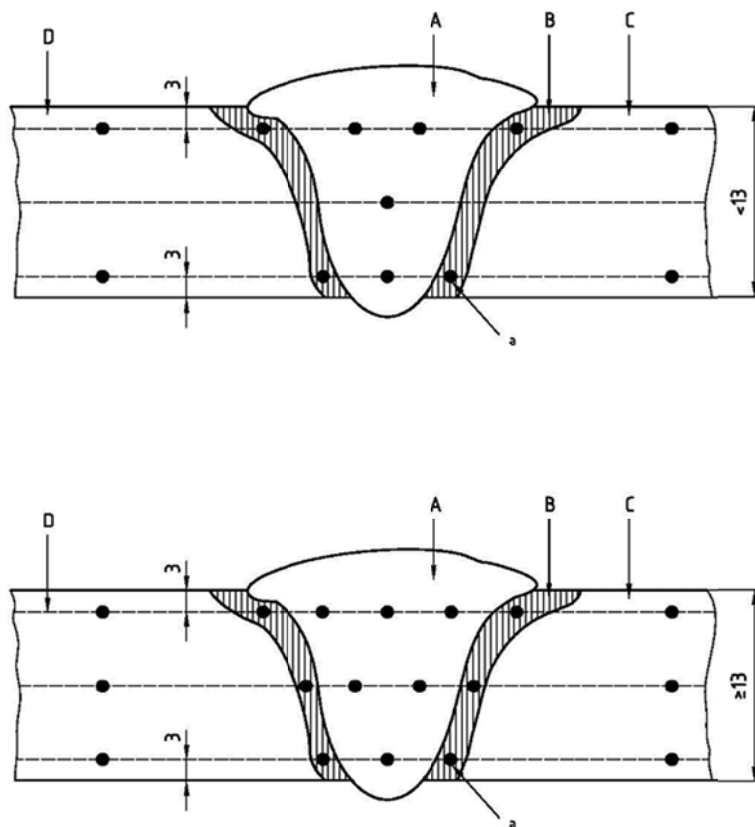
Key

- A original weld heat-affected zone
- B repair weld heat-affected zone
- C ——— parallel lines of survey

Hardness impressions in the heat-affected zone should be located as close as possible to the fusion boundary.

The top line of survey should be positioned so that the heat-affected zone impressions coincide with the heat-affected zone of the final run or change in profile of the cap of fusion line associated with the final run.

شکل شماره ۴- ترمیم و جوشکاری نفوذهای جزئی



Key

- A weld
- B weld heat-affected zone (visible after etching)
- C parent metal
- D ——— lines of survey

Hardness impressions in the weld heat-affected zone should be located within 2 mm of the fusion boundary.

شکل شماره ۵- جوش لب به لب (روش ممیزی برای اندازه گیری سختی راکول)

۷.۳.۳.۴. معیار تایید سختی جوشکاری

معیار تایید سختی جوشکاری برای فولادهای انتخاب شده از گزینه ۱ باید آنچنان که در پیوست A.2.1.4 مشخص شده است باشد. معیار تایید سختی جوشکاری دیگری ممکن است از تست‌های ترک تنشی سولفیدی موفق نمونه-های جوشکاری شده احراز شود. تست‌های ترک تنشی سولفیدی باید مطابق با پیوست B باشد. معیار تایید سختی جوش برای فولادهای ارزیابی یا انتخاب شده از طریق گزینه ۲، می‌تواند بر اساس تست‌های ترک تنشی سولفیدی موفق نمونه‌های جوشکاری شده احراز شود. تست‌های ترک تنشی سولفیدی باید مطابق با پیوست B باشد.

۷.۴. دیگر روش‌های ساخت

برای فولادهایی که از روش‌های دیگری جز جوشکاری، دچار تغییرات سختی می‌شوند، تست سختی باید به عنوان قسمتی از ارزیابی فرآیند ساخت مشخص شود. در صورت وجود نواحی متأثر از حرارت در محصول نهایی، تست سختی باید به عنوان قسمتی از ارزیابی فرآیندهای برش/سوزش مشخص شود. الزاماتی که برای روش‌های ساخت و همچنین معیارهای تایید سختی در بند ۷.۳ وجود دارند، باید مورد استفاده قرار گیرند. شکل و مکان نمونه‌های ارزیابی و تست باید مورد تایید کاربر تجهیزات باشد.

۸. ارزیابی فولادهای کم آلیاژ و کربنی برای مقاومت در برابر ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای

کاربر تجهیزات باید، ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای تعریف شده طبق NACE MR0175/ISO 15156-1 را در هنگام ارزیابی محصولات فولاد کربنی تخت نورد شده برای محیط‌های سرویس‌های ترش حاوی سولفید هیدروژن بسیار ناچیز و تست ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای این محصولات را در نظر بگیرد. پیوست B راهنمایی را جهت روش‌های تست و معیارهای تایید ارزیابی مقاومت در برابر ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای فراهم آورده است. احتمال ایجاد ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای متأثر از روش‌های تولید و شیمی مواد می‌باشد. سطح گوگرد در فولاد از اهمیت خاصی برخوردار است. سطح مورد قبول بیشینه برای محصولات بدون درز و تخت نورد شده ۰.۰۰۳ و ۰.۰۱ درصد می‌باشد. آهنگری (فرجینگ) متداول با سطح گوگرد کمتر از ۰.۰۲۵ درصد و ریخته‌گری، معمولاً حساس به ترک هیدروژنی و ترک هیدروژنی در راستای تنش نمی‌باشند. ملاحظه ۱: ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای به ندرت در لوله‌ها و محصولات بدون درزی که تخت نورد شده‌اند، اتفاق می‌افتند. به علاوه، در ساخت لوله‌های بدون درز از تکنولوژی‌های جدیدی استفاده می‌شود که نسبت به ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای بسیار مقاوم می‌باشند. ملاحظه ۲: وجود زنگ، گوگرد یا اکسیژن، به خصوص با هم و به همراه کلراید در محیط عملیاتی، احتمال آسیب‌ها را افزایش می‌دهد.

۹. نشانه‌گذاری

مواد مطابق با استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 باید ترجیحاً از طریق نشانه‌گذاری و قبل از تحویل، قابل شناسایی و ردیابی باشند. جداول موجود در پیوست E نشانه‌هایی را ارائه می‌دهد که جهت شناسایی مواد به کار می‌روند.

پیوست A

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(اصلی)

فولادهای کم آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک تنش سولفیدی (و الزامات و توصیه‌های لازم جهت استفاده از چدن‌ها)

۱. کلیات

این پیوست فولادهای کم آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک تنش سولفیدی را تشریح داده و فهرست می‌کند. الزامات جهت استفاده از چدن‌ها نیز در پیوست ۲.۴ آورده شده است.

فولادهای مطابق با این پیوست بدون هیچ‌گونه الزامات اضافی توانایی مقاومت در برابر ترک هیدروژنی در راستای تنش، ترک نواحی نرم، ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای را ندارند.

ملاحظه: قسمت ۲ مطابق با الزامات قبلی NACE MR0175 می‌باشد.

به هنگام انتشار این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156، هیچ لیستی از فولادهای تایید شده برای نواحی ۱ (قسمت ۳) و ۲ (قسمت ۴) ترک تنش سولفیدی وجود ندارد. بنابراین قسمت‌های ۳ و ۴، تنها خصوصیات معمول فولادها را که مناسب استفاده تحت شرایط تعریف شده می‌باشند، نشان می‌دهند.

۲. فولادهای کم آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک تنش سولفیدی و استفاده از چدن‌ها

۲.۱. الزامات کلی برای فولادهای کم آلیاژ و کربنی

۲.۱.۱. کلیات

فولادهای کم آلیاژ و کربنی باید مطابق با قسمت ۲.۱.۲ از طریق قسمت ۲.۱.۹ باشند.

فولادهای کم آلیاژ و کربنی، محصولات و اجزایی که مطابق با قسمت ۲ می‌باشند، به همراه موارد مورد نظر، با توجه به این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 بدون هیچ تست اضافه ترک تنش سولفیدی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با این وجود، هرگونه تست ترک تنش سولفیدی که قسمتی از خصوصیات مواد را شکل دهد، باید انجام شده و نتایج گزارش شوند.

اکثر فولادهایی که با الزامات کلی قسمت ۲ مطابقت دارند، به صورت انفرادی فهرست نمی‌شوند. اگرچه تعدادی از این فولادها به عنوان مثال در جداول ۲ و ۳ و ۴ فهرست شده‌اند.

ملاحظه: فولادهای کم آلیاژ و کربنی شرح داده شده در NACE MR0175، به وسیله ارتباطات گسترده زمینه‌های شکست/ موفقیت و اطلاعات آزمایشگاهی، شناسایی می‌شوند. حد سختی راکول ۲۲ که به بیشتر فولادهای کم آلیاژ و کربنی اعمال می‌شود، بر اساس ارتباط بین رفتار حرارتی، ترکیب شیمیایی و تجربه سختی و شکست می‌باشد. حدود بالاتر سختی برای فولادهای کروم-مولیبدن، بر اساس ملاحظات مشابه می‌باشد.

۲.۱.۲. ترکیب، رفتار حرارتی و سختی فلزات پایه

فولادهای کم آلیاژ و کربنی مورد قبول مطابق با معیار سختی بیشینه راکول ۲۲ که حاوی کمتر از ۱ درصد نیکل می‌باشند، به راحتی ماشین‌کاری نشده و توسط یکی از روش‌های زیر عملیات حرارتی می‌شوند:

- نورد گرم (تنها فولادهای کربنی)
 - آنیلینگ (نرم کردن فلز به وسیله حرارت دادن و سرد کردن آهسته در کوره)
 - نرمالیزه کردن
 - نرمالیزه کردن و گرم کاری
 - نرمالیزه کردن، آستنیتی شدن، سرد کاری و گرم کاری
 - آستنیتی شدن، سرد کاری و گرم کاری
- ۲.۱.۳. فولادهای کربنی مطابق با محدودیت‌های اصلاح شده یا اضافی

به علاوه محدودیت‌های ۲.۱.۲، بعضی از فولادهای کربنی مطابق با محدودیت‌های اصلاح شده یا اضافی زیر می‌باشند:

- مواد تولید شده از فرجینگ مطابق با ASTM A 105، در صورتی که سختی آن‌ها از ۱۸۷ برینل تجاوز نکند، مورد تایید می‌باشند.
 - لوله و اتصالات آهنگری مطابق با ASTM A 234 با درجات WPC و WPC، در صورتی که سختی آن‌ها از ۱۹۷ برینل تجاوز نکند، مورد تایید می‌باشند.
- ۲.۱.۴. جوشکاری

جوشکاری و تعیین سختی جوش باید مطابق با قسمت ۷.۳.۳ انجام شود.

مقادیر سختی بیشینه جوش قابل قبول برای فولادهای کربنی، فولادهای کربنی منگیزی و فولادهای کم‌آلیاژ در جدول ۱ داده شده است.

فولادهای کربنی جوشکاری شده، فولادهای کربنی منگیزی و فولادهای کم‌آلیاژی که مطابق با الزامات سختی جدول ۱ باشند، نیازمند عملیات حرارتی پس از جوشکاری نمی‌باشند.

محصولات لوله‌ای شکل با کمینه مقاومت تسلیم معین کمتر از ۳۶۰ مگاپاسکال، و فولادهای محفظه فشار طبقه‌بندی شده با عنوان P-No 1، گروه ۱ یا ۲، در بخش IX کد محفظه فشار و بویلر ASME، در شرایط جوشکاری شده، مورد تایید می‌باشند. برای این محصولات، از تست سختی فرآیند جوشکاری با توافق کاربر تجهیزات، می‌توان چشم‌پوشی نمود.

محصولات لوله‌ای شکل با کمینه مقاومت تسلیم معین بیش از ۳۶۰ مگاپاسکال، در صورت وجود ارزیابی مناسب فرآیندهای جوشکاری، می‌توانند در شرایط جوش داده شده، مورد تایید قرار گیرند. به جدول ۱ مراجعه شود.

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی جوش داده شده که مطابق با دیگر بندهای این قسمت نمی‌باشند، باید پس از جوشکاری، در دمای پایین‌تر از ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد، تنش‌های آن‌ها رها شود. بیشینه سختی نقطه جوش که مطابق با قسمت ۷.۳ تعیین می‌شود، باید ۲۵۰ ویکرز باشد.

فرآیندها و مواد مصرفی در جوشکاری که سبب تولید رسوباتی با بیش از ۱ درصد نیکل می‌شوند، پس از ارزیابی موفق ترک تنشی سولفیدی جوشکاری به وسیله تست منطبق بر پیوست B، مورد تایید می‌باشند.

جدول ۱- مقادیر سختی بیشینه مجاز برای جوش‌های فولادهای کربنی، فولادهای کربنی منگیزی و فولادهای کم‌آلیاژ

سختی بیشینه مجاز	مکان‌های تست سختی جهت ارزیابی رویه جوشکاری	روش‌های تست سختی
250 HV 70,6 HR 15N	ریشه جوش: فلز پایه، ناحیه متأثر از حرارت و فلز ریشه جوش به طوری که در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است	Vickers HV 10 or HV 5 یا Rockwell HR 15N
275 HV ^a 73,0 HR 15N	رویه جوش: فلز پایه، ناحیه متأثر از حرارت و فلز جوشکاری بدون مواجهه با رویه جوش که در شکل‌های ۲ یا ۴ نشان داده شده است	Vickers HV 10 or HV 5 یا Rockwell HR 15N
22 HRC	در شکل ۵ نشان داده شده است	Rockwell HRC
a: بیشینه مقدار باید 250 HV یا 70,6 HR 15N باشد مگر: - کاربر تجهیزات با حد سختی رویه جوش دیگری موافق باشد، - فلزات پایه ضخامت بیش از ۹ میلی‌متر داشته باشند، - رویه جوش به طور مستقیم در تماس با محیط ترش نباشد، - از فرار هیدروژن به وسیله محافظت کاتدی، ممانعت نشود.		

۲.۱.۵. عملیات سطحی، پوشش‌دهی، آب‌کاری، پوشش (کوتینگ) و آسترزدن

ملاحظه: ترکیب و مقاومت در برابر ترک در پوشش‌ها در NACE MR0175/ISO 15156-3 آورده شده است.

پوشش‌های فلزی، پوشش‌های تبدیلی، پوشش‌های پلاستیکی و آسترها جهت جلوگیری از ترک تنش سولفیدی قابل قبول نمی‌باشند.

پوشش‌هایی که توسط عملیات‌های حرارتی مثل جوشکاری، لحیم نقره یا اسپری فلزی انجام می‌شوند، در صورتی که مطابق با یکی از موارد زیر باشند، مورد قبول می‌باشند.

- شرایط عملیات حرارتی لایه زیرین بدون تغییر باشد. در هنگام به کارگیری پوشش، نباید از حد دمای بحرانی پایین تجاوز کند.
- بیشینه سختی و شرایط عملیات حرارتی لایه زیرین فلز پایه باید با بندهای ۲.۱.۲ و در مورد پوشش‌های جوشی با بند ۲.۱.۴ مطابقت کند.

در اتصال فلزات نامتشابه مثل کاربیدهای فولادی به فولادها، به وسیله لحیم نقره، قابل قبول می‌باشد. فلز پایه پس از لحیم‌کاری باید با بند ۲.۱.۲ مطابقت داشته باشد. در صورتی که در شرایط دمایی کمتر از دمای بحرانی پایین که آلیاژ در آن عملیاتی شده باشد انجام شود، نیتريدی کردن با عمق بیش از ۰.۱۵ میلی‌متر، یک عملیات سطحی قابل قبول می‌باشد.

۲.۱.۶. تغییر شکل سرد و آزادسازی تنش حرارتی

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی باید به صورت حرارتی پس از هر تغییر شکل سردی، در آن‌ها آزادسازی تنش صورت گیرد. این آزادسازی تنش به وسیله نوردکاری، آهنگری سرد (فرجینگ سرد) یا فرآیندهای ساختی دیگری که منجر به تغییرات در پوسته

خارجی بیش از ۵ درصد می‌شود، انجام می‌پذیرد. آزادسازی تنش حرارتی باید مطابق با استاندارد یا کد مناسبی صورت پذیرد. کمینه دمای آزادسازی تنش باید ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه فارنهایت) باشد. سختی بیشینه نهایی در این موارد باید ۲۲ راکول باشد، به جز برای اتصالات لوله‌ای ساخته شده از ASTM A 234 grade WPB or WPC که در آن‌ها سختی نهایی نباید از ۱۹۷ برینل تجاوز کند.

الزامات بالا برای کارهای سردی که شامل تست فشار مطابق با یک کد استاندارد مورد توافق کاربر تجهیزات، نمی‌باشند. لوله‌های نورد سرد تنها در شرایطی مجاز به استفاده می‌باشند که در محصولات مطابق با استانداردهای ISO یا API مجاز به استفاده باشند. به بند ۲.۲.۳.۴ مراجعه شود.

اتصالات لوله‌ای سردکاری شده مطابق استاندارد ASTM A 53 Grade B, ASTM A 106 Grade B, API 5L Grade X-42 ISO 3183 L290 یا با درجات تنش تسلیم پایین‌تر با ترکیبی مشابه با کرنش سردی برابر با ۱۵ درصد یا کمتر قابل قبول می‌باشند که سختی در ناحیه کشش نباید از ۱۹۰ برینل بیشتر باشد.

تست و ارزیابی ترک تنشی سولفیدی مطابق با پیوست B می‌توانند جهت تنظیم دیگر محدودیت‌های تغییر شکل سرد مورد استفاده قرار بگیرند.

۲.۱.۷. پیچ و رزوه کردن

رزوه‌های تولید شده با استفاده از یک ماشین برش‌کاری مورد قبول و تایید می‌باشند.

رزوه‌های تولید شده توسط نورد سرد در فولادها قابل قبول می‌باشند، در غیر این صورت باید با عملیات‌های حرارتی و الزامات سختی بند ۲.۱.۲ مطابقت داشته باشند.

۲.۱.۸. تغییر شکل سرد سطوح

تغییر شکل سرد سطوح در صورتی که توسط فرآیندهایی چون صیقل دادن که دارای سردکاری بیش از عملیات‌های ماشین‌کاری معمولی (مثل مته کردن، تراش‌کاری، نوردکاری، رزوه کردن، سوراخ‌کاری و غیره) نباشد، مورد قبول می‌باشد.

تغییر شکل سرد ایجاد شده توسط چکش‌کاری کنترل شده، در صورتی که بر فلزات پایه مطابق با این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 اعمال شود، مورد قبول می‌باشد و در صورتی که بیشینه اندازه ضربه ۲ میلی‌متر (۰.۰۸ اینچ) بوده و شدت آلمن (Almen) از 10C بیشتر نباشد. فرآیند باید با توجه به استاندارد SAE AMS-S-13165 مورد نظارت قرار گیرد.

۲.۱.۹. مهر یا استامپ شناسایی

انجام استامپ‌های شناسایی با استفاده از استامپ‌های با تنش کم (نقطه‌ای، لرزه‌ای، ۷گرد) مورد قبول می‌باشد. استفاده از استامپ‌های ۷ نوک تیز متداول در نقاط کم تنش مثل قطر خارجی فلنچ‌ها، قابل قبول می‌باشد. استامپ‌های ۷ نوک تیز متداول نباید در نقاط پر تنش مورد استفاده قرار گیرند مگر در شرایطی که تنش در دمای بالاتر از ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه فارنهایت) رهاسازی شود.

۲.۲. کاربرد جهت شکل‌های مختلف محصولات

۲.۲.۱. کلیات

به جز مواردی که در زیر تعریف شده‌اند، الزامات کلی بند ۲.۱ باید در تمامی اشکال مختلف محصولات اعمال شود.

۲.۲.۲. لوله‌ها، صفحات و اتصالات

مثال‌هایی از محصولات لوله‌ای که می‌توانند مطابق با بند ۲.۱ باشند در جدول ۲ نشان داده شده است. محفظه فشارهای فولادی که با عنوان P-No 1 طبقه‌بندی شده‌اند، گروه ۱ یا ۲، در قسمت Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel، مورد قبول می‌باشند. محصولاتی که از فولادهای نورد تخت ساخته شده‌اند، می‌توانند مستعد آسیب‌های ناشی از ترک هیدروژنی یا ترک پله‌ای در مجاورت مقدار کمی از سولفید هیدروژن باشند (در شرایطی که $pH2S$ کمتر از ۰.۳ کیلوپاسکال (0,05 psi) باشد).

جدول ۲- نمونه محصولات لوله‌ای مطابق با بند ۲.۱

مشخصات و درجات ایزو	دیگر تعاریف
ISO 3183-3 grades: L245 through L450	API Specification 5L grades: A and B and X-42 through X-65
	ASTM A 53
	ASTM A 106 grades A, B and C
	ASTM A 333 grades 1 and 6
	ASTM A 524 grades 1 and 2
	ASTM A 381 class 1, Y35 to Y65

جوشکاری درز لوله‌ها باید مطابق با بند ۲.۱ باشد.

۲.۲.۳. پوسته و لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای

۲.۲.۳.۱. طبقه‌بندی لوله‌گذاری و پوشش‌های موجود در ISO و API برای دماهای مجاز داده شده در جدول ۳، مورد تایید می‌باشند.

۲.۲.۳.۲. لوله‌ها و اجزای ساخته شده از لوله که از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم- مولیبدنیوم می‌باشند (UNS-G41XX0, AISI 41XX)، در صورت سرد کردن (کوئنچ) و عملیات حرارتی به شکل لوله‌ای، در شرایطی که سختی آن‌ها از ۳۰ راکول تجاوز نکند و کمینه مقاومت تسلیم معین آن‌ها دارای طبقه‌بندی ۶۹۰، ۷۲۰ و ۷۶۰ مگاپاسکال باشد، مورد قبول می‌باشند. بیشینه تنش تسلیم برای هر یک از کلاس‌ها نباید بیش از ۱۰۳ مگاپاسکال بالاتر از کمینه مقاومت تسلیم معین باشد. مقاومت ترک تنشی سولفیدی باید توسط تست هر مقدار نمونه، نشان داده شده و مطابق با بند ۱ پیوست B با استفاده از تست کشش هم محور (UT) باشد.

۲.۲.۳.۳. لوله‌ها و اجزای ساخته شده از لوله که از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم- مولیبدنیوم می‌باشند (UNS-G41XX0, AISI 41XX)، در صورت سرد کردن (کوئنچ) و عملیات حرارتی به شکل لوله‌ای، در شرایطی که سختی آن‌ها از ۲۶ راکول بیشتر نباشد مورد قبول می‌باشند. این محصولات باید توسط ترک تنشی سولفیدی مطابق با بند ۱ پیوست B با استفاده از تست کشش هم محور (UT) ارزیابی شوند.

۲.۲.۳.۴. اگر لوله‌ها و اجزای ساخته شده از لوله در دمای کمتر از ۵۱۰ درجه سانتی‌گراد (۹۵۰ درجه فارنهایت) به صورت سرد کشیده شوند (cold-straightened)، در دمای بیش از ۴۸۰ درجه سانتی‌گراد (۹۰۰ درجه فارنهایت) باید آزادسازی تنش در آن‌ها انجام شود. در صورتی که لوله و اجزای ساخته شده از لوله به صورت

سرد شکل‌دهی شوند (cold-formed) در نتیجه تغییر شکل دائمی لایه خارجی بیشتر از ۵ درصد باشد، مناطق شکل‌دهی سرد باید به صورت حرارتی در دمای کمینه ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه فارنهایت) یعنی در دمای بالاتر از ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد تنش‌زدایی در آن‌ها انجام شود. در صورتی که اتصالات لوله‌های مقاومت بالا با سختی بالای ۲۲ راکول، شکل‌دهی سرد شوند، باید در دمای بالاتر از ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه فارنهایت) تنش‌زدایی شوند.

جدول ۳- شرایط محیطی برای کلاس‌هایی از پوسته‌گذاری و لوله‌گذاری مورد قبول

برای تمامی دماها	For $\geq 65^{\circ}\text{C}$ (150°F)	For $\geq 80^{\circ}\text{C}$ (175°F)	For $\geq 107^{\circ}\text{C}$ (225°F)
ISO 11960a grades: H40 J55 K55 M65 L80 type 1 C90 type 1 T95 type 1	ISO 11960a grades: N80 type Q C95	ISO 11960a grades: N80 P110	ISO 11960a grade: Q125b
Proprietary grades as described in A.2.2.3.3	Proprietary Q & T grades with 760 MPa (110 ksi) or less maximum yield strength Casings and tubular made of Cr-Mo low alloy steels as described in A.2.2.3.2.	Proprietary Q & T grades with 965 MPa (140 ksi) or less maximum yield strength	
دماهای داده شده کمترین دماهای مجاز سرویس با توجه به ترک تنشی سولفیدی می‌باشند. چقرمگی دما پایین مد نظر نمی‌باشد، کاربر تجهیزات باید الزامات را به طور جداگانه تعیین کند.			
a For the purposes of this provision, API 5CT is equivalent to ISO 11960:2001. b Types 1 and 2 based on Q & T, Cr-Mo chemistry to 1 036 MPa (150 ksi) maximum yield strength. C-Mn steels are not acceptable.			

۲.۲.۴. پیچ کردن و بست‌ها

پیچ‌هایی که به صورت مستقیم ممکن است در معرض محیط ترش قرار گیرند، یا زیر خاک (مدفون) باشند، عایق شوند یا توسط محافظ فلنچ‌ها تجهیز شوند، یا در غیر این صورت در معرض مستقیم شرایط اتمسفریک نباشند، باید مطابق با الزامات بند ۲.۱ باشد. کاربران و طراحان باید آگاه باشند که این امکان وجود دارد که در بعضی موارد شاید لازم باشد تا فشار نامی تجهیزات را در هنگام استفاده از بست‌ها و پیچ‌های مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی پایین بیاورند. استفاده از بست‌ها و پیچ‌های مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی با فلنچ‌های API باید مطابق با ISO 10423 باشد.

جدول ۴- مواد مورد تایید (مجاز) پیچ‌ها

پیچ‌ها	مهره‌ها
ASTM A 193 grade B7M ASTM A 320 grade L7M	ASTM A 194 grades 2HM, 7M

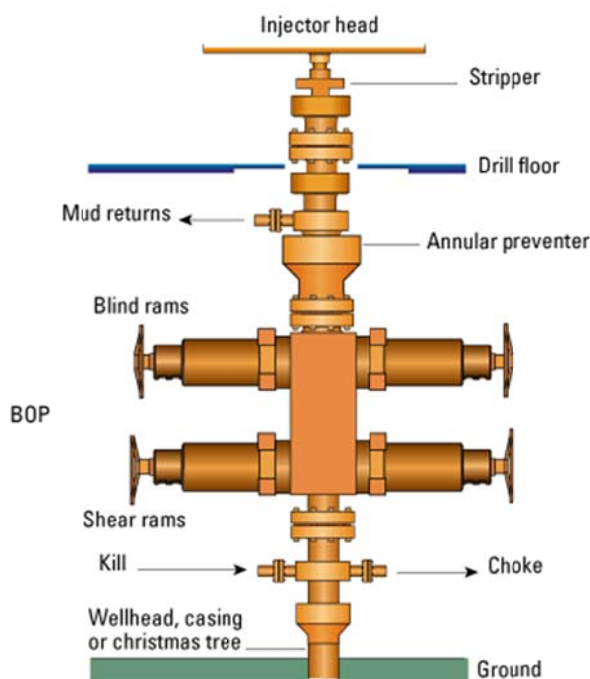
۲.۳. کاربرد جهت تجهیزات

۲.۳.۱. کلیات

الزامات کلی بند ۲.۱ با تعاریف زیر به کار برده می‌شود.

۲.۳.۲. سوراخ کاری شیرهای فوران گیر (BOPs)

* با توجه به تصویر یک شیر فوران گیر که در زیر مشاهده می کنید ۳ بند متوالی در این بخش را پیگیری نمایید.



۲.۳.۲.۱. تیغه های برشی (Shear blades)

فولادهای با مقاومت بالا که در تیغه های برشی فوران گیرها به کار می روند، در معرض ترک تنش سولفیدی می باشند. کیفیت (مناسب بودن) تیغه هایی که مطابق با این پیوست نمی باشند، جزء مسئولیت های کاربر تجهیزات می باشد.

۲.۳.۲.۲. کلگی پرشی (Shear rams)

کلگی های ساخته شده توسط سردکاری (کوئنچ) و عملیات حرارتی از جنس فولادهای کم آلیاژ کرم- مولیبدنیوم، در صورتی که سختی آن ها از ۲۶ راکول بیشتر نباشد، مورد قبول می باشد. در صورتی که سختی این آلیاژها از ۲۲ راکول تجاوز نکند، توجه بسیاری باید به ترکیب شیمیایی و رفتار حرارتی شود تا از مقاومت در برابر ترک تنش سولفیدی اطمینان حاصل شود. آزمون ترک تنش سولفیدی که مورد توافق کاربر تجهیزات است، باید نشان دهنده این موضوع باشد که عملکرد آلیاژ مطابق با فلز محافظ زمینه است.

۲.۳.۲.۳. حفاری، ساخت و ساز و تجهیزات خدماتی تنها در معرض سیالات حفاری با ترکیبات کنترل شده

با توجه به مقاومت بالای مورد نیاز، تجهیزات حفاری ممکن است با NACE MR0175/ISO 15156 مطابق نباشد. در این موارد اولین روش برای جلوگیری از ترک تنش سولفیدی، کنترل حفاری یا محیط های عملیاتی می باشد. با افزایش تنش ناشی از سرویس ها و سختی مواد، کنترل سیال حفاری بسیار پراهمیت می شود. مراقبت شدیدی جهت کنترل محیط حفاری به وسیله ثابت نگه داشتن هد هیدرواستاتیک سیال حفاری و دانسیته سیال، جهت به حداقل رساندن تشکیل مایع در جریان به وسیله یکی از موارد زیر باید صورت پذیرد:

- ثابت نگه داشتن pH ۱۰ یا بالاتر، جهت خنثی سازی سولفید هیدروژن در تشکیلات حفاری شده

- استفاده از رباينده‌های (جاذب‌ها) شیمیایی سولفید
- استفاده از سیال حفاری در شرایطی که نفت در فاز پیوسته باشد.

۲.۳.۳. کمپرسورها و پمپ‌ها

۲.۳.۳.۱. پروانه کمپرسور

مواد UNS G43200 (formerly AISI 4320) و نسخه اصلاح‌شده UNS G43200 که شامل ۰.۲۸ تا ۰.۳۳ درصد کربن باشد، برای پروانه کمپرسورها با بیشینه تنش تسلیم ۶۲۰ مگاپاسکال که توسط ۳ مرحله زیر عملیات حرارتی می‌شوند، مورد تایید می‌باشد.

- آستنیتی کردن و سرد کردن (کوئنچ)
- عملیات حرارتی در دمای بالاتر از ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد، اما پایین‌تر از دمای بحرانی پایینی. سردکردن به دمای محیط پیش از عملیات حرارتی ثانویه
- عملیات حرارتی در دمای بالاتر از ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد اما پایین‌تر از دمای عملیات حرارتی اولیه. سردکردن تا دمای محیط

۲.۳.۳.۲. مقررات خاص برای کمپرسور و پمپ

کربن استیل نرم و آهن کربن پایین نرم، به عنوان واشرها مورد تایید می‌باشند. چدن‌ها طبق شرایط تعریف شده در بند ۲.۴ مورد تایید می‌باشند.

۲.۴. الزامات جهت استفاده از چدن

۲.۴.۱. کلیات

چدن‌های خاکستری، آستنیتی و سفید نباید برای قطعات تحت فشار استفاده شوند. این مواد باید برای اجزای داخلی در صورت مجاز بودن استفاده از آن‌ها در استاندارد تجهیزات و تایید توسط کاربر تجهیزات استفاده شوند.

چدن نشکن مطابق با ASTM A 395 مورد تایید می‌باشد، مگر در مواردی که خلاف استاندارد تجهیزات باشد.

۲.۴.۲. تجهیزات زیرسطحی و پرکننده

چدن‌ها در موارد کاربردی زیر مورد تایید می‌باشند.

جدول ۵- چدن‌های مورد تایید برای پرکن‌ها و تجهیزات زیرسطحی دیگر

اجزاء	چدن
اجزای پرکننده قابل سوراخ‌کاری	آهن شکل‌پذیر (ASTM A 536, ASTM A 571) آهن چکش‌خوار (ASTM A 220, ASTM A 602)
اجزای فشرده‌سازی	آهن خاکستری (ASTM A 48, ASTM A 278)

۲.۴.۳. کمپرسورها و پمپ‌ها

چدن خاکستری (ASTM A 278, Class 35 or 40) و شکل‌پذیر (ASTM A 395) به عنوان سیلندر، بوش (لایندر)، پیستون و دریچه و شیرهای کمپرسور می‌تواند مورد تایید باشد.

۳. فولادهای مقاوم به ترک تنش سولفیدی جهت استفاده در منطقه ۲ ترک تنش سولفیدی

۳.۱. کلیات

فولادهای فهرست شده در جدول ۲ مورد تایید می‌باشند.

خصوصیات فولادهای معمولی که الزامات مورد نیاز جهت استفاده در منطقه ۲ ترک تنش سولفیدی در سرویس‌های ترش را برآورده می‌کنند، در زیر شرح داده شده است. ارزیابی مطابق با پیوست B باید برای فولادهایی که مطابق با جدول ۲ نمی‌باشند، انجام شود.

۳.۲. پوسته و لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای

پوسته، لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم- مولیبدنیوم (UNS G41XX0, AISI 41XX) در شرایط عملیات حرارتی و سردکاری (کوئنچ) مورد تایید می‌باشند. عموماً، تنش تسلیم مورد تایید فولادها بیش از ۷۶۰ مگاپاسکال (110 ksi) [کمینه مقاومت تسلیم معین ۵۵۰ مگاپاسکال (80 ksi)] و سختی آن‌ها بیش از ۲۷ راکول نمی‌باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

۳.۳. فولادهای خطوط لوله

فولادهای خطوط لوله نیازمند تشخیص شیمیایی مناسبی جهت اطمینان از قابلیت جوش‌پذیری خوب، می‌باشند. عموماً کمینه مقاومت تسلیم معین تا ۴۵۰ مگاپاسکال (65 ksi) مورد تایید می‌باشد. عموماً ساخت و سختی زمینه جوش نباید از ۲۸۰ ویکرز بیشتر باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

۴. فولادهای مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی جهت استفاده در منطقه ۱ ترک تنش سولفیدی

۴.۱. کلیات

فولادهای فهرست شده در جداول ۲ و ۳ مورد تایید می‌باشند.

خصوصیات فولادهای معمول که جهت برآورده‌سازی الزامات برای سرویس‌های ترش در منطقه ۱ ترک تنش سولفیدی نشان داده شده‌اند، در زیر شرح داده شده‌اند. ارزیابی با توجه به پیوست B برای فولادهایی که منطبق با جداول ۲ و ۳ نمی‌باشند، انجام می‌شود.

۴.۲. پوسته و لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای

پوسته، لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم- مولیبدنیوم (UNS G41XX0, AISI 41XX) در شرایط عملیات حرارتی و سردکاری (کوئنچ) مورد تایید می‌باشند. عموماً، تنش تسلیم مورد تایید فولادها بیش از ۸۹۶ مگاپاسکال (130 ksi) [کمینه مقاومت تسلیم معین ۷۶۰ مگاپاسکال (110 ksi)] و سختی آن‌ها بیش از ۳۰ راکول نمی‌باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

۴.۳. فولادهای خطوط لوله

فولادهای خطوط لوله نیازمند تشخیص شیمیایی مناسبی جهت اطمینان از قابلیت جوش پذیری خوب، می باشند. عموماً کمینه مقاومت تسلیم معین تا ۵۵۰ مگاپاسکال (80 ksi) مورد تایید می باشد. عموماً ساخت و سختی زمینه جوش نباید از ۳۰۰ ویکرز بیشتر باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

پیوست B

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(اصلی)

ارزیابی فولادهای کم آلیاژ و کربنی برای محیطهای حاوی سولفید هیدروژن به وسیله تستهای آزمایشگاهی

۱. الزامات

این پیوست، الزامات ارزیابی فولادهای کم آلیاژ و کربنی، برای محیطهای دارای سولفید هیدروژن به وسیله تستهای آزمایشگاهی، را تعیین می کند. این الزامات جهت ارزیابی مقاومت در برابر مکانیزمهای موجود ترک، داده شده اند.

الف) ترک تنشی سولفیدی

ارزیابی ترک تنشی سولفیدی به وسیله تستهای آزمایشگاهی، نیازمند یکی (یا بیشتر) از موارد زیر می باشد:

- تست ترک تنشی سولفیدی مطابق با مشخصات ساختی مواد (به بند ۲.۱.۱ پیوست A مراجعه شود)
- تست برای کاربردهای سرویسهای ترش خاص مطابق با بند ۳
- تست برای مناطق ۱ و ۲ ترک تنشی سولفیدی شکل ۱ مطابق با بند ۳ و یادآوری g از جدول ۱
- تست برای سرویسهای ترش در تمامی مناطق ترک تنشی سولفیدی شکل ۱ مطابق با بند ۳

تستهای ارزیابی به طور خلاصه، سطوح مختلف مقاومت نسبت به ترک تنشی سولفیدی در محیطهای ترش را نشان می دهند. بعضی از فولادهای کم آلیاژ و کربنی فهرست شده در جدول ۲ پیوست A ممکن است بعضی از الزامات تستهای آزمایشگاهی را که در بالا فهرست شده اند، ارضاء نکنند. به بند ۲.۱ پیوست A مراجعه شود.

ب) ترک نواحی نرم و ترک هیدروژنی در راستای تنش

ارزیابی نیازمند تست مطابق با بند ۴ که با استفاده از شرایط محیطی مناسب که برای ارزیابی ترک تنشی سولفیدی تعیین شده است، می باشد.

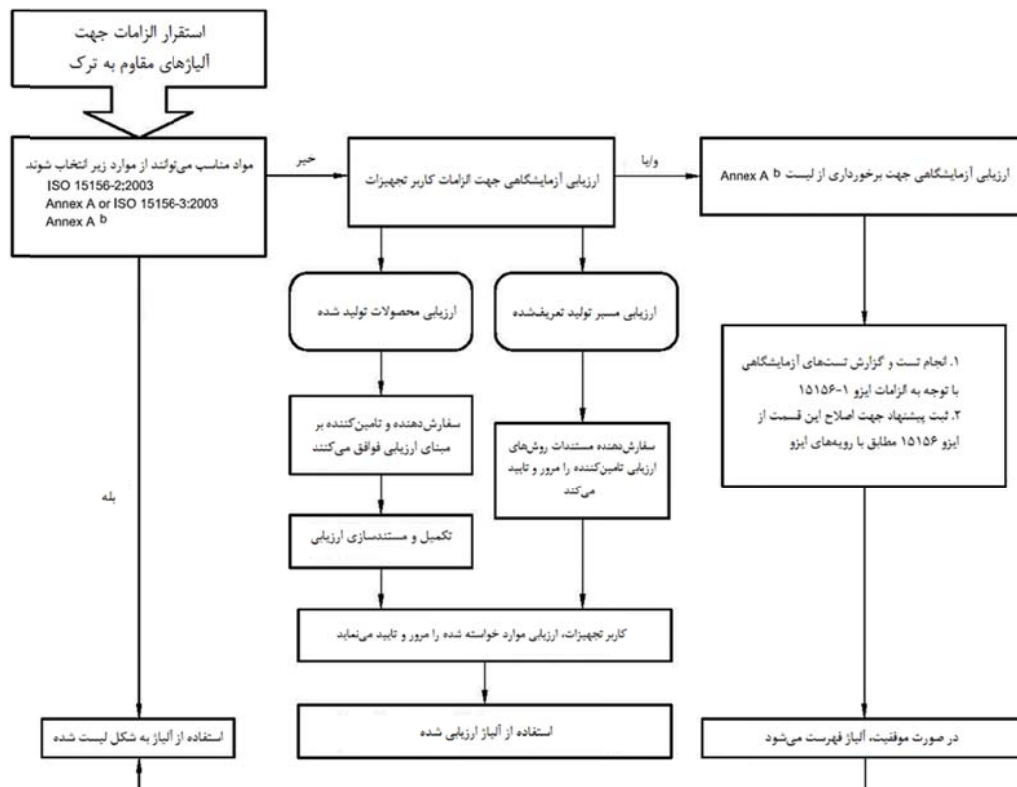
ج) ترک هیدروژنی و ترک پلهای

- در هر محیط عملیاتی (به جداول ۳ و ۵ مراجعه شود)
 - در کاربردهای سرویسهای ترش خاص (به جداول ۳ و ۵ مراجعه شود)
- در تمامی موارد، کاربر تجهیزات باید اطمینان حاصل نماید که تست انتخاب شده جهت سرویس خواسته شده مناسب می باشد. تاییدیه تست انتخاب شده باید مستندسازی شود.

۲. استفاده از ارزیابیهای آزمایشگاهی

۲.۱. کلیات

یک نمایی کلی از دیگر استفادههای ارزیابی آزمایشگاهی در شکل B.1 آورده شده است.



a: این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156، ترک تنش سولفیدی، ترک هیدروژنی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مربوط می‌باشد. استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-3 به ترک تنشی سولفیدی، ترک خوردن در اثر خوردگی تنشی و ترک تنشی هیدروژنی گالوانیکی آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی مربوط می‌باشد.

b: پیوست A به ترک تنشی سولفیدی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی ارجاع دارد. استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-3 به ترک تنشی سولفیدی، ترک هیدروژنی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مربوط می‌باشد.

c: به پاراگراف معرفی ارجاع شود (بدون توجه به اسناد تعمیر و نگهداری)

شکل ۱- گزینه‌های انتخاب آلیاژ و احراز صلاحیت‌های آزمایشگاهی

۲.۲. ارزیابی محصولات ساخته شده

کاربر این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 باید الزامات ارزیابی برای مواد مطابق با استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-1 و این پیوست را تعریف کند.

این تعریف باید شامل موارد زیر باشد:

(الف) الزامات کلی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, Clause 5)

(ب) ارزیابی و تعریف شرایط عملیاتی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, Clause 6)

(ج) توصیفات و مستندات مواد (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, 8.1)

(ه) الزامات جهت ارزیابی بر پایه تست آزمایشگاهی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, 8.3)

(و) گزارش روش ارزیابی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, Clause 9)

میزان نمونه آزمایش مناسب و الزامات نمونه‌گیری باید با توجه به طبیعت محصول، روش تولید، تست‌های مورد نیاز، به واسطه مشخصات ساخت و ارزیابی‌ها (SSC, SOHC, SZC, HIC/SWC) تعریف شوند.

نمونه‌ها باید مطابق با پیوست B برای هر مکانیزم ترک که باید ارزیابی شود، تست شوند. در کمترین حالت، ۳ قطعه در هر نمونه‌گیری باید تست شود. در صورتی که تمامی نمونه‌ها معیارهای تست را ارضا کنند، مقدار نمونه باید به طور کامل ارزیابی شود.

تست مجدد تنها در شرایط زیر مجاز می‌باشد: در صورتی که یک نمونه تک، معیار پذیرش و قبولی را رد کند، دلیل این موضوع باید شناسایی شود. در صورتی که ماده مرجع مطابق با مشخصات ساخت باشد، دو نمونه بیشتر می‌تواند مورد تست قرار گیرد. این نمونه‌ها باید از منبعی که نمونه رد شده تهیه شده بود، تهیه شوند. در صورتی که هر دو نمونه معیارهای پذیرش را ارضا کنند، نمونه آزمایشی باید ارزیابی شده تلقی گردد. تست‌های مجدد بیشتر، نیازمند توافق خریدار می‌باشد.

تست محصولات ساخته شده ممکن است در هر زمان پس از ساخت و پیش از قرارگیری در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن انجام شود.

پیش از قرارگیری محصولات در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن، کاربر تجهیزات باید ارزیابی را مرور کرده و مقایسه نماید که الزامات ارزیابی رعایت شده‌اند یا خیر. محصولاتی که ارزیابی و صحت آن‌ها توسط کاربر تجهیزات کنترل شده است، می‌توانند در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن قرار گیرند.

۲.۳. ارزیابی منابع و روش تولید

یک مسیر تولید تعریف شده، می‌تواند برای تولید یک ماده واجد شرایط، ارزیابی شود. یک مسیر تولید واجد شرایط، ممکن است جهت جلوگیری از انجام تست‌های مقاومت به ترک سولفید هیدروژنی اعمال شود. تامین‌کننده مواد ممکن است به خریدار مواد، یک رویه تولید مناسب را جهت تولید مواد واجد شرایط پیشنهاد دهد. مسیر تولید واجد شرایط ممکن است در صورت توافق خریدار و تامین‌کننده ماده مورد استفاده قرار گیرد.

یک مسیر تولید واجد شرایط جهت تولید مواد واجد شرایط و مناسب، ممکن است برای بیش از یک کاربر مورد استفاده قرار گیرد. جهت ارزیابی مسیر تولید، تامین‌کننده مواد باید نشان دهد که مسیر تولید تعریف شده، توانایی تولید مداوم مواد اولیه‌ای که توانایی ارضای الزامات تست‌های ارزیابی پیوست B را دارند، دارد.

ارزیابی یک مسیر تولید، نیازمند موارد زیر می‌باشد:

الف) تعریف مسیر تولید در نقشه کیفیت نوشته‌شده که مکان تولید، تمامی عملیات تولید و کنترل‌های تولید را مشخص می‌کند، نیازمند حفظ صلاحیت است.

ب) تست اولیه محصولات تولیدی در مسیر تولید تعریف شده مطابق با بند ۲.۲ و مقایسه آن‌ها با معیار مقبولیت.

ج) تست‌های دوره‌ای جهت تایید این موضوع که محصول میزان مقاومت مورد نیاز در برابر ترک در محیط‌های سولفید هیدروژنی را دارا می‌باشد. میزان تکرار تست‌های دوره‌ای باید در نقشه کیفیت تعریف شده و مورد تایید خریدار باشد. نتایج این‌گونه تست‌ها باید در اختیار خریدار قرار گیرد.

د) حفظ و جمع‌آوری نتایج این تست‌ها و در دسترس قرار دادن آن‌ها برای خریدار مواد/ یا کاربر تجهیزات.

خریدار مواد می‌تواند موافق الزامات کنترل کیفی اضافی با سازنده باشد.

صحت طرح کیفیت می‌تواند با بازرسی انجام شده در محل، توسط یک شخص علاقه‌مند بررسی شود.

۲.۴. استفاده از تست‌های آزمایشگاهی به عنوان مبنایی جهت ارائه تغییرات به پیوست A

پیشنهادات جهت تغییرات باید مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1 مستندسازی شوند. همچنین این موارد باید مطابق با الزامات زیر باشند:

تست‌های آزمایشگاهی برای ارزیابی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی علاوه بر پیوست A، جهت استفاده با فولادهایی که با الزامات کلی شرح داده شده در پیوست A بند ۲.۱ مطابق نباشند، به کار می‌رود.

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی علاوه بر پیوست A بند ۲ نیازمند تست‌های شرح داده شده در جدول ۱ برای تمام مناطق ترک تنشی سولفیدی موجود در شکل ۱ می‌باشد.

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی علاوه بر بندهای ۳ و ۴ پیوست A، نیازمند تست‌های شرح داده شده در جدول ۱ برای مناطق ترک تنشی سولفیدی مناسب شکل ۱ می‌باشند.

فولادها باید توسط تست‌های آزمایشگاهی انتخاب شده مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1 ارزیابی شوند.

محصولات تست‌شده باید به شیوه‌ای مشخص و در دسترس عموم تولید شوند که این روش ساخت از طریق بیش از یک تأمین‌کننده قابل اجرا باشد.

مواردی که حداقل با ۳ فرآیند حرارتی مستقل تولید شده‌اند، باید مطابق با بند ۳، تست مقاومت نسبت به ترک تنشی سولفیدی بر روی آن‌ها انجام گیرد.

اطلاعات کافی باید جهت استفاده و تصمیم‌گیری اعضای ISO/TC 67، مطابق با دستورالعمل‌های ISO/IEC، قسمت ۱، جهت مناسب بودن مواد به‌وسیله تجدید نظر و اصلاحیه، در این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 فراهم شود.

۳. رویه‌های تست جهت ارزیابی مقاومت فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی به ترک تنشی سولفیدی

ارزیابی باید مطابق بند ۱ و متناسب با آن انجام شود.

در صورتی که خلاف این موضوع نشان داده شود، الزامات تست باید مطابق با NACE TM0177-96 باشد.

عموماً تست باید در دمای محیط ($24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 5^{\circ}\text{F}$)) انجام شود. برای تست در دماهای بالاتر، باید از راهنمای محیط‌های تست داده در NACE MR0175/ISO 15156-3:2003 پیوست B استفاده نمود.

برای تست مواد مطابق با مشخصات ساختی خاص، مراجع مناسب از بند ۱ پیوست A تا بند ۱ پیوست B باید ذکر شود.

جدول ۱- تست‌های آزمایشگاهی برای سرویس‌های ترش

نکات	معیارهای پذیرش	فشار جزئی H ₂ S	محیط	تنش کاربردی	نوع تست (a, b, i)	اعتبار ارزیابی (f)
کاربردهای خاص یا در محیط‌های با شدت کمتر. ارزیابی منطقه جهت پوشش مناسب (g)	بدون هیچ ترکی مطابق با روش ارزیابی NACE TM0177-96	مناسب با کاربرد خواسته شده یا مناطق ترک تنشی سولفیدی	5 % mass fraction NaCl + 0,4 % mass fraction CH ₃ COONa, pH adjusted to required value using HCl or NaOH(e)	بزرگتر و مساوی ۹۰ درصد مقاومت تسلیم حقیقی (≥ 90 % AYS)	تست کشش هم-محور	کاربرد خاص، یا مناطق ۱ یا ۲ ترک تنش سولفیدی شکل ۱ پیوست A
استفاده به عنوان ارزیابی تحت صلاحیت کاربرد تجهیزات و با توجیهات مستند	ارزیابی باید مطابق با NACE TM0177-96 باشد. معیار پذیرش باید مطابق با توافق نامه مستند باشد (k)			غیرقابل اجرا	تست خمش چهار نقطه‌ای (j) یا تست حلقه سی	
					تست تیر دوسر گیردار (h)	
استفاده به عنوان ارزیابی تحت صلاحیت کاربرد تجهیزات و با توجیهات مستند	بدون هیچ ترکی مطابق با روش ارزیابی NACE TM0177-96	۱۰۰ کیلوپاسکال مطابق با NACE TM0177-96	NACE TM0177-96 Environment A (5 % mass fraction NaCl + 0,5 % mass fraction CH ₃ COOH)	بزرگتر و مساوی ۸۰ درصد مقاومت تسلیم حقیقی (≥ 80 % AYS)	تست کشش هم-محور	تمامی مناطق ترک تنش سولفیدی شکل ۱ پیوست A
	ارزیابی باید مطابق با NACE TM0177-96 باشد. معیار پذیرش باید مطابق با توافق نامه مستند باشد (k)			غیرقابل اجرا	تست خمش چهار نقطه‌ای (j) یا تست حلقه سی	
					تست تیر دوسر گیردار (h)	

a: نوع تست‌ها به صورت زیر می‌باشد:

- تست کشش هم محور (UT) مطابق با NACE TM0177-96 Method A
- تست خمش چهار نقطه‌ای (FPB) مطابق با EFC Publication 16, Appendix 2
- تست حلقه سی (CR) مطابق با NACE TM0177-96 Method C
- تست تیر دو سر گیردار (DCB) مطابق با NACE TM0177-96 Method D
- دیگر نمونه‌های تست، شامل اجزای در ابعاد کامل، در صورت مناسب بودن، مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از آن‌ها باید توافقی بین تامین‌کننده و سفارش‌دهنده (خریدار) باشد.

b: تست‌های خمش چهار نقطه‌ای، حلقه سی و کشش هم محور جهت ارزیابی اتصالات و جوشکاری ترجیح داده می‌شود (به بند ۷.۳ و ۷.۴ مراجعه شود). برای نمونه‌های جوش داده شده، نمونه‌ها باید عموماً به صورت عرضی از جوش‌ها برداشته شوند.

تست باید بر اساس مقاومت تسلیم حقیقی پایین‌ترین مقاومت تسلیم فلز پایه باشد. منوط به توافق کاربر، تست خمش چهار نقطه‌ای جانبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای جزئیات تست‌های خمشی جانبی به NACE publication Corrosion 2000 Paper 128 مراجعه شود.

c: برای کاربردهایی که سطح تنش سرویس پایین، در تناسب با مقاومت تسلیم، گارانتی می‌شود، تنش تست به بیشینه تنش سرویس کاهش می‌یابد. در چنین مواردی تست‌ها و معیارهای پذیرش آن‌ها باید توسط کاربر تجهیزات مورد توافق قرار گیرد. این چنین توافقاتی باید مستندسازی شوند.

d: مقاومت تسلیم حقیقی شکل نهایی مواد در دمای تست می‌باشد. مقاومت تسلیم حقیقی باید در مشخصات محصول یا ۰.۲ درصد تنش قطعی مطابق با ISO 6892 -Rp0,2 تعریف شود.

e: برای تست‌های ترک تنشی سولفیدی با کنترل pH، مقدار pH در خلال تست باید کمتر یا مساوی مقدار مورد نیاز باشد. کنترل در محدوده 0,1pH واحد با تکرار قابل دستیابی می‌باشد.

f: جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد طراحی‌های با استفاده از معیار پلاستیک به NACE MR0175/ISO 15156-1:2001 مراجعه شود.

g: تست‌های تحت شرایط لیست شده در جدول ۲، ارزیابی را جهت استفاده در منطقه ۲ ترک تنشی سولفیدی، فراهم می‌کنند.

h: برای موارد خاص، شامل اجزای سنگین یا با اشکال پیچیده، ممکن است جهت حمایت از طراحی بر پایه مکانیزم شکست، از تست‌های تیر دوسر گیردار استفاده شود.

i: نوع تست‌ها الزاما معادل یکدیگر نمی‌باشند و نتایج به طور مستقیم قابل مقایسه نمی‌باشند.

j: زمانی که ارزیابی ترک نواحی نرم یا ترک هیدروژنی در راستای تنش یک نمونه تست انجام می‌گیرد، باید الزامات بند ۷.۲.۲ و جدول ۴ این پیوست رعایت شوند.

k: جهت اطلاعات بیشتر در زمینه درجات لوله‌کشی و پوسته C90 و T95 به ISO 11960 مراجعه شود.

جدول ۲- شرایط تست

pH	فشار جزئی مورد نیاز سولفید هیدروژن برای تست (kPa)	
	مجموعه شرایط برای منطقه ۱ ترک تنشی سولفیدی	مجموعه شرایط برای منطقه ۲ ترک تنشی سولفیدی
۳.۵	-	۱
۴.۰	۰.۳	-
۴.۵	۱	۱۰
۵.۵	۱۰	۱۰۰
۶.۵	۱۰۰	-

۴. رویه‌های تست جهت ارزیابی مقاومت فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی به ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی

نرم

۴.۱. کلیات

روش‌های تست شرح داده شده در این پیوست به صورت موفقیت‌آمیزی در نشان دادن حساسیت به ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مواد باید با توجه به مقاومت ترک تنشی سولفیدی برای شرایط طراحی مقدم بر ارزیابی ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم ارزیابی شوند.

در هنگام ارزیابی جوش‌ها بند ۷.۳.۳ باید اعمال شود.

اعتبار نتایج تست برای شرایطی غیر از آنچه ارزیابی شده است در NACE MR0175/ISO 15156-1 تعریف شده است.

روش‌های تست شرح داده شده برای ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم استاندارد نمی‌باشند. تست‌های دیگری تحت توسعه می‌باشند. کاربر تجهیزات ممکن است تست دیگری را نظر به صلاحدید شخصی خود انتخاب کند. توجیه استفاده از چنین تست‌هایی باید مستندسازی شود.

۴.۲. تست‌های در ابعاد کوچک

۴.۲.۱. انتخاب نمونه

نمونه‌های تستی که جهت تعیین حساسیت به ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم به کار می‌روند، ظاهراً باید از نمونه‌های تست‌های خمش چهار نقطه‌ای یا تست کشش هم‌محور که از تست‌های موفق ارزیابی ترک تنش سولفیدی بوده‌اند، باشد. برای تست جوش‌ها در ابعاد کوچک، نمونه‌ها باید به صورت عرضی از جوش‌ها گرفته شوند.

۴.۲.۲. ارزیابی و معیار پذیرش برای نمونه‌برداری در تست کشش هم‌محور

یکی از ارزیابی‌ها و معیارهای پذیرش زیر برای نمونه تست کشش هم‌محور باید به کار رود:

(الف) حرارت‌دهی نمونه به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و نگه داشتن در این دما تا ۲ ساعت، جهت حذف هیدروژن جذب شده. اندازه‌گیری مقاومت کششی نمونه. مقاومت کششی نباید کمتر از ۸۰ درصد مقاومت کششی واقعی ماده که پیش از استفاده به عنوان نمونه تعریف شده بود، باشد.

(ب) ایجاد حداقل ۲ قسمت متالورژی‌کالی به موازات بر روی محور نمونه. تست قسمت‌ها برای عوارض ترک‌های هیدروژنی و دیگر ترک‌های مرتبط با ترک هیدروژنی در راستای تنش یا نقاط نرم جوش (ترک نواحی نرم).

هیچ‌گونه نشانه‌ای از ترک هیدروژنی نردبانی شکل و هیچ‌گونه ترک با طول ۰.۵ میلی‌متر در جهت ضخامت ماده، مجاز نمی‌باشد.

۴.۲.۳. ارزیابی و معیار پذیرش برای نمونه‌های تست خمش چهار نقطه‌ای

یک آزمایش ذرات آهن‌ربایی (مغناطیسی) باید در آن طرف نمونه که در معرض تنش کششی در خلال قرارگیری در محیط دارای سولفید هیدروژن است، انجام شود.

در زیر هر نشانه ذرات مغناطیسی عمود بر محور تنش، تقسیم‌بندی متالورژیکی باید عمود بر نشانه یا در غیاب نشانه ذرات مغناطیسی، حداقل ۲ قسمت متالورژیکی باید موازی با محور تنش نمونه، ایجاد شود.

قسمت‌های ایجاد شده در این روش باید جهت عوارض نردبانی شکل ترک هیدروژنی و دیگر ترک‌های مرتبط با ترک هیدروژنی در راستای تنش یا قسمت‌های نرم جوش (ترک نواحی نرم)، آزمایش شوند. هیچ‌گونه نشانه‌های ترک هیدروژنی نردبانی شکل و هیچ‌گونه ترک با طول ۰.۵ میلی‌متر در جهت ضخامت ماده، مجاز نمی‌باشد.

جهت همکاری برای یافتن آسیب‌ها، نمونه‌ها ممکن است به صورت پلاستیکی به‌وسیله ۵ درصد در جهت قبلی خمش پیش از تقسیم‌بندی متالورژیکی، تغییر شکل دهند. پیش از تغییر شکل نمونه‌ها باید تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده و تا ۲ ساعت در این دما نگه داشته شوند تا هیدروژن جذب شده آن حذف شود.

آسیب توسعه یافته در سمت کشش نمونه به شکل جوش‌های کمتر از ۱ میلی‌متر زیر سطح یا در سمت فشاری بدون توجه به عمق آن‌ها، ممکن است جهت ارزیابی ترک نواحی نرم/ ترک هیدروژنی در راستای تنش نادیده گرفته شوند اما باید گزارش شوند.

۴.۳. تست‌های حلقه لوله‌ای کامل

تست‌های حلقه لوله‌ای کامل می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. سند HSE OTI-95-635 تست و معیارهای پذیرش آن را شرح می‌دهد.

ملاحظه: تنش باقی‌مانده نشان داده شده نقش بسیار مهمی را در شروع ترک نواحی نرم و ترک هیدروژنی در راستای تنش بازی می‌کنند. این تنش‌ها در موقعیت‌های زمینه بهتر است در نمونه‌های بزرگ نشان داده شوند.

۵. رویه‌های تست و معیارهای پذیرش جهت ارزیابی مقاومت فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی به ترک هیدروژنی/ترک پله‌ای

رویه‌های تست و معیارهای پذیرش باید مطابق با جدول ۳ باشند.

تست‌ها باید در دمای محیط $[25^{\circ}\text{C} \text{ to } 33^{\circ}\text{C} (77^{\circ}\text{F} \text{ to } 91^{\circ}\text{F})]$ انجام شوند.

در شرایطی که خلاف این موضوع نشان داده شود، الزامات تست باید مطابق با NACE TM0284 باشد.

جدول ۳- رویه‌های تست و معیارهای پذیرش ترک هیدروژنی/ ترک پله‌ای

اعتبار ارزیابی	معیار پذیرش	فشار جزئی سولفید هیدروژن	محیط	تنش کاربردی	نوع محصول
هر سرویس ترش	CLR $\leq$ 15 % CTR $\leq$ 5 % CSR $\leq$ 2 %	100 kPa (15 psi) (c)	NACE TM0177-96 Environment A (5 % mass fraction NaCl + 0,5 % mass fraction CH ₃ COOH)(c)	بدون اعمال تنش	فولادهای نورد تخت یا محصولات آن (a, b)
خاص، یا الزامات با شدت کمتر (f)	بدون ترک (g)	مناسب با کاربرد خواسته شده (d)	5 % mass fraction NaCl + 0,4 % mass fraction CH ₃ COONa, pH adjusted to required value using HCl or NaOH(d)		

- a: ارزیابی محصولات لوله‌ای بدون درز می‌تواند مناسب باشد.
- b: نمونه‌ها باید طوری انتخاب شوند که معرف عملکرد کلی سفارش مورد توافق بین سفارش‌دهنده و تولیدکننده باشد. نمونه‌برداری برای تست باید مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1 باشد.
- c: کاربر، مسئولیت تصمیم‌گیری جهت مناسب بودن محیط تست در تطابق با کاربرد خواسته شده را بر عهده دارد.
- d: آزمون‌های خاصی از فولادها ممکن است جهت نصب جدید یا همان نصب موجود، انجام شوند. در چنین مواردی، ممکن است تست‌های طولانی‌تر از زمان استاندارد ۹۶ ساعت (NACE TM0284) با صلاح‌دید کاربر تجهیزات، اعمال شود. این‌گونه آزمایشات ممکن است جهت بهبود اعتماد در نتایج به‌دست آمده، مورد نیاز باشند.
- e: با درخواست کاربر تجهیزات، ارزیابی التراسونیک نمونه‌ها، جهت ارزیابی مکان‌های ترک‌خوردگی پیش از انتخاب مکان‌های جهت تقسیم‌بندی متالورژیکی، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (EFC Publication 16, Section B7). دیگر معیارهای پذیرش می‌تواند مورد توافق تامین‌کننده و کاربر تجهیزات قرار گیرد. این توافقات باید مستندسازی شوند.
- f: جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد طراحی‌های با استفاده از معیار پلاستیک به NACE MR0175/ISO 15156-1:2001 مراجعه شود.
- g: دیگر معیارهای پذیرش، منوط به تصویب مستند کاربر تجهیزات می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

پیوست C

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(آموزشی)

تعیین فشار جزئی سولفید هیدروژن

۱. محاسبات فشار جزئی سولفید هیدروژن برای سیستم با فاز گازی

فشار جزئی سولفید هیدروژن می‌تواند با ضریب فشار کلی سیستم در کسر مولی سولفید هیدروژن در فاز گازی به دست آید.

$$p_{H_2S} = p * \frac{X_{H_2S}}{100}$$

که در آن p_{H_2S} فشار جزئی سولفید هیدروژن بر حسب مگاپاسکال، p فشار مطلق کل سیستم بر حسب مگاپاسکال و X_{H_2S} کسر مولی سولفید هیدروژن در فاز گازی بر حسب درصد می‌باشد.

به عنوان مثال، در یک سیستم گازی ۷۰ مگاپاسکالی، که کسر مولی سولفید هیدروژن در آن ۱۰ درصد است، فشار جزئی سولفید هیدروژن ۷ مگاپاسکال است.

در صورتی که فشار کلی و متمرکز سولفید هیدروژن شناخته شده باشد، فشار جزئی سولفید هیدروژن می‌تواند با استفاده از شکل ۱ این پیوست تخمین زده شود.

۲. محاسبات فشار جزئی موثر سولفید هیدروژن برای سیستم‌های مایع بدون گاز

برای سیستم‌های مایع (که هیچ تعادل ترکیبی گازی در آن‌ها وجود ندارد)، فعالیت ترمودینامیکی موثر سولفید هیدروژن به-وسیله فشار جزئی مجازی سولفید هیدروژن تعریف می‌شود که این فشار از طریق زیر تعیین می‌شود:

الف) تعیین فشار نقطه حباب سیال در دمای کاری به‌وسیله هر روش مناسب ممکن.

ملاحظه: برای خط لوله پر از مایع پایین دست واحد جداسازی گاز، تخمین مناسب فشار نقطه حباب، فشار کل آخرین جداساز گاز می‌باشد.

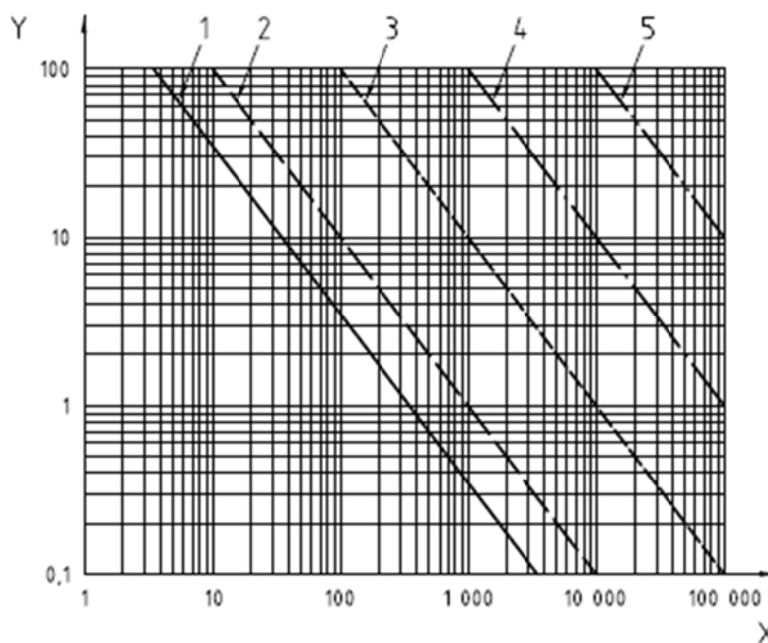
ب) تعیین کسر مولی سولفید هیدروژن در فاز گازی در شرایط نقطه حباب به هر روش مناسب ممکن.

ج) محاسبه فشار جزئی سولفید هیدروژن در گاز در نقطه حباب از روش زیر:

$$p_{H_2S} = p_B * \frac{X_{H_2S}}{100}$$

که در آن p_{H_2S} فشار جزئی سولفید هیدروژن بر حسب مگاپاسکال، p_B فشار نقطه حباب بر حسب مگاپاسکال و X_{H_2S} کسر مولی سولفید هیدروژن در گاز می‌باشد.

د) استفاده از این موضوع به عنوان فشار جزئی سولفید هیدروژن برای سیستم مایع. این مقدار می‌تواند جهت تعیین در سیستم‌های ترش مطابق با گزینه ۱ یا تعیین درجه ترشی مطابق با گزینه ۲ استفاده شود.



Key

X mole fraction H_2S in gas, $\% \times 10^4$ (parts per million by volume)

Y total absolute pressure, MPa

- 1 $p_{H_2S} = 0.3 \text{ kPa}$
- 2 $p_{H_2S} = 1 \text{ kPa}$
- 3 $p_{H_2S} = 10 \text{ kPa}$
- 4 $p_{H_2S} = 100 \text{ kPa}$
- 5 $p_{H_2S} = 1\,000 \text{ kPa}$

شکل ۱- سیستم‌های گاز ترش: فشار جزئی سولفید هیدروژن

پیوست D

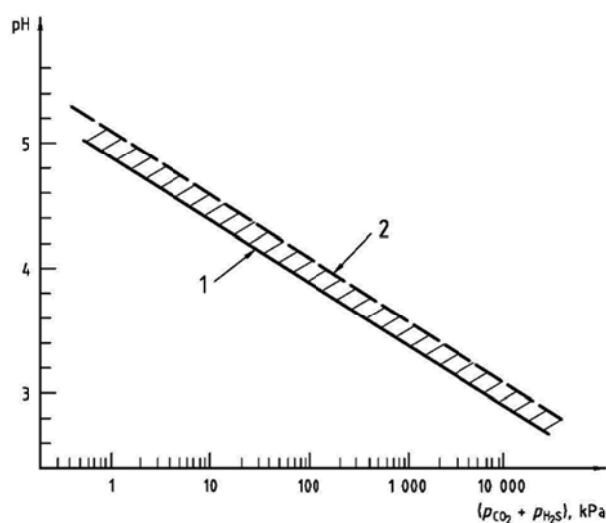
استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(آموزشی)

توصیه‌هایی جهت تعیین pH

شکل‌های ۱ تا ۵، یک راهنمای کلی جهت تعیین مقدار تقریبی pH فاز آبی برای شرایط مختلف را ارائه می‌دهند. مقدار pH تعیین شده از این طریق می‌تواند در صورتی که هیچ محاسبات اثبات شده یا قابل اطمینانی در روش‌های اندازه‌گیری pH موثر در دسترس نباشد، مورد استفاده قرار گیرد. مقدار خطا می‌تواند به میزان ۰.۰ تا ۰.۵ در واحدهای pH در نظر گرفته شود.

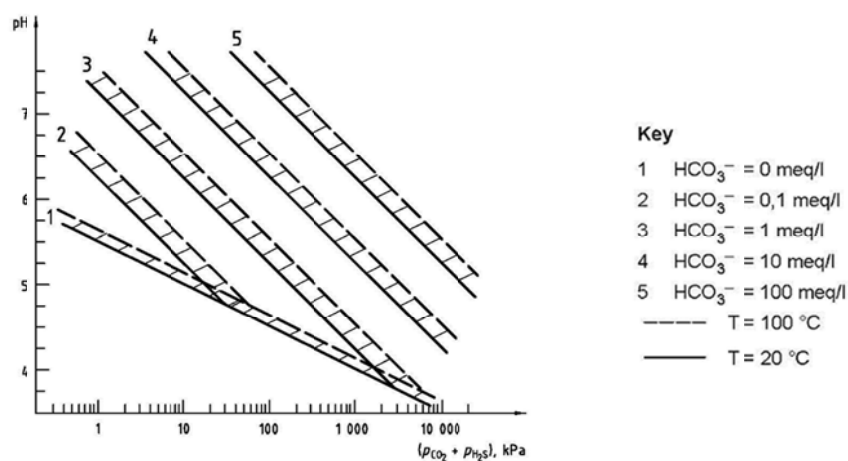
در شکل‌های ۱ تا ۵، محور عرضی در pH موثر، مقادیر pH که به طور مداوم برای نمونه‌های آب‌های بی‌فشار شده گزارش می‌شود، نباید به عنوان مقادیر معتبر در pH موثر، اشتباه شوند. مقدار pH موثر می‌تواند متاثر از حضور اسیدهای ارگانیکی مثل اسید استیک، اسید پروپیونیک و غیره که در شکل ۱ تا ۵ مد نظر نبوده‌اند، قرار گیرد. اهمیت تاثیر این اسیدها بر pH موثر و نتایج معمولی آنالیزهای آب در EFC Publication 17, Appendix 2 تشریح شده است. آنالیز برای این اجزا جهت ایجاد یک تنظیم ضروری در محاسبات pH موثر، باید مد نظر قرار گیرند.



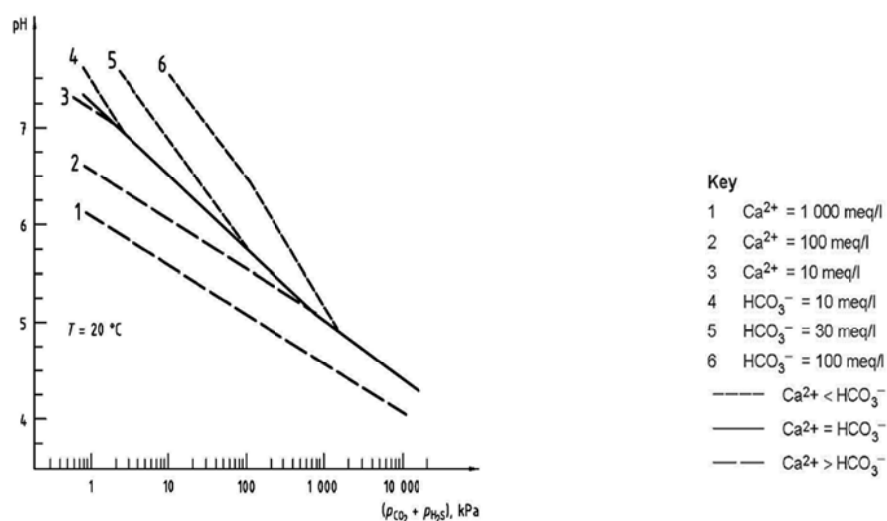
Key

- 1 temperature = 20 °C
- 2 temperature = 100 °C

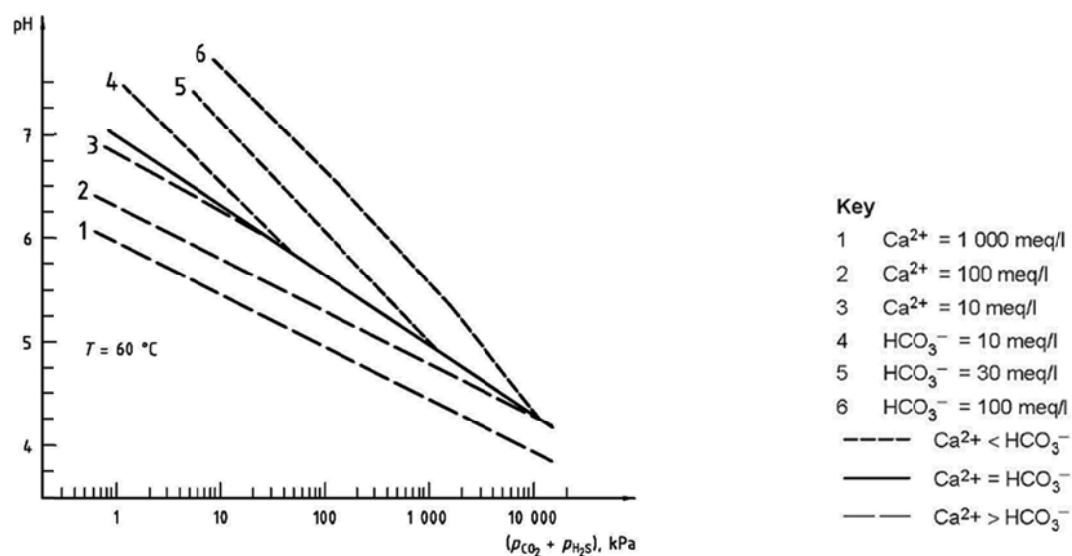
شکل ۱- مقدار pH آب تغلیظ شده تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن



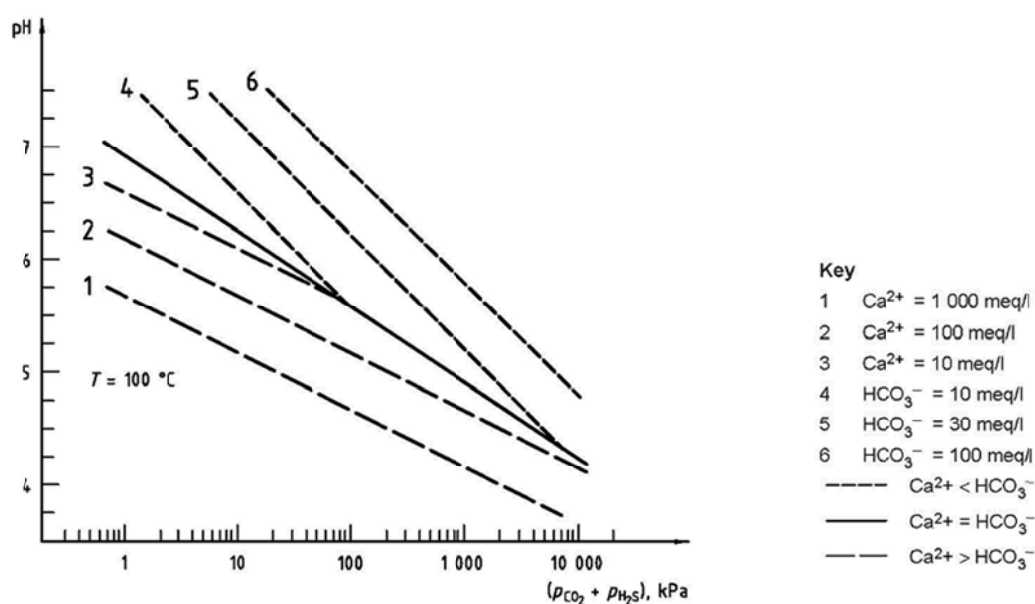
شکل ۲- مقدار pH آب تغلیظ شده (گاز مرطوب) یا آب‌های تشکیل‌دهنده حاوی بی‌کربنات ($CaCO_3$) تحت فشار دی-اکسیدکربن و سولفید هیدروژن



شکل ۳- مقدار pH آب‌های تشکیل‌دهنده اشباع‌شده در بی‌کربنات ($CaCO_3$) تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۴- مقدار pH آب‌های تشکیل‌دهنده اشباح‌شده در بی‌کربنات (CaCO_3) تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۵- مقدار pH آب‌های تشکیل‌دهنده اشباح‌شده در بی‌کربنات (CaCO_3) تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد

پیوست E

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(آموزشی)

اطلاعاتی که برای خرید مواد باید تهیه شوند

ستون ۲ از جدول ۱ و جدول ۲ باید توسط خریدار مواد کامل شوند. موارد مورد نیاز و مورد تایید باید نشان داده شوند.

ملاحظه: علامت NACE MR0175/ISO 15156-2A درستون ۵، عموماً برابر با فولادهای کربنی، چدن‌ها و فولادهای کم-آلیاژ مطابق با NACE MR0175 می‌باشد.

جدول ۱- کمترین اطلاعات جهت خرید مواد

مرجع خریدار		نوع تجهیزات		
نوع یا درجه فولاد ترجیح داده شده (یا چدن)				
مقرر نمودن مشخصات سرویس ترش: NACE MR0175/ISO15156 الزامات مواد برای این سفارش خرید		بند و ماده مربوطه در NACE MR0175/ISO 15156-2	نکات	علائم سرویس ترش NACE MR0175/ISO 15156-xx
گزینه ۱ مقاومت ترک تنشی سولفیدی: فولادهای کربنی، کم‌آلیاژ یا چدن برای سرویس‌های ترش انتخاب شده از پیوست A قسمت ۲	بله/خیر	۷.۱		2A
گزینه ۲ مقاومت ترک تنشی سولفیدی: فولادهای کربنی، کم‌آلیاژ برای کاربردهای سرویس- های ترش خاص یا برای محدوده‌ای از سرویس ترش	بله/خیر	۷.۲	در صورت انتخاب شدن به بند ۵.۳ و جدول ۲ پیوست E مراجعه شود	
مقاومت ترک هیدروژنی: الف) ماده برای هر نوع سرویس ترش؟ ب) ماده برای کاربردهای سرویس‌های ترش خاص یا برای محدوده‌ای از سرویس ترش	بله/خیر بله/خیر	۸ و پیوست B بند ۵	در صورت انتخاب شدن به بند ۵.۳ و جدول ۲ پیوست E مراجعه شود	2H

جدول ۲- اطلاعات اضافی برای تست‌های ترک تنشی سولفیدی و دیگر موارد خاص

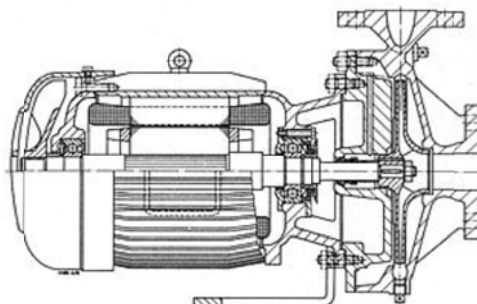
مرجع خریدار				
الزامات مواد برای این سفارش خرید		بند و ماده مربوطه در NACE MR0175/ISO 15156-2	نکات	علائم سرویس ترش NACE MR0175/ISO 15156-xxx
مقاومت نسبت به ترک تنشی سولفیدی مطابق گزینه ۲	نشان دادن گزینه ارجح	۷.۲		
سرویس ترش برای هر منطقه ترک تنشی سولفیدی؟ نوع نمونه تست	بله/خیر	۷.۲.۱.۴ شکل ۱ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش‌فرض	2R3
سرویس ترش برای منطقه ۱ و ۲ ترک تنشی سولفیدی؟ نوع نمونه تست	بله/خیر	۷.۲.۱.۴ شکل ۱ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش‌فرض	2R2
سرویس ترش برای منطقه ۱ ترک تنشی سولفیدی؟ نوع نمونه تست	بله/خیر	۷.۲.۱.۴ شکل ۱ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش‌فرض	2R1
کاربرد سرویس ترش خاص مورد نیاز می‌باشد؟ نوع نمونه تست	بله/خیر	۷.۲.۱.۴ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	اطلاعات شرایط تست زیر مورد نیاز است، نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش‌فرض	2S
مقاومت نسبت به ترک هیدروژنی برای کاربرد سرویس ترش خاص	بله/خیر	بند ۸ و جدول ۳ (B)	اطلاعات شرایط تست زیر مورد نیاز است	2HS
توصیف شرایط تست		جدول ۱ (B) و/یا جدول ۳ (B)	مقادیر پیش‌فرض طبق جدول ۱ (B)، بقیه مقادیر مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1	
تست تنش برای آزمایش ترک تنشی سولفیدی			مقاومت تسلیم حقیقی (درصد)	
دی‌اکسید کربن (CO ₂)			مگاپاسکال	
سولفید هیدروژن (H ₂ S)			مگاپاسکال	
دما			°C	
pH موثر			mg/l	
Cl ⁻ یا دیگر هالیدها			حاضر یا غایب	
گوگرد اصلی (S ₀)				
الزامات مقاومت ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم	بله/خیر	۷.۲.۲ و بند ۴ پیوست B	تست ترک تنش سولفیدی همواره پیش از ترک نواحی نرم و ترک هیدروژنی در راستای تنش مورد نیاز می‌باشد	2Z همراه با علائم ترک تنشی سولفیدی از بالا

نوشته: عباس قلی‌نژاد

واژه‌نامه ۱

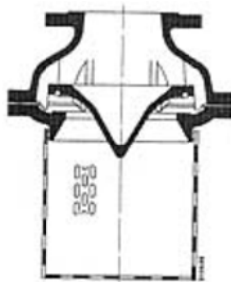
- مجموعه پمپ‌های بدون کوپلینگ^۳

مجموعه پمپ‌های بدون کوپلینگ توسط اتصال صلب موتور و محور پمپ شناسایی می‌شوند. پوسته پمپ بر روی پایه خود قرار نداشته و به فلنج موتور پیچ می‌گردد. مزیت ویژه این نحوه ساخت، نصب و راه اندازی ساده آن می‌باشد. در نصب و راه‌اندازی مجموعه پمپ‌های بدون کوپلینگ، نیازی به هم‌راستایی بین محور و پوسته نمی‌باشد. با افزایش نیروها و گشتاورها در پمپ‌های بدون کوپلینگ و لوله‌کشی مربوطه، این نیروها و گشتاورها باید توسط یاتاقان‌ها و پوسته موتور جذب شوند. از این‌رو این نوع ساختارها بسیار محدود می‌باشند. جایگزینی برای مجموعه پمپ‌های بدون کوپلینگ، الکتروپمپ‌های فلنج‌دارند که بروی شاسی پمپ به‌جای پایه موتور قرار می‌گیرند. الکتروپمپ‌های فلنج‌دار توانایی جذب گشتاورها و نیروهای لوله‌کشی بزرگ‌تری را نسبت به مجموع پمپ‌های بدون کوپلینگ دارند.



- فوت ولو^۴

فوت ولو در پایین (دهانه) لوله‌های مکش نصب می‌شوند. که اغلب به صافی مکش جهت جلوگیری از تخلیه و خشک‌شدن پمپ پس از خاموش شدن، متصل می‌شود. مدلی از این شیرها که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند، شیر دیسکی می‌باشد (در تصویر مشاهده می‌کنید) که دارای مشخصه‌های جریان مطلوب می‌باشد، که می‌تواند در گروه لوله‌هایی علاوه بر DN350 به کار روند. نکات ذکر شده در زمینه پرکردن پمپ‌های سانتریفیوژ به هنگام استفاده از فوت ولوها باید مد نظر قرار گیرند.



فوت ولو (شیر دیسکی)

- پمپ انتقال حرارت^۵

^۳ Close-coupled Pumping Set

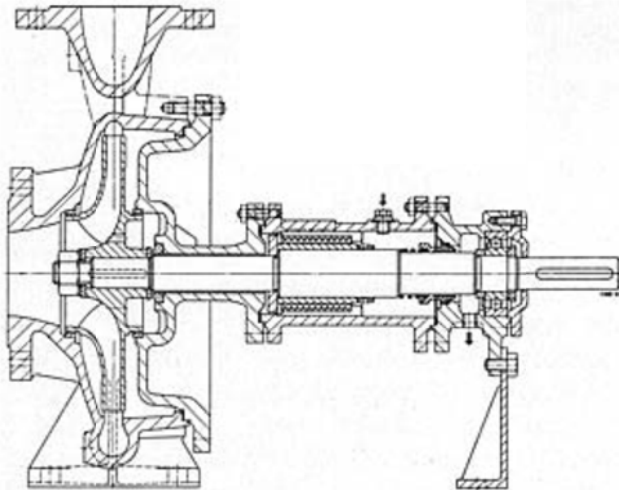
^۴ Foot Valve

^۵ Heat Transfer Pump

پمپ انتقال حرارت، پمپی جهت گردش انتقال حرارت، معمولاً در سیستم‌های با پایه هیدروکربنی، جهت به گردش درآوردن انتقال حرارت محیط در یک سیستم حرارتی می‌باشد.

از آنجایی که درجه حرارت روغن انتقال حرارت می‌تواند تا ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد برسد، یک قسمت خنک‌کننده (به طور معمول هوای خنک‌کننده رفت و برگشتی) بین پوسته و آب‌بند محور، آب‌بند مکانیکی و محیط یاتاقان‌های ساچمه‌ای ساده را خنک نگاه می‌دارد.

این تصویر محل قرارگیری یاتاقان‌ها و آب‌بندهای محور برای انتقال حرارت در پمپ را نشان می‌دهند.

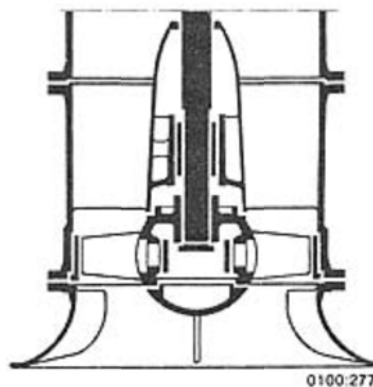


انتقال حرارت در پمپ

- توپی دیفیوزر^۶

در پمپ‌های با محفظه لوله‌ای شکل، به خصوص پمپ‌های محوری، سرعت جریان پایین‌دست پروانه، می‌تواند به کمک توپی دیفیوزر، در میان دیگر روش‌ها، کند شود.

بزرگی سطح مقطع جریان آزاد متاثر از یک کاهش تدریجی در قطر توپی می‌باشد. توپی دیفیوزر در معرض خطر قطع جریان در حد فاصل داخلی توپی و حد فاصل استوانه‌ای شکل خارجی می‌باشد (لایه مرزی - جریان گردابی).

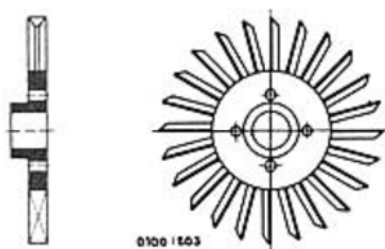


- پروانه ستاره‌ای^۷

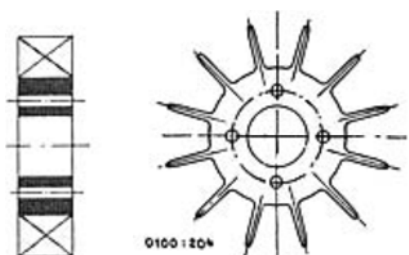
^۶ Hub Diffuser

^۷ Star Impeller

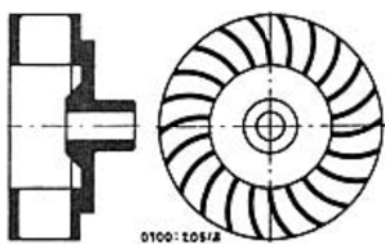
پروانه ستاره‌ای بخشی از یک پمپ تک‌کاناله یا یک پمپ با حلقه سیال که بر اساس قوانین جایه‌جایی نیمه‌مثبت عمل می‌کنند، می‌باشد. شکل ۱ یک پروانه ستاره‌ای را در یک پمپ تک‌کاناله و شکل‌های ۲ و ۳ یک پروانه ستاره‌ای را در یک پمپ با حلقه سیال نشان می‌دهند.



شکل ۱: یک پروانه ستاره‌ای یک پمپ تک‌کاناله



شکل ۲: یک پروانه ستاره‌ای در یک پمپ با حلقه سیال



شکل ۳: یک پروانه ستاره‌ای در یک پمپ با حلقه سیال

نوشته: امیدرضا علی‌مددی

📖 انواع تجهیزات و بازرسی‌های متداول در فرآیندهای جوشکاری

در این مقاله ابتدا به بررسی انواع تجهیزات جوشکاری و توضیح مفصلی جهت شناسایی و کاربرد هریک از این تجهیزات می‌پردازیم. در ادامه نیز مطالبی در زمینه انواع تست‌ها و بازرسی‌های مرتبط با این فرآیند حساس و پرکاربرد ارائه می‌شود. امید است که این مقاله جهت یادآوری پارامترهای مهم فرآیند جوشکاری از قبیل تجهیزات و همچنین موارد ایمنی، موثر و مفید واقع شود.

۱. تجهیزات عمومی مورد نیاز در جوشکاری

۱.۱. الکترودهای جوشکاری

الکتروده مفتولی فلزی است که دورتادور آن با مواد شیمیایی پوشش داده شده‌است و ضمن هدایت جریان از انبر به فلز پایه، پرکننده درز جوش و تامین‌کننده مواد آلیاژی می‌باشد. الکتروده را می‌توان به چهارصورت دسته‌بندی کرد:

- از نظر قطر
- از نظر طول
- از نظر مغزی فلزی
- از نظر پوشش

الکترودها در قطرهای ۱ تا ۱۰ میلیمتر وجود دارند اما پرکاربردترین آن‌ها عبارتند از ۲، ۳.۲، ۴ و ۵ میلی‌متری. الکترودها در طول‌های ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متری وجود دارند. الکترودها از نظر مغزی فلزی به الکترودهای فولادی، آلیاژی، چدنی، الکتروده فلزات رنگین و الکتروده زغالی تقسیم‌بندی می‌شوند. الکترودها از نظر پوشش به الکترودهای روتیلی، قلیایی، سلولزی، اسیدی و مرکب تقسیم می‌شوند.

مواد تشکیل‌دهنده پوشش الکترودها می‌توانند آهک، اکسید سدیم، سلولز، روتیل، آزبست، خاک‌رس، دی‌اکسیدتیتانیوم و مقداری دیگر از مواد گوناگون باشند.

انتخاب صحیح الکتروده برای جوشکاری بستگی به نوع قطب و حالت درز جوش دارد. مثلاً یک درز ۷ شکل با زاویه کمتر از ۴۰ درجه با ضخامت زیاد حداکثر با قطر ۱ اینچ که معادل ۲ میلیمتر است برای ردیف اول گرده جوش استفاده می‌گردد تا کاملاً در عمق جوش نفوذ نماید. ولی چنانچه از الکتروده با قطر بیشتر استفاده شود مقداری تفاله در ریشه جوش باقی خواهد ماند که قدرت و استحکام جوش را تقلیل می‌دهد.

بایستی توجه داشت که همیشه قطر الکتروده از ضخامت فلز جوشکاری کمتر باشد. هر چند که در بعضی از کارخانجات تولیدی عده‌ای از جوشکاران، الکتروده با ضخامت بیشتر از ضخامت فلز را به کار می‌برند. این عمل بدین جهت است که سرعت کار زیاده‌تر باشد ولی انجام آن احتیاج به مهارت فوق‌العاده جوشکار دارد. همچنین انتخاب صحیح قطر الکتروده بستگی زیاد به نوع قطب (+ یا -) و حالت درز جوش دارد. مثلاً اگر یک درز ۷ شکل با زاویه کمتر از ۴۰ درجه باشد بایستی حداکثر از الکتروده با قطر پنج شانزدهم اینچ برای ردیف اول گرده جوش استفاده کرد تا کاملاً بتوان عمق درز را جوش داد. چنانچه از الکتروده با قطر زیاده‌تر استفاده شود مقداری تفاله در جوش باقی خواهد ماند که قدرت و استحکام جوش را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد داد.

۱.۱.۱. اطلاعات پاکت الکتروده

مطابق استاندارد پاکت‌ها و کارتن‌های الکتروده بایستیدعلامت‌ها و نوشته‌هایی داشته باشند که حتی‌المقدور مصرف‌کننده را در دسترسی به کیفیت مطلوب جوش راهنمایی و یاری نمایند. در روی پاکت الکتروده علاوه بر نام کارخانه سازنده، نوع جنس نیز درج می‌شود که برای مصرف صحیح حائز اهمیت است. هر پاکت الکتروده بایستی علاوه بر اسم تجاری الکتروده، طبقه‌بندی آن الکتروده را حداقل طبق یکی از استانداردهای مهم بیان نماید. برای آگاهی از طول زمان ماندگی الکتروده در کارخانه، بازار یا انبار و غیره، شماره ساخت یا تاریخ تولید روی پاکت نوشته یا مهرزده می‌شود. قطر سیم مغزی الکتروده مصرف‌کننده را در کاربرد

صحیح آن با توجه به ضخامت فلز، زاویه سیار، ترتیب پاس و غیره راهنمایی می‌کند. نوع جریان برق از این‌که جریان دائم یا جریان متناوب لازم است یا هر دو و در جریان دائم نوع اتصال قطبی بایستی توسط عبارت یا علامت روی پاکت درج شود. حالت یا حالتی از جوشکاری که این الکتروود در آن حالت یا حالات مناسب است روی پاکت بیان می‌شود. درج حدود شدت جریان برق بر حسب آمپر، جهت انتخاب اولیه ضروری است. وزن الکتروودها یا تعداد الکتروود داخل هر بسته روی پاکت یا بر چسب آن درج می‌شود. نوشتن مواردی که در بالا به آن اشاره شد، روی پاکت مطابق با بیشتر استانداردها اجباری است. همچنین خواص مکانیکی و شیمیایی، وضعیت ذوب و کیفیت، نحوه نگهداری و انبارکردن، درجه حرارت خشک‌کردن، موارد استعمال بخصوص و پاره‌ای توصیه‌های دیگر در روی پاکت برای آگاهی مصرف‌کننده چاپ شده و یا مهر زده می‌شود.

الکتروودهایی که در جوش اتصال فولاد به کاربرده می‌شوند، مفتول‌های مغزی با آلیاژ یا بدون آلیاژ دارند که جریان جوش را هدایت می‌کنند. شعله برق بین قطعه کار و سر آزاد الکتروود می‌سوزد و الکتروود به عنوان یک ماده اضافی ذوب می‌شود. الکتروودهای نرم شده دارای علائم اختصاری بوده که روی بسته‌بندی آن‌ها نوشته شده است. علائم اختصاری تمام نکات مهمی که در به کار بردن آن الکتروود باید مراعات شوند را نشان می‌دهند.

۱.۱.۲. مشخصات الکتروودها

مشخصات الکتروودها با یک سری اعداد مشخص می‌گردند. اعداد مشخصه به ترتیب زیر می‌باشد: به عنوان مثال E 60 10 علامت اول از سمت چپ در علائم الکتروود مشخص می‌نماید که این الکتروود برای جوشکاری برق استفاده می‌شود. بعضی از الکتروودهای پوشش‌دار در جوشکاری با اکسی‌استیلن استفاده می‌شوند. علامت دوم یعنی عدد دو رقمی بعد، مشخصه فشار کشش گرده جوش بر حسب پوند بر اینچ مربع بوده بایستی آن را در ۱۰۰۰ ضرب نمود یعنی فشار کشش گرده جوش این نوع الکتروود ۶۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع یا در حدود ۴۰۰ مگاپاسکال است. علامت سوم حالات جوش را مشخص می‌کند که همیشه این علامت ۱ یا ۲ یا ۳ می‌باشد. الکتروودهایی که علامت سوم آن‌ها ۱ باشد در تمام حالات جوشکاری می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. الکتروودهایی که علامت سوم آن‌ها عدد ۲ باشد در حالت سطحی و افقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. الکتروودهایی که علامت سوم آن‌ها ۳ باشد تنها در حالت افقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. علامت چهارم خصوصیات ظاهری گرده جوش و نوع جریان را مشخص می‌نماید که این علائم از ۰ شروع و به ۶ ختم می‌گردند. چنانچه علامت چهارم یا آخر صفر باشد موارد استعمال این الکتروودها تنها با جریان مستقیم و با قطب معکوس می‌باشد. نفوذ این جوشکاری زیاد و شکل مهره‌های جوش آن تخت و درجه سختی گرده جوش تقریباً زیاد می‌باشد. چنانچه علامت چهارم یک باشد موارد استعمال این الکتروود با جریان مستقیم می‌باشد. شکل ظاهری جوش این الکتروود صاف و در شکاف‌ها و درزها کمی مقعر و درجه سختی جوش کمی زیاده‌تر از گرده اول است. اگر علامت چهارم ۲ باشد موارد استعمال الکتروود با جریان متناوب می‌باشد. نفوذ جوش متوسط و درجه سختی جوش کمی کمتر از دو گروه قبل می‌باشد. نمای ظاهری آن محدب است. اگر علامت چهارم ۳ باشد این الکتروود را می‌توان با جریان متناوب یا جریان مستقیم به کار برد. درجه سختی گرده جوش این الکتروود کمتر از دو گروه اول و دوم و کمی بیشتر از گرده سوم می‌باشد و نیز در دارای قوس الکتریکی خیلی آرام و نفوذ کم و شکل مهره‌های آن در درزها محدب می‌باشد. اگر علامت چهارم ۴ باشد این الکتروود را می‌توان با جریان مستقیم و متناوب به کار برد. موارد استعمال این الکتروود برای شکاف‌های عمیق یا در جایی که چندین گرده جوش به روی هم لازم است می‌باشد. چنانچه علامت آخر ۵ باشد مشخصه این علامت این است که فقط جریان مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد و موارد استعمال آن در شکاف‌های باز و عمیق است. درجه سختی گرده جوش این الکتروود کم و دارای قوس الکتریکی آرامی است و پوشش شیمیایی آن از گروه پوشش الکتروودهای بازی است. چنانچه علامت آخر ۶ باشد خواص و مشخصه آن مطابق گروه قبل است با این تفاوت که با جریان متناوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱.۲. میز مخصوص جوشکاری

میز مخصوص جوشکاری مجهز به گیره و بازویی است که می‌تواند قطعات کوچک مورد جوشکاری را در وضعیت دلخواه نگاه دارد. این ابزار سبب سهولت در انجام کار و همچنین افزایش سرعت جوشکاری می‌گردد.



شکل ۱- نمونه‌ای از میز جوشکاری

۱.۳. سیستم تهویه

در ایستگاه‌های جوشکاری به منظور تهویه و تخلیه دود و گرد و غبارهای ناشی از جوشکاری، از یک سیستم مکنده استفاده شده تا ریه‌های جوشکار در اثر استنشاق گازهای سمی ناشی از جوشکاری و دیگر آلاینده‌های موجود در محیط، آسیب نبیند.

۱.۴. گیره‌ها و دیگر ابزارها

اتصالات و الکتروودگیرها نیز با ساختمان‌های متفاوت طراحی شده‌اند و فنر الکتروودگیر را نباید حرارت داد و بهتر است وقتی الکتروود تا طول ۵ سانتی‌متر باقی‌مانده آن را تعویض نمود که صدمه به انبر جوشکاری نزنند. گیره‌های مختلف اتصال به میز، اتصال تمیز و صحیح برای عبور جریان یکی از موارد مهم در جوشکاری برق می‌باشد. در دنیای صنعتی فعلی مسئله وسایل اندازه‌گیری دقیق بسیار مهم می‌باشد و حتی وسایل اندازه‌گیری الکترونیکی ساخته شده‌اند. ابزارهایی نظیر چکش گل‌زنی، برس سیمی، ماشین سنگ‌زنی، قیود و ابزارهای نگه‌دارنده و گیره‌های کمکی از جمله ابزارهای موجود مورد نیاز در ایستگاه‌های جوشکاری می‌باشند. چکش جوش برای برطرف نمودن گل جوش می‌باشد و برس برای تمیز نمودن سطح جوش از گل جوش جهت جوشکاری بعدی است.

۱.۵. قفسه‌ها و صندوقچه‌های نگهداری الکتروود

ایستگاه‌های جوشکاری باید دارای تجهیزاتی برای نگهداری الکتروودها، مانند قفسه‌ها و حامل‌های الکتروود باشند. این قفسه‌ها باید بر اساس اندازه و نوع الکتروودها نام‌گذاری شده و به دور از رطوبت نگهداری شوند.

۱.۶. مشعل‌های جوشکاری

وظیفه مشعل تنظیم اختلاط گاز سوخت و اکسیژن به اندازه معین می‌باشد که آن را با سرعت کمی بیشتر از سرعت احتراق از دهانه خود خارج نماید. مشعل‌ها بر دو نوع می‌باشند: مشعل فشار مساوی و مشعل انژکتوری یا فشار ضعیف. در مشعل انژکتوری اکسیژن با فشار ۳ اتمسفر از سوراخ‌های ریز انژکتور مانند دایره‌ای خارج شده و گاز سوخت را که در روزنه وجود دارد با خود به درون محفظه اختلاط می‌کند و پس از مخلوط شدن به نسبت مساوی از سر مشعل خارج می‌سازد که به مشعل فشار ضعیف یا انژکتوری معروف می‌باشد. در نوع دیگر مشعل فشار مساوی، اکسیژن و گاز سوخت با فشار مساوی وارد محفظه اختلاط گردیده و با هم مختلط می‌شوند و هر دستگاه چند لوله اختلاط‌کننده با سر مشعل مربوطه دارد که از استیلین موجود در لوله‌های فشار قوی استفاده کرده و با تعویض سرمشعل شعله‌های مختلفی ایجاد می‌نمایند.

۱.۷. رگلاتور

فشار گاز در کپسول اکسیژن در حدود ۱۵۰ اتمسفر و در کپسول استیلین ۱۵ اتمسفر می‌باشد و جوشکاری با این فشارهای زیاد امکان‌پذیر نیست. به این جهت بایستی فشار کپسول را کاهش داده و به فشار گاز تبدیل نمود. فشار گاز با بزرگی و کوچکی سرمشعلی که برای جوشکاری به کار می‌رود تغییر می‌کند و مقدار آن معمولاً برای اکسیژن ۰/۵ الی ۴ اتمسفر و برای استیلین ۰/۲ الی ۱ اتمسفر می‌باشد. فشار گاز در تمام مدت جوشکاری ثابت و یکسان می‌باشد. عمل کاهش و تنظیم فشار گاز کپسول‌ها به وسیله رگلاتور انجام می‌گیرد. رگلاتور از لحاظ ساختمان مکانیکی بر دو نوع است:

- رگلاتور انژکتوری
- رگلاتور سوپاپی

رگلاتورهای انژکتوری بیشتر متداول بوده که بدنه آن از برنج ساخته شده و داخل رگلاتور از چند فنر و یک دیافراگم و انژکتور تشکیل شده است. اگر پیچ تنظیم فشار در جهت عقربه‌های ساعت پیمایانده شود فشار کار و در نتیجه مدار گاز زیاد می‌گردد و اگر گاز مصرف نگیرد جریان آن به خودی خود قطع می‌گردد و همچنین فشار کپسول هر مقدار باشد رگلاتور وظیفه خود را به نحو احسن انجام می‌دهد. رگلاتور سوپاپی نیز اصول کار آن مانند رگلاتور انژکتوری می‌باشد با این تفاوت که در آن به جای انژکتور سوپاپ به کار رفته است. اجزا مختلف این رگلاتور نیز مانند رگلاتور انژکتوری می‌باشد و میله سوپاپ آن از فولاد بسیار عالی ساخته شده است.

۱.۸. فشارسنج‌ها

یکی از حساس‌ترین قسمت‌های جوشکاری، دستگاه‌های فشارسنج برای اکسیژن و هیدروژن می‌باشد. فشارسنج‌های متفاوتی برای اکسیژن-استیلن و سایر گازها پیش‌بینی شده‌اند که در روی کپسول‌ها نصب می‌گردند.

۱.۹. ماشین‌های جوشکاری

- ماشین‌های جوشکاری به دو نوع ماشین‌های جوشکاری با جریان مستقیم و متناوب تقسیم می‌شوند که به شرح زیر می‌باشد:
- ماشین‌های جوشکاری با جریان مستقیم ماشین‌هایی می‌باشند که در آن‌ها قوس الکتریکی با جریان مستقیم ایجاد می‌شود.
 - ماشین‌های جوشکاری با جریان متناوب ماشین‌هایی می‌باشند که در آن‌ها قوس الکتریکی با جریان متناوب ایجاد می‌شود.

۲. تجهیزات ایمنی مورد نیاز در جوشکاری

رعایت نکات ایمنی، خود یکی دیگر از مشکلات عظیم جوشکاری است، به‌طوری‌که انفجار یک کپسول مانند یک بمب می‌تواند جان صدها نفر را به خطر اندازد، در حالی‌که مثلاً در کارگاه تراش و ریخته‌گری، خطرات تا این حد بالا نیستند. کوچک‌ترین بوی گاز ناشی از عدم اتصالات صحیح و اصولی، ممکن است جان عده‌ای را به خطر اندازد. وسایل ایمنی در جوشکاری به سه دسته وسایل ایمنی سر، بدن و سیستم تنفسی جوشکار تقسیم می‌شوند.

۲.۱. وسایل ایمنی سر جوشکار

با توجه به وجود اشعه‌های ماوراء بنفش و مادون قرمز موجود در جوشکاری قوس الکتریکی و آثار مضر آن‌ها بر پوست و چشم جوشکار، باید از ماسک‌های کلاهی و عینک‌های ایمنی استفاده نمود. این تجهیزات هم‌چنین از سر جوشکار در برابر پاشش و ریزش قطرات مذاب به‌خصوص در هنگام جوشکاری در وضعیت سقفی، محافظت می‌کنند. جوش برق به علت جرقه قوی و اشعه ماوراء بنفش به‌شدت به چشم صدمه زده و چندین مرتبه نگاه کردن با چشم غیرمسلح کافی است که عوارض و درد چشم را به همراه داشته باشد. جهت رفع این عارضه می‌توان از کمپرس آب سرد و غیره استفاده کرد. شیشه‌های عینکی در جوشکاری برق شماره‌گذاری شده و بر طبق جدول بایستی انتخاب شوند و طوری باشند که به سختی بتوان نور یک چراغ را تشخیص داد و به صورت انواع ماسک‌های دستی، صورتی و کلاهی ساخته می‌شوند. برای راحتی کارکردن و نیز کار در محل‌های سخت انواع ماسک‌ها با تجهیزات مختلف استفاده می‌گردد. نور شدیدی که به وسیله شعله اکسی‌استیلن تولید می‌شود چنان‌چه با چشم غیرمسلح به آن‌ها نگاه کنیم سبب صدمه زدن به بافت‌های چشم می‌گردد. بنابر این باید همیشه یک عینک مناسب با شیشه رنگی که مورد تأیید متخصص است به کار برد و مقدار تیرگی عینک باید طوری باشد که نور به اندازه لزوم جهت دیدن کار از آن عبور کند و چنان‌چه پس از برداشتن عینک از چشم نقاط سفیدی در حال جنب و جوش در برابر چشم دیده شوند نشان‌دهنده آن است که شیشه همه نورهای مضر را جذب نمی‌کند.

۲.۲. وسایل ایمنی بدن جوشکار

استفاده از دست‌کش و پیش‌بند چرمی در هر نوع جوش برق و گاز ضروری است. زیرا ذرات مذاب فلز بر روی بدن و سر و صورت جوشکار پرتاب شده و سبب سوختگی بدن می‌گردد. توجه نمایند به هیچ‌وجه در حین جوشکاری از لباس‌های پشمی استفاده نکنید. استفاده از لباس کار ایمنی جهت محافظت از بدن در برابر گدازه‌های داغ، گل جوش، حرارت و همچنین اشعه-

های مضر، ضروری می‌باشد. لباس کارهای از جنس کتان با بافت محکم و رنگ تیره، برای این منظور گزینه بسیار مناسبی می‌باشند. در بعضی موارد استفاده از دستکش‌های تمام چرمی و پیش‌بندهای بلند نیز توصیه می‌گردد.



شکل ۲- نمونه‌ای از لباس و کلاه ایمنی

۲.۳. وسایل ایمنی تنفسی

به منظور جلوگیری از استنشاق گرد و غبار، دودها و گازهای سمی جوشکاری، از دو روش یا ابزار می‌توان بهره جست. نخست از ماسک‌های فیلتردار و دیگری استفاده از هود یا مکنده‌های فشار قوی در نزدیکی محل کار برای تخلیه دود و گرد و غبار و همچنین تهویه مناسب محل جوشکاری.

۳. کنترل کیفیت و بازرسی

طبق طبقه‌بندی استانداردهای مدیریت کیفیت، جوشکاری جزء فرآیندهای ویژه طبقه‌بندی شده‌است که این نشان‌دهنده این است که برای کنترل کیفیت و تضمین کیفیت این فرآیند ویژه می‌باید پیش‌بینی‌های خاصی انجام داد. به این منظور پیش از عملیات جوشکاری تمام پارامترها دخیل در فرآیند شامل مواد اولیه، دستگاه و تنظیمات آن، مواد مصرفی و جوشکار بر طبق استاندارد ایزو ۳۸۳۴ مورد ارزیابی و بررسی و تایید قرار می‌گیرند.

به منظور حصول جوشی با کیفیت و عاری از عیب، کلیه عوامل جوشکاری باید در مراحل متعددی مورد بازرسی و کنترل قرار گیرند. در صورت انجام این امر توسط ناظران و یا بازرسان کنترل کیفیت جوش، می‌توان تا حد زیادی از بروز عیوب در پایان کار جلوگیری به عمل آورد و هزینه‌های تعمیر، رفع عیوب و دوباره کاری‌ها را به حداقل رساند. مراحل بازرسی در جوشکاری به سه بخش تقسیم می‌شوند:

- بازرسی قبل از شروع کار
- بازرسی در حین انجام کار
- بازرسی پس از اتمام کار
- ۳.۱. بازرسی قبل از شروع کار

این فرآیند به منظور مهیا ساختن مقدمات جوشکاری صورت پذیرفته و شامل مراحل زیر می‌باشد:

- مطالعه و بررسی نقشه‌ها و مشخصات فنی و استانداردهای مرتبط با آن‌ها
- انتخاب و ارزیابی روش جوشکاری مبتنی بر استاندارد و مطابق نقشه‌ها و مشخصات کار
- انتخاب مصالح و مواد مصرفی و بررسی و تست آن‌ها برای اطمینان بیشتر و نهایی

- بررسی تجهیزات جوشکاری نظیر دستگاه‌های جوشکاری و برش، کابل‌ها، شیلنگ‌ها، کپسول‌ها، اتصالات، قیدها و بندها و غیره.
- بررسی ایمنی محل و تجهیزات جوشکاری
- انجام تست مهارت
- ۳.۲. بازرسی در حین انجام کار

پس از حصول اطمینان و تایید نهایی مراحل بازرسی قبل از شروع کار که بدان پرداخته شد، مرحله بعدی بازرسی در حین انجام کار باید صورت پذیرد که به شرح زیر می‌باشد:

 - بازرسی قطعات و اتصالات آماده شده، بازرسی جهت حصول اطمینان از عدم وجود آلودگی و کثیفی.
 - بازرسی شکل و ابعاد درزها و شیارها و نحوه فیت شدن و وضعیت استقرار آن‌ها نسبت به یکدیگر با توجه به نقشه.
 - طرز قرار گرفتن قطعات در موقعیت‌های مورد نظر و همچنین قیدها و گیره‌های نگه‌دارنده آن‌ها بازرسی شود.
 - چک کردن ابعاد پشت‌بندها و قرار گرفتن صحیح آن‌ها در محل خود.
 - چک کردن جوش‌های موقتی، گیره‌ها، قیدها و قطعات تقویتی بر اساس و مطابق قواعد فنی مربوطه.
 - تایید صلاحیت جوشکار در هر مرحله با استفاده از آزمایش و تایید جوشکاری انجام شده توسط جوشکار
 - ۳.۳. بازرسی پس از اتمام کار

این نوع بازرسی به شیوه‌های مختلفی مانند آزمون تست‌های غیرمخرب صورت می‌پذیرد. تست‌های غیرمخرب به تست‌هایی اطلاق می‌شود که بدون تخریب و یا تغییر در خواص فلز جوش یا قطعه کار صورت می‌پذیرند.

۳.۳.۱. بازرسی چشمی^۸

بازرسی چشمی از رایج‌ترین و مهم‌ترین روش‌های بازرسی غیرمخرب برای مواد خام، محصولات در حال ساخت و محصولات ساخته شده می‌باشد. در این روش ابتدا با برس سیمی سطح را از سرباره و پوسته پاک می‌کنند چرا که این کار از پیش‌شرط- های بازرسی چشمی است و سطح جوش باید به وضوح دیده شود. برای این کار می‌توان از ذره‌بینی با بزرگنمایی در حدود ۱۰ برابر استفاده نمود. انواع عیوبی که می‌توان با چشم مشاهده نمود عبارتند از:

 - عیوب سطحی جوش مانند ترک‌های سطحی، تخلخل سطحی، بریدگی کناره‌های جوش، سوختگی فلز مینا، سنگ- زدن اضافی و جوش‌های غیریکنواخت
 - نادرستی شکل و انحرافات در اندازه جوش
 - تغییر شکل‌های ناشی از جوشکاری مانند تابیدگی و موج‌دار شدن و کمانش و غیره

در این بازرسی تنها عیوب ماکروسکوپی قابل تشخیص می‌باشد.

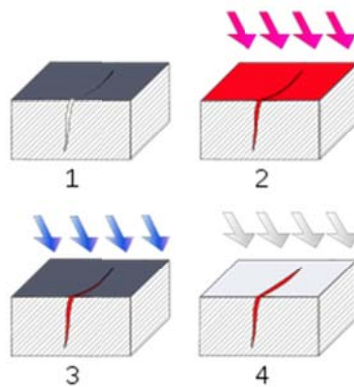
۳.۳.۲. آزمایش با مایع نافذ^۹

این روش برای ترک‌های زیرسطحی که به چشم نمی‌آیند مورد استفاده قرار می‌گیرد. روی درز جوش را با قلم مو به مایع رنگینی که عموماً قرمز می‌باشد و خاصیت نفوذ زیادی داشته باشد، آغشته می‌نمایند. این مایع حتی در ترک‌های خیلی ریز و سطوح متخلخل نیز نفوذ می‌کند. مدتی قطعه مورد آزمایش را به حال خود می‌گذارند تا مایع در تمام سوراخ‌ها و ترک‌های گرده جوش خوب نفوذ کند. بعداً اضافه مایع را پاک می‌کنند، چنان‌چه گرد یا گچ را روی سطح بپاشیم ترک‌ها و سوراخ‌ها بهتر دیده می‌شوند. ضمناً چون مایع قابلیت نفوذ خوبی دارد از ترک‌ها و سوراخ‌ها نفوذ کرده و نقاطی را در طرف دیگر جوش نشان می‌دهد. این آزمایش را می‌توان برای تمام فلزات انجام داد. انواع متداول مایعات نافذ عبارتند از:

 - نفت سفید که از پودر گچ به عنوان ظاهرکننده در آن استفاده می‌شود.
 - رنگ‌های نافذ (عموماً قرمز) که در نور معمولی و با چشم غیرمسلح قابل رویت می‌باشند.

^۸Visual test^۹Penetrant test

- نافذهای فلورسنت که توسط نور ماوراء بنفش قابل رویت می‌باشد.



شکل ۳- مراحل آزمایش مایع نافذ

۳.۳.۳. آزمایش مغناطیسی جوش^{۱۰}

براده یا پودر آهن را با پارافین مخلوط کرده روی گرده جوش می‌مالند. قطعه کار را در یک حوزه مغناطیسی قوی قرار می‌دهند. چنانچه سطح جوش ترک‌خوردگی داشته باشد ذرات ریز براده‌های آهن در لبه‌های ترک جمع شده و مانند تارمویی سیاه به چشم می‌خورند. گاهی از پودرهای مخصوص برای آزمایش مغناطیسی استفاده می‌کنند. باید دقت کرد که سطح جوش کاملاً صاف و تمیز باشد تا از آزمایش نتیجه خوب به دست آید. روش دیگر آزمایش مغناطیسی این است که موم را توسط کاغذ مومی روی کار مالیده و براده‌های آهن را روی کار می‌پاشند. مغناطیس را به آن نزدیک کرده تمرکز براده‌های آهن محل ترک یا تفاله محبوس‌شده را نشان می‌دهد. مزیت این روش نسبت به روش‌های دیگر این است که سطح کار احتیاج به صاف‌کردن گرده جوش ندارد. آزمایش مغناطیسی فقط ترک‌های سطحی را نشان می‌دهد و برای فلزاتی که خاصیت مغناطیسی دارند استفاده می‌شود.

۳.۳.۴. بازرسی با امواج التراسونیک

در این آزمایش امواج التراسونیک را که به وسیله دستگاه مخصوص ایجاد می‌شود از محل جوش عبور می‌دهند و چنانچه در مسیر امواج ترک یا مک یا سرباره‌های جوش وجود داشته باشد دستگاه محل آن را نشان می‌دهد و درحالی که در نقاطی که جوش سالم است امواج گذشته و منعکس نمی‌شود.

۳.۳.۵. رادیوگرافی

قطعه جوش داده را مقابل اشعه ایکس یا گاما قرار داده و پشت محل جوش داده شده را کاغذ عکاسی قرار می‌دهند (مانند عکسبرداری‌های طبی). در موقع عبور اشعه از محل جوش چنانچه ترک یا درز وجود داشته باشد روی کاغذ حساس عکاسی کاملاً مشخص می‌شود زیرا اشعه ایکس و گاما از غالب اشیاء عبور می‌نماید. برای این منظور دستگاهی مفصل پیش‌بینی شده است.

۴. عیوب متداول در جوشکاری

پیچیدگی^{۱۱} و تغییر ابعاد یکی از مشکلاتی است که در اثر اشتباه در طراحی و تکنیک عملیات جوشکاری حاصل می‌شود. با فرض اجتناب از ورود به مباحث تئوریک تنها به این مورد اشاره می‌کنیم که حین عملیات جوشکاری به دلیل عدم فرصت کافی برای توزیع یکنواخت بار حرارتی داده شده به موضع جوش و سردشدن سریع محل جوش انقباضی که می‌بایست در تمام قطعه پخش می‌شد به تاجار در همان محدوده خلاصه می‌شود. این انقباض اگر در محلی باشد که از نظر هندسی قطعه زاویه‌دار

^{۱۰}Magnetic test

^{۱۱}Torsion

باشد منجر به اعوجاج زاویه‌ای^{۱۲} می‌شود. در نظر بگیرید تغییر زاویه‌ای هرچند کوچک در قطعات بزرگ و طولیل چه ایراد اساسی در قطعه نهایی ایجاد می‌کند. حال اگر خط جوش در راستای طولی و یا عرضی قطعه باشد اعوجاج طولی و عرضی نمایان می‌شود. اعوجاج طولی و عرضی همان کاهش طول قطعه نهایی می‌باشد. این موارد هم بسیار حساس و مهم هستند. نوع دیگری از اعوجاج تاول زدن یا طبله کردن می‌باشد. بهترین راه برای رفع این ایراد جلوگیری از بروز آن می‌باشد. بعضی راه‌کارهای مقابله با اعوجاج عبارتند از:

- اندازه ابعاد را کمی بزرگ‌تر انتخاب کرده و بگذاریم هر چقدر که می‌خواهد در ضمن عملیات تغییر ابعاد و پیچیدگی در آن ایجاد شود. پس از خاتمه جوشکاری عملیات خاص نظیر ماشین‌کاری، حرارت دادن موضعی یا پرس‌کاری برای برطرف کردن تاب برداشتن و تصحیح ابعاد انجام می‌گیرد.
 - حین طراحی و ساخت قطعه با تدابیر خاصی اعوجاج را خنثی کنیم.
 - از تعداد جوش کمتر با اندازه کوچک‌تر برای بدست آوردن استحکام مورد نیاز استفاده شود.
 - تشدید حرارت و تمرکز آن بر حوزه جوش. در این صورت نفوذ بهتری داریم و نیازی به جوش اضافه نیست.
 - ازدیاد سرعت جوشکاری که باعث کمتر حرارت دیدن قطعه می‌شود.
 - در صورت امکان بالا بردن ضخامت چرا که در قطعات با ضخامت کم، اعوجاج بیشتر نمود دارد.
 - تا حد امکان انجام جوش در دو طرف کار حول محور خنثی انجام شود.
 - طرح مناسب لبه مورد اتصال می‌تواند تا حد زیادی از میزان اعوجاج بکاهد.
 - بکار بردن گیره و بست و نگه‌دارنده برای مهار کردن انبساط و انقباض ناخواسته در قطعه
- عوامل مهم بوجود آمدن اعوجاج عبارتند از:
- حرارت موضعی، شدت منبع حرارتی و روشی که این حرارت به کار رفته و همچنین نحوه سرد شدن.
 - درجه آزادی یا ممانعت بکار رفته برای جلوگیری از تغییرات انبساطی و انقباضی.
 - تنش‌های پسماند قبلی در قطعات و اجزا مورد جوش گاهی اوقات موجب تشدید تنش‌های ناشی از جوشکاری شده و در مواردی مقداری از این تنش‌ها را خنثی می‌کند.
 - خواص فلز قطعه کار

مراجع

- [۱]: روبرت اچ تاد- ترجمه مهندس اکبر شیرخورشیدیان، فرآیندهای تولید، نشر طراح، سال ۱۳۹۰
- [۲]: پویا نجم سهیلی- فرزاد نجم سهیلی، تکنولوژی روش‌های جوشکاری، نشر فدک ایستاتیس، سال ۱۳۹۰
- [۳]: فریبرز ناطق‌الهی- عباس رستمی، آزمایش‌های غیرمخرب، انتشارات نوپردازان، سال ۱۳۸۸
- [۴]: وبسایت رسمی انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران به آدرس: www.iwnt.com
- [۵]: وبسایت رسمی انجمن صنفی مهندسين جوش ایران به آدرس: www.w

نوشته: عباس قلی‌نژاد

¹²Angular distortion

اصطلاحات کاربردی رایج در اجرای پروژه‌های صنعتی

با گسترش پروژه‌های صنعتی بزرگ در کشور و توسعه شرکت‌های بزرگ پیمان‌کاری، گونه‌ای از فرهنگ لغات و اصطلاحات فنی بین کارشناسان و مدیران شرکت‌ها در حال رشد می‌باشد که آشنایی با آن‌ها اجتناب‌ناپذیر شده است. اگرچه این اصطلاحات سالیان متمادی در بین شرکت‌های بزرگ بین‌المللی و چند ملیتی رایج می‌باشد، اما به نظر می‌رسد که تنها در سال‌های اخیر در ایران فراگیر شده است و به نظر می‌رسد که در آینده تبدیل به زبان مشترک بسیاری از شرکت‌ها در سطوح کارشناسی و مدیریت پروژه خواهد شد. به هر حال آشنایی کلی با این اصطلاحات باعث هماهنگی و ایجاد ارتباط دو سویه با بسیاری از کارفرمایان خواهد بود.

۱- **پروژه EPC:** کلمه EPC برگرفته از حرف اول سه کلمه Engineering, Procurement, Construction و به

معنای مهندسی، تدارکات، اجرا می‌باشد. منظور از یک پروژه EPC، پروژه‌ای است که مراحل مهندسی، تدارکات و ساخت توسط یک پیمانکار انجام می‌گیرد. گاهی اوقات به این پروژه‌ها، پروژه‌های کلید در دست گفته می‌شود که منظور این است که پیمانکار کلیه مراحل مهندسی، خرید و اجرا را یکجا انجام می‌دهد و موضوع قرارداد را اصطلاحاً به صورت کلید در دست تحویل می‌دهد. بعضی از قراردادها به صورت PC می‌باشد که در آن، مراحل مهندسی توسط شرکت ثالثی انجام می‌گیرد. پروژه‌های ساخت پمپ هم یک نوع از پروژه EPC می‌باشد که مسئولیت مهندسی، ساخت و خرید پروژه بر عهده سازنده می‌باشد. مفهوم پروژه EPC یک مفهوم وسیع و پرکاربرد می‌باشد. واژه EPCF (F مخفف Finance) به پروژه‌هایی اطلاق می‌گردد که شرکت پیمانکار علاوه بر اجرای پروژه به صورت EPC، سرمایه‌گذاری (Finance) پروژه را نیز بر عهده دارد.

۲- **مدرک ITP:** این کلمه مخفف Inspection and Test Plan می‌باشد و معنی آن برنامه تست و بازرسی می‌باشد.

برای اجرای هر پروژه‌ای باید برنامه تست و بازرسی (ITP) تدوین نمود. یک ITP شامل جدولی است که انواع مراحل تست و بازرسی پروژه تا مرحله تحویل، در آن فهرست می‌شود و نحوه تعامل سازنده، خریدار، کارفرما و بازرس شخص ثالث در آن تعیین می‌شود. در مدرک ITP مشخص می‌شود که پروژه از مرحله شروع تا مرحله پایان در چه نقاطی و مطابق با چه استانداردها و مراجعی مورد ارزیابی و بازرسی قرار می‌گیرد. مثلاً تعیین می‌شود که تست هیدرواستاتیکی مطابق با استاندارد API 610 و در فشار ۶۰ بار به مدت ۳۰ دقیقه مطابق با مدرک رویه تست هیدرواستاتیکی، با حضور نماینده بازرس شخص ثالث به صورت حضوری تست شود و نتایج آن صرفاً به کارفرما گزارش شود و سازنده حق ندارد بدون حضور بازرس شخص ثالث قطعه مورد نظر را تست کند. تمامی این موارد با علائم مشخصه در مدرک ITP گزارش می‌شود.

۳- **مدرک QCP:** این کلمه مخفف Quality Control Plan یا گاهی اوقات Quality Control Procedure و به

معنی برنامه کنترل کیفی یا رویه کنترل کیفی می‌باشد. این مدرک ارتباط نزدیکی با ITP دارد و گاهی اوقات به آن مدرک QCP/ITP گفته می‌شود. در ITP نحوه تعامل طرف‌های درگیر در پروژه (خریدار، فروشنده، بازرس) در ارتباط با تست و بازرسی مشخص می‌شود. در QCP نحوه عملکرد فروشنده (سازنده) جهت برآوردن الزامات ITP نوشته می‌شود. QCP شامل تمامی رویه‌های جاری تست و بازرسی در کارخانه سازنده می‌باشد که نتیجه آن برآورده شدن الزامات ITP خواهد بود.

۴- **عبارت PIM:** این عبارت برگرفته از حرف ابتدایی سه کلمه Pre Inspection Meeting و به معنی جلسه

پیش‌بازرسی می‌باشد. در این جلسه نفرات کیفی درگیر در پروژه (خریدار، فروشنده، بازرس) با یکدیگر آشنا می‌شوند و در خصوص ITP و QCP به بحث و گفتگو می‌پردازند. نتیجه این جلسه تصویب مدارک ITP و QCP به عنوان راهنمای کلی بازرسی و تست پروژه می‌باشد.

۵- عبارت **Kick-off Meeting** یا **K.O.M**: این عبارت به معنی جلسه آغازین پروژه می‌باشد. پس از تبادل و امضا قرارداد از سوی طرفین، اولین جلسه فنی با حضور مدیران و کارشناسان ارشد پروژه به اسم K.O.M تشکیل می‌شود. در این جلسه مدیران و کارشناسان با یکدیگر آشنا می‌شوند و در خصوص مباحثی هم‌چون برنامه زمان‌بندی پروژه، نحوه تبادل مدارک و اسناد فنی، فرمت‌های قابل قبول پروژه، مدارک مورد نیاز در پروژه، نحوه تدارکات و ساخت پروژه و همچنین ITP/QCP به بحث و گفتگو می‌پردازند. نتیجه جلسه تصویب برنامه زمان‌بندی پروژه و تصویب مدارک مورد نیاز پروژه می‌باشد. در پایان جلسه تاریخ جلسه PIM مشخص می‌شود.

۶- عبارت **TPI**: این عبارت مخفف کلمه **Third Party Inspector** و به معنی بازرس شخص ثالث می‌باشد. بازرس شخص ثالث، شخص یا شرکتی است که در استخدام کارفرما می‌باشد و مأموریت آن بازرسی پروژه مطابق با مدرک ITP است. در واقع در موقعی که در ITP، حضور بازرس شخص ثالث ذکر شده باشد، بازرس در محل کارخانه سازنده حضور و تست‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. TPI بازوی اجرایی کارفرما جهت نظارت بر کیفیت ساخت پروژه می‌باشد.

۷- عبارت **Vendor**: عبارت وندور در اصطلاح پروژه به معنی فروشنده یا سازنده کالا می‌باشد.

۸- عبارت **Owner**: کلمه **Owner** در اصطلاح پروژه به معنی مالک اصلی پروژه می‌باشد.

۹- عبارت **Client**: کلمه **Client** در اصطلاح پروژه به معنی کارفرما می‌باشد. کارفرما می‌تواند مالک پروژه نباشد و صرفاً به نیابت از **Owner** مسئولیت اجرای کار را داشته باشد.

۱۰- عبارت **MC**: این عبارت به معنی مدیریت پیمان می‌باشد. کارفرما یا مالک پروژه می‌تواند مدیریت پیمان را به شخص یا شرکت دیگری واگذار کند و مسئولیت خود را صرفاً در حوزه‌های نظارتی محدود کند.

۱۱- عبارت **Main Contractor**: این عبارت به معنی پیمانکار اصلی می‌باشد. گاهی اوقات به آن **General Contractor** هم گفته می‌شود که به معنی پیمانکار عمومی پروژه می‌باشد. شرکت‌های پیمانکاری عمومی، وظیفه اجرای کل پروژه را بر عهده دارند. در پروژه‌های بزرگ که پیمانکار اصلی (پیمانکار عمومی) امکان اجرای تمامی بخش‌های پروژه را ندارد، پروژه را به قسمت‌های کوچک‌تر تقسیم می‌کند (اصطلاحاً جزیره) و هر جزیره را به پیمانکار جزء (**Sub Contractor**) واگذار می‌کند. پیمانکار جزء وظیفه اجرا و خرید تجهیزات پروژه را دارد.

مثال در خصوص بندهای فوق

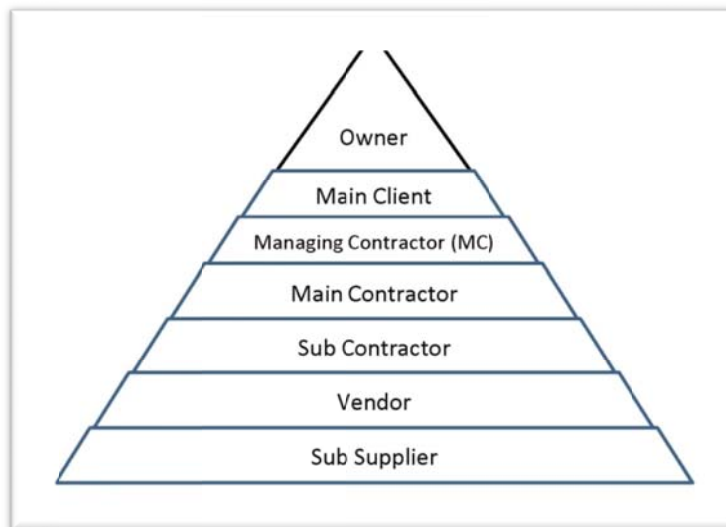
شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب قصد دارد میدان نفتی یادآوران را توسعه و استخراج نفت از این میدان را افزایش دهد. بدین منظور شرکت مهندسی و توسعه نفت را مأمور می‌کند تا اقدامات لازم را در این خصوص انجام دهد. شرکت مذکور با عقد قرارداد با شرکت ۱، وظیفه مدیریت پروژه را به ایشان واگذار می‌کند. شرکت ۱، با برگزاری مناقصه عمومی و طی تشریفات خاص و تحت نظارت شرکت مهندسی و توسعه نفت، پیمانکار اصلی پروژه را انتخاب می‌کند (شرکت ۲). پیمانکار اصلی پروژه وظیفه حفر چاه‌های نفت، استخراج نفت از چاه، ساخت و اجرای ابنیه و جاده‌های دسترسی، ساخت مخازن ذخیره نفت، احداث تلمبه‌خانه جهت پمپاژ نفت به پالایشگاه، احداث خطوط لوله مورد نیاز و مواردی نظیر آن. از آنجا که پیمانکار اصلی ممکن است تخصص، امکانات و ظرفیت اجرای تمامی موارد فوق را نداشته باشد و در واقع نتواند جبهه‌های کاری را هم‌زمان در نقاط مختلف ایجاد نماید، پروژه را به قسمت‌های کوچک‌تر تقسیم (جزیره) و از پیمانکاران کوچک‌تر و تخصصی‌تر جهت اجرا استفاده می‌کند. به عنوان مثال احداث تلمبه‌خانه را به شرکت ۳، واگذار می‌کند. احداث ساختمان اداری و پارکینگ را به شرکت ۴ واگذار می‌کند. شرکت ۳ جهت احداث تلمبه‌خانه می‌بایست تجهیزات را خریداری نماید. بنابراین با یک شرکت پمپ‌ساز (شرکت ۵) جهت ساخت پمپ‌ها قرارداد می‌بندد و برای ساخت

سیستم های کنترل و تابلو برق آن با یک شرکت تابلوساز (شرکت ۶) نیز قرارداد می بندد. شرکت پمپساز جهت ساخت پمپ خود می بایست مواد و مصالح اولیه را خریداری نماید. بنابراین با یک شرکت الکتروموتورساز (شرکت ۷) جهت ساخت الکتروموتور مورد نیاز پمپ، قرارداد می بندد.

تقسیم بندی نقش ها در مثال فوق:

شرکت	وظیفه
شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب	مالک پروژه – Owner
شرکت مهندسی و توسعه نفت	کارفرمای اصلی پروژه – Main Client
شرکت ۱ – مدیر پیمان	MC پروژه
شرکت ۲ – پیمانکار اصلی (پیمانکار عمومی)	Main Contractor
شرکت ۳ – پیمانکار فرعی (پیمانکار جزء)	Sub Contractor
شرکت ۴ – پیمانکار فرعی (پیمانکار جزء)	Sub Contractor
شرکت ۵ – سازنده پمپ	Vendor (کارفرمای وندور Sub contractor است)
شرکت ۶ – سازنده تابلو برق	Vendor (کارفرمای وندور Sub contractor است)
شرکت ۷ – سازنده الکتروموتور	Sub Supplier (کارفرما آن Vendor است)

در شکل زیر هرم اجرای پروژه دیده می شود. در پروژه های مختلف و بسته به اندازه آن، ممکن است این هرم کوچک تر و یا حتی بزرگ تر باشد. معمولاً بازرسین شخص ثالث در تمامی مراحل پروژه حضور دارند..



هرم اجرای پروژه

۱۲- عبارت AVL: این عبارت مخفف Approved Vendor List و به معنی لیست سازندگان مورد تأیید می باشد.

در هر پروژه، تمامی دستگاه های و تجهیزات می بایست از AVL پروژه که کارفرمای اصلی یا مالک پروژه مشخص می کند، خریداری شود. در واقع پیمانکاران اصلی و فرعی پروژه باید تجهیزات خود را مطابق با لیست AVL خریداری نمایند. حتی شرکت هایی که در AVL می باشند باید Sub Supplier هایی را انتخاب نمایند که در AVL پروژه باشند.

۱۳- **فرم Inspection Notification**: این عبارت در پروژه به معنی درخواست بازرسی می‌باشد. وندور با تکمیل و ارسال مدرک فوق به کارفرمای خود یا بازرس شخص ثالث اطلاع می‌دهد که آماده بازرسی می‌باشد. در این مدرک وندور اطلاعاتی در خصوص نوع بازرسی و شرح اقسام مورد بازرسی می‌دهد. مثلاً می‌گوید تعداد ۵ عدد حلزونی مربوط به شماره پمپ‌های فلان و فلان، آماده تست هیدرواستاتیکی در تاریخ فلان و در محل فلان می‌باشد. معمولاً یک هفته قبل از زمان بازرسی، می‌بایست این مدرک به کارفرما یا بازرس شخص ثالث ارسال گردد تا فرصت جهت هماهنگی وجود داشته باشد.

۱۴- **فرم Transmittal**: این فرم در پروژه زمانی کاربرد دارد که مدرک یا مدارکی را می‌خواهیم برای کارفرما ارسال نماییم. این فرم در واقع یک فرم کاور شیت می‌باشد که در آن لیست مدارکی که قصد ارسال آن است به همراه مشخصاتی مانند تعداد صفحات، شماره ویرایش، شماره مدرک و تاریخ ارسال در آن درج می‌شود. معمولاً هر پروژه فرم ترانسمیتال مخصوص به خود دارد که در جلسه K.O.M به وندور داده می‌شود.

۱۵- **عبارت WBS**: این عبارت مخفف سه کلمه Work Breakdown Schedule و به معنی برنامه زمان‌بندی شکست کار پروژه می‌باشد. معمولاً به صورت جدول یا نموداری است که در آن پروژه به مراحل مختلف شکسته می‌شود و مدت زمان اجرا و توالی کارها در آن نشان داده می‌شود. این فرم می‌تواند به وسیله نرم‌افزارهای مدیریت پروژه مانند MS Project یا Primavera (پریمورا) تهیه شود.

۱۶- **عبارت Progress Report**: به معنی گزارش پیشرفت کار پروژه می‌باشد که شامل مراحل کار انجام شده، مراحل کار مانده تا پایان پروژه، دلایل تأخیر در پروژه، برنامه جبرانی اجرای پروژه و همچنین برنامه اجرا در مرحله بعد پروژه می‌باشد. مطابق با نظر کارفرما، گزارشات پیشرفت پروژه در دوره‌های دو هفته‌ای یا ماهانه گزارش می‌شود.

۱۷- **عبارت VDL**: این عبارت مخفف سه کلمه Vendor Document List به معنی لیست مدارک وندور است. تمامی مدارکی که وندور در طول اجرای پروژه می‌بایست به کارفرما ارائه دهد در این مدرک نوشته و به تأیید کارفرما می‌رسد. البته لیست مدارک وندور در بسیاری از موارد با نام‌های گوناگونی نیز بیان می‌شود. برخی از این نام‌گذاری‌ها عبارتند از: VPI (Vendor Print Index Schedule) ، SDRL (Supplier Documents Requirements List) و عباراتی نظیر آن.

۱۸- **عبارت Expeditor**: این کلمه در پروژه به معنی تسریع‌کننده پروژه می‌باشد. در واقع Expeditor شخصی است که مسئول هماهنگی و تسریع‌کننده پروژه می‌باشد و مواردی که باعث اختلال در پیشرفت پروژه می‌شود را شناسایی و پیگیری‌های لازم را انجام می‌دهد.

۱۹- **عبارت Release Note**: این عبارت به معنی اجازه حمل کالا می‌باشد. در واقع Release Note مدرکی است که بازرس شخص ثالث (TPI) صادر می‌کند و معنی آن **حمل کالا بلا مانع می‌باشد**، است. در بسیاری از پروژه‌ها بدون داشتن Release Note اجازه حمل کالا به سایت وجود ندارد.

۲۰- **فرم NCR**: این کلمه مخفف سه کلمه Non Conformity Report و به معنی گزارش عدم تطابق می‌باشد. در جاهایی که کالا یا قطعه با مشخصات فنی یا استانداردهای مرجع تطابق نداشته باشد، این فرم تکمیل و گزارش می‌گردد. این فرم هم قابل استفاده در بخش QC شرکت سازنده می‌باشد و هم قابل استفاده توسط بازرسین شخص ثالث. در این فرم تأیید یا مرجوع بودن کالا یا قطعه و یا اقدامات اصلاحی گزارش می‌شود.

۲۱- **مدرک WPS و PQR**: کلمه WPS مخفف Welding Procedure Specification و به معنی مشخصات فنی رویه جوشکاری و کلمه PQR مخفف Procedure Qualification Record و به معنی رویه مهارت فنی در جوشکاری می‌باشد. WPS یک دستورالعمل نوشته شده می‌باشد که مسیر را برای جوشکار در اجرای

جوشکاری بر اساس کد یا استاندارد مورد نظر مشخص می‌کند. پس از تهیه WPS باید این مطلب ارزیابی شود که آیا با انجام جوشکاری بر اساس این WPS، جوش ایجاد شده مطابق با مشخصات جوش طراحی شده خواهد بود؟ به عبارت دیگر آیا می‌توان اهداف مورد نظر را برآورده سازد؟ از این روی باید WPS به بوته آزمایش گذاشته شود و این کار توسط تهیه مدرک PQR به انجام می‌رسد. هدف از انجام آزمایش‌های تأیید دستورالعمل جوشکاری آن است که نشان دهیم دستورالعمل جوشکاری تدوین شده جوشی سالم و با خواص مکانیکی مطلوب و قابل پذیرش در محدوده استاندارد مربوطه بوجود می‌آورد. نتیجه آزمایش‌ها در فرم خاصی ثبت می‌شود که به آن گزارش تأیید دستورالعمل جوشکاری می‌گویند. برای نوشتن WPS از استانداردهای ASME II و ASME XI استفاده می‌شود. ناگفته پیداست که تصویب WPS تنها خصوصیات جوش را تضمین می‌کند و نه مهارت جوشکار یا اپراتور جوشکاری را. چگونگی تأیید صلاحیت جوشکار در استاندارد یا کد مورد نظر با ذکر جزئیات ذکر شده است. فرآیند تأیید صلاحیت جوشکار که به کار او اعتبار می‌بخشد، Welder Performance Qualification (WPQ) یا Welder Qualification Record (WQR) گفته می‌شود.

۲۲- **کتابچه Final Book:** این کتابچه شامل تمامی مشخصات فنی محصول و به عنوان کتابچه نهایی کار می‌باشد و باید در پایان پروژه به کارفرما ارائه شود. به این کتابچه Final Technical Book، Final Dossier، Final Booklet، Book و مانند آن اطلاق می‌شود. در این کتابچه دیتاشیت‌های فنی محصولات، نقشه‌های اجرایی کار، لیست قطعات به همراه متریکال آن‌ها، دفترچه‌های نصب و راه‌اندازی، گزارشات تست، گواهی‌نامه‌های مواد و تجهیزات و گزارشات کنترل کیفی ارائه می‌شود.

۲۳- **عبارت BOM:** این عبارت مخفف Bill Of Material و به معنی لیست و فهرست متریکال قطعات می‌باشد. در مدرک Part List فهرست قطعات پمپ ارائه می‌شود و در کنار نام هر قطعه متریکال آن یا همان BOM ذکر می‌شود. گاهی اوقات به مدرک Part List مدرک Part List & BOM اطلاق می‌شود.

۲۴- **عبارت Comment:** این عبارت به معنی نقطه‌نظر یا اظهارنظر می‌باشد. معمولاً کارفرما نقطه نظرات و خواسته‌های خود را در مدارک به صورت Comment List ارائه می‌کند.

۲۵- **عبارت AFC:** این عبارت مخفف Approved For Construction و به معنی تأیید برای ساخت، می‌باشد. به حالتی از مدارک گفته می‌شود که توسط کارفرما جهت ساخت تأیید شده است. مثلاً نقشه‌های جانمایی دستگاه توسط کارفرما AFC شده است. یعنی این نقشه‌ها جهت ساخت مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

۲۶- **عبارت IFC:** این عبارت مخفف Issued For Comment و به معنی ارائه برای اظهار نظر، می‌باشد. به حالتی از مدارک گفته می‌شود که توسط سازنده جهت اظهارنظر کارفرما ارائه می‌شود. مثلاً نقشه‌های جانمایی دستگاه جهت اظهارنظر کارفرما ارائه شده است، که در ذیل نقشه عبارت IFC درج می‌شود. در صورتی که کارفرما نقطه‌نظر خاصی در مورد مدرک نداشته باشد، مهر AFC روی مدرک می‌زند.

۲۷- **عبارت IFI:** این عبارت مخفف Issued for Information و به معنی ارائه جهت اطلاع، می‌باشد. به حالتی از مدرک گفته می‌شود که صرفاً جهت اطلاع کارفرما تدوین شده است و نوع مدرک به گونه‌ای نیست که نقطه‌نظر کارفرما را بطلبد. مثلاً مدرک جدول وزن قطعات و تجهیزات.

۲۸- **عبارت Clarification:** این عبارت به معنی شفاف‌سازی می‌باشد. معمولاً در مراحل قبل از سفارش، کارفرما حین بررسی پیشنهادات فنی سازنده، جهت شفاف‌سازی مسائل و موارد اقدام به تهیه فرم Clarification می‌کند و سازنده با پاسخ به آن، موارد را شفاف‌سازی می‌کند. گاهی اوقات جلساتی با این نام (Clarification Meeting) برگزار می‌شود که معنی و مفهوم آن شفاف‌سازی موارد و موضوعات می‌باشد.

۲۹- عبارت **Tender**: این عبارت به معنای مناقصه می‌باشد. کارفرما جهت خرید کالاهای درخواستی از چند سازنده استعلام می‌گیرد. به این فرآیند مناقصه گفته می‌شود و سازندگان در واقع در مناقصه شرکت می‌کنند. مناقصه‌های رسمی که در روزنامه‌های کثیرالانتشار به چاپ می‌رسد تنها مربوط به مناقصه‌های دولتی می‌باشد و شرکت‌های خصوصی امکان درج آگهی مناقصه در روزنامه‌های کثیرالانتشار را ندارند. قانون مناقصات دولتی مصوب سازمان بازرسی کل کشور می‌باشد. شرکت‌های خصوصی که اقدام به برگزاری مناقصه (یا همان استعلام) می‌کنند از این قوانین مستثنی می‌باشند.

۳۰- عبارت **TQ**: این عبارت مخفف **Technical Query** می‌باشد. در مراحل پس از سفارش و به منظور شفاف-سازی مسائل در هنگام پروژه فرم **TQ** توسط کارفرما یا سازنده تهیه و پاسخ‌ها از طرف مقابل دریافت می‌شود.

۳۱- فرم **TBE**: این عبارت مخفف **Technical Bid Evaluation** و به معنی ارزیابی فنی پیشنهادات می‌باشد. پس از آن که کارفرما کلیه پیشنهادات فنی سازندگان مختلف را جمع‌آوری کرد و **Clarification** های مورد نیاز را انجام داد و آخرین ویرایش پیشنهادات از سازندگان اخذ گردید، به منظور یکسان‌سازی پیشنهادات، اقدام به تهیه فرم **TBE** می‌کند. در این فرم معیارهای مهم کارفرما (مانند دبی، هد، راندمان، نوع آب‌بندی و نظایر آن) فهرست می‌شود و پاسخ‌های دریافتی از سازندگان در جلو آن نوشته می‌شود و در نهایت به پیشنهادات تمامی سازنده‌ها، نمره داده می‌شود. نتیجه این فرم ارزیابی فنی سازندگان در مناقصه می‌باشد. گاهی اوقات به این فرم **TBA (Technical Bid Analysis)** نیز گفته می‌شود.

۳۲- عبارت **PO**: این عبارت مخفف **Purchase Order** یا همان سفارش خرید می‌باشد. کارفرما جهت خرید تجهیزات اقدام به تهیه **PO** می‌کند. در واقع **PO** همان قرارداد فی‌مابین کارفرما و سازنده می‌باشد.

۳۳- عبارت **Proforma**: این عبارت به معنی پیش‌فاکتور می‌باشد. گاهی اوقات به آن **Proforma Invoice** هم گفته می‌شود. در واقع همان پیشنهاد مالی فروشنده قبل از صدور سفارش می‌باشد.

۳۴- عبارت **Invoice**: این عبارت به معنی فاکتور یا صورت‌حساب فروش می‌باشد که پس از اتمام کار، فروشنده به خریدار تسلیم می‌کند.

۳۵- فرم **SPIR**: این اصطلاح مخفف **Spare Parts Interchangeability Record** و به معنی ثبت لوازم یدکی قابل جایگزینی با یکدیگر می‌باشد. این فرم در پروژه وقتی کاربرد دارد که سازنده لیست قطعات یدکی مورد نیاز محصولات پروژه را فهرست می‌کند و در این فرم مشخص می‌کند که کدامیک از لوازم یدکی‌ها در محصولات مختلف مشابه می‌باشد و قابل جایگزینی با یکدیگر می‌باشند. با تکمیل این فرم، خریدار از خرید لوازم یدکی اضافی اجتناب می‌کند.

۳۶- مدرک **MR**: این کلمه مخفف **Material Requisition** و به معنای درخواست خرید کالا می‌باشد. در بسیاری از پروژه‌ها، کارفرما شرح درخواست خرید خود را در مدرکی تحت عنوان **MR** بیان می‌کند. این مدرک یکی از مهم‌ترین مدارکی است که سازنده هنگام تهیه پیشنهاد فنی و مالی باید آن را مطالعه نماید. در این مدرک لیست تجهیزات مورد نیاز کارفرما، لیست مدارک و تست‌های مورد نیاز، لیست قطعات یدکی و همچنین اطلاعات مهمی در خصوص نحوه تهیه پیشنهادات ارائه می‌کند.

۳۷- مدرک **As Built**: ترجمه لغوی این کلمه به معنی **چون ساخت** می‌باشد. پس از آن که نقشه‌ها و مدارک به تأیید کارفرما می‌رسند (**AFC**)، نقشه‌ها و مدارک جهت ساخت اجرایی می‌شوند. در حین اجرا ممکن است به دلایل مختلف نقشه‌ها دچار تغییرات شوند. این تغییرات می‌بایست مجدداً به تأیید کارفرما برسند. در نهایت نقشه‌ها و مدارکی که دستگاه واقعاً بر اساس آن‌ها ساخته می‌شوند به آن مدارک **چون ساخت** گفته می‌شود و مهر **As Built** روی آن زده می‌شود.

۳۸- عبارت روتین تست **Routine Test**: تست‌های کارخانه‌ای می‌باشد که به صورت معمول بر روی محصولات انجام می‌گیرد. مثلاً اگر تمامی محصولات شرکت تست عملکرد هیدرولیکی می‌شوند، به این تست اصطلاحاً روتین تست گفته می‌شود.

۳۹- عبارت **Type Test**: تست‌های کارخانه‌ای می‌باشند که در طول بازه‌های زمانی مختلف در محصولاتی که خط تولید دارند، انجام می‌شود. مثلاً کارخانه الکتروموتورسازی که به طور هفتگی برخی از تست‌ها را در خط تولید خود انجام می‌دهد، گواهی‌نامه‌های **Type test** صادر می‌کند.

۴۰- عبارت **I.O.M**: این کلمه مخفف **Installation and Operating Manual** به معنی دفترچه نصب و بهره‌برداری می‌باشد. هر دستگاهی می‌بایست جهت نصب و راه‌اندازی ایمن، دفترچه **I.O.M** داشته باشد.

۴۱- عبارت **EX**: کلمه **EX** مخفف عبارت **Explosion** به معنی انفجار می‌باشد. الکتروموتور (یا هر تجهیز دیگر) که علامت **EX** داشته باشد بدین معنی است که قابلیت کاربرد در محیط‌های انفجاری دارد. در واقع تجهیزاتی که علامت **EX** بر روی آن‌ها (یا پلاک) درج نشده باشد، در محیط‌هایی که امکان انفجار وجود دارد (مانند پمپ بنزین) نباید مورد استفاده قرار گیرد.

۴۲- عبارت **Criteria**: این عبارت به معنی معیار و ضوابط می‌باشد. به عنوان مثال معیار **(Criteria)** پذیرش آزمون تست هیدرولیکی پمپ‌ها استاندارد **ISO 9906** می‌باشد.

۴۳- عبارت **Hold Point**: در اصطلاح پروژه به مرحله‌ای از پروژه اطلاق می‌گردد که گذر از آن منوط به تأییدیه کارفرما می‌باشد. مثلاً ممکن است ریخته‌گری قطعات در پروژه به صورت **Hold Point** باشد و بدون تأییدیه کارفرما، امکان عبور از آن و ماشین‌کاری قطعات وجود ندارد.

۴۴- عبارت **Witness Test**: این عبارت معنی تست شاهد می‌باشد و منظور از آن در پروژه نوعی از بازرسی و تست می‌باشد که به خریدار زمان آن اعلام می‌گردد و بدون حضور نماینده خریدار، امکان تست وجود ندارد.

۴۵- عبارت **Observed Test**: گونه‌ای از تست محصول است که به تشخیص مشتری به رویت آن خواهد رسید. زمان انجام تست از طرف سازنده به خریدار اعلام می‌گردد. در صورتی که خریدار در زمان مذکور حضور نیابد، تست توسط سازنده انجام و نتایج آن جهت تأیید به مشتری ارائه می‌گردد. در واقع عدم حضور کارفرما باعث تعویق زمان تست نمی‌شود.

۴۶- عبارت **MTO**: این کلمه مخفف **Material Take-Off** و در اصطلاح به معنی تهیه فهرست اقلام مورد نیاز جهت خرید یا ساخت در پروژه می‌باشد. به عبارت دیگر همان متره یا برآورد احاد و حجم کالای مورد نیاز می‌باشد. در پروژه‌های بزرگ و پیچیده که حجم تدارکات و ساخت بسیار بالا می‌باشد، تهیه صحیح **MTO** باعث سرعت بخشیدن به کار می‌شود. **MTO** را نباید با **Part List** اشتباه گرفت. اگرچه مدرک **Part List** بسیار کامل‌تر از **MTO** می‌باشد، اما در پروژه‌هایی که شامل تنوع محصول و قطعات می‌باشد، **MTO** کمک می‌کند که قطعات مشابه در محصولات مختلف شناسایی و درخواست خرید یک‌جا صادر گردد. به عنوان مثال تصور کنید که یک پروژه با تعداد ۱۰ دستگاه پمپ به همراه لوازم یدکی، ممکن است شامل ۵ سری بلبرینگ یکسان و ۳ سری حلزونی یکسان باشد، این موضوع در پارت لیست هر محصول نشان داده می‌شود، اما با تهیه مدرک **MTO**، قطعات یکسان مشخص و فهرست کاربردی‌تری از قطعات مورد نیاز پروژه جهت درخواست خرید یا دستور ساخت بدست می‌آید. تهیه **MTO** تلفیقی از علم و هنر است و مدیران با تجربه برنامه‌ریزی پروژه به خوبی از مزایای آن استفاده می‌کنند.

۴۷- مدرک **FAT**: این کلمه مخفف **Factory Acceptance Test** و به معنی آزمون پذیرش کارخانه‌ای می‌باشد. در واقع مدرکی است که در آن نحوه (رویه) تست دستگاه جهت پذیرش دستگاه در کارخانه سازنده بیان می‌-

شود. به عبارت دیگر در این مدرک تمامی تست‌ها و آزمون‌هایی که مطابق با مدرک ITP و استانداردهای مرجع می‌بایست بر روی محصول انجام گیرد، به همراه اعداد مرجع و تلرانس‌های مجاز، گزارش می‌گردد. مطابق مدرک FAT محصول مورد نظر تنها پس از گذراندن تست‌ها و آزمون‌های مندرج در این مدرک، قابلیت پذیرش از سوی مشتری (کارفرما) را دارد.

نوشته: رسول پایدار نوبخت

استاندارد API 610

(ویرایش یازدهم سال ۲۰۱۰)

این مقاله که به صورت اختصاصی در بخش تحقیق و توسعه این شرکت گردآوری شده است، ترجمه کاملی از استاندارد استاندارد استاندارد API 610 ویرایش یازدهم سال ۲۰۱۰ میلادی می‌باشد که به دلیل حجم بالای آن، در چند شماره از فصل-نامه به چاپ می‌رسد. امید است که این مقاله بتواند کمکی به شناخت هرچه بیشتر این استاندارد توسط صنعت‌گران این مرز و بوم شود.

پمپ‌های سانتریفیوژ برای صنایع نفت، پتروشیمی و گاز طبیعی

Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries

استاندارد API 610 (ویرایش ۱۱، سپتامبر ۲۰۱۰)

۱. دامنه و هدف

این استاندارد جهانی، الزاماتی را برای پمپ‌های سانتریفیوژ، شامل پمپ‌هایی که در جهت عکس به عنوان توربین‌های بازیابی توان هیدرولیکی، جهت استفاده در سرویس‌های فرآیندهای صنایع نفت، گاز و پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تعریف می‌کند.

این استاندارد جهانی برای تمامی پمپ‌های یک‌سر آویخته، پمپ‌های با یاتاقان میانی و پمپ‌های معلق عمودی به کار می‌رود (به جدول ۱ مراجعه شود). بند ۹ الزامات جهت انواع پمپ‌های خاص را بیان می‌دارد. دیگر بندهای این استاندارد جهانی، برای تمامی انواع پمپ‌ها کاربردی می‌باشند. شکل انواع مختلف پمپ‌ها و تعاریف مربوط به هریک را در ادامه مشاهده می‌نمایید. تجربه صنایع فعال وابسته در این زمینه نشان می‌دهد که پمپ‌های تولید شده مطابق با این استاندارد، در شرایطی که سیال پمپ‌شونده از یکی از شرایط زیر تجاوز کند، مقرون به صرفه می‌باشد:

- فشار تخلیه: ۱۹۰۰ کیلوپاسکال (۲۷۵ پوند بر اینچ مربع، ۱۹۰ بار)
- فشار مکش: ۵۰۰ کیلوپاسکال (۷۵ پوند بر اینچ مربع، ۵۰ بار)
- دمای پمپاژ: ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد (۳۰۰ درجه فارنهایت)
- سرعت چرخش: ۳۶۰۰ دور بر دقیقه
- هد نامی کل: ۱۲۰ متر (۴۰۰ فوت)
- قطر پروانه، پمپ‌های یک‌سر آویخته ۳۳۰ میلی‌متر (۱۳ اینچ)

یادآوری: برای پمپ‌های بدون آب‌بند، مرجع استاندارد API 685 و برای پمپ‌های با کاربری بسیار سنگین مورد استفاده در صنایعی به جز نفت، پتروشیمی و گاز، استاندارد مرجع استاندارد ایزو ۹۹۰۵ می‌باشد.

۳. تعاریف و اصطلاحات

در این سند، تعاریف و اصطلاحات زیر به کار می‌روند.

۳.۱. دونیمه محوری (axially split)

دو نیمه با یک اتصال اصلی موازی با خط مرکز شفت.

۳.۲. منطقه عملیاتی مجاز (allowable operating region)

قسمتی از ناحیه هیدرولیکی تحت پوشش پمپ که پمپ در آن مجاز به عملیات می‌باشد، بر اساس ارتعاشات در چارچوب حد بالایی استاندارد جهانی یا افزایش دما یا محدودیت‌های دیگری که توسط سازنده تعریف می‌شود.

۳.۳. پمپ‌های دو پوسته (barrel pump)

پمپ‌های افقی از نوع دو پوسته می‌باشند.

۳.۴. سیال مانع (barrier fluid)

سیالی با منبع خارجی با فشاری بالاتر از فشار محفظه آب‌بند پمپ، مورد استفاده در ترکیب آب‌بندی شماره ۳ (آب‌بند مکانیکی دابل تحت فشار)، جهت عایق‌سازی کامل سیال پمپ‌شونده از محیط به کار می‌رود.

۳.۵. نقطه بهترین کارایی (BEP) (best efficiency point)

نرخ جریان است که در آن پمپ به بالاترین کارایی خود در قطر نامی پروانه می‌رسد.

یادآوری: نرخ جریان در نقطه بهترین کارایی در بیشترین قطر پروانه جهت تعیین سرعت مخصوص پمپ و سرعت مخصوص مکش پمپ مورد استفاده قرار می‌گیرد. نرخ جریان در نقطه بهترین کارایی در قطرهای پروانه کمتر، متشابه از مقادیر آن در قطر پروانه بیشینه، کاهش می‌یابد.

۳.۶. سیال میانجی (buffer fluid)

سیالی با منبع خارجی در فشاری پایین‌تر از فشار محفظه آب‌بند پمپ است که به عنوان روان‌کار و/یا ماده رقیق‌کننده در ترکیب آب‌بندی شماره ۲ (آب‌بند مکانیکی دابل بدون فشار) به کار می‌رود.

۳.۷. المان‌های کارتریجی (cartridge-type element)

به مونتاژ تمامی قسمت‌های پمپ به جز پوسته گفته می‌شود.

۳.۸. خشکی و سختی معمول (classically stiff)

توسط اولین سرعت بحرانی خشک بالاتر از بیشینه سرعت مداوم پمپ، به صورت زیر مشخص می‌شود:

- ۲۰ درصد برای روتورهای طراحی شده جهت عملکرد تنها با سیال عامل
- ۳۰ درصد برای روتورهای طراحی شده با توانمندی عملکرد در شرایط خشک (بدون سیال عامل)

۳.۹. سرعت بحرانی (critical speed)

سرعت چرخشی محور در شرایطی که سیستم یاتاقان حمایت‌کننده از آن در حالت رزونانس باشد.

۳.۱۰. ارتفاع مبنا (datum elevation)

ارتفاعی که مقادیر هد مکش مثبت خالص (NPSH) به آن مربوط می‌شود.

۳.۱۱. طراحی (design)

پارامترهای محاسبه شده توسط سازنده می‌باشد.

یادآوری: اصطلاح طراحی می‌تواند توسط سازنده تجهیزات در تشریح پارامترهایی چون توان طراحی، فشار طراحی، دمای طراحی یا سرعت طراحی مورد استفاده قرار گیرد. این اصطلاح باید تنها توسط سازنده تجهیزات مورد استفاده قرار گرفته و نباید در تعاریف انجام شده توسط خریدار مورد استفاده قرار گیرد.

۳.۱۲. محفظه دابل (double casing)

نوعی از ساختار پمپ که در آن پوسته تحت فشار از المان‌های پمپاژ موجود در پوسته جدا می‌باشد.

یادآوری: المان‌های پمپاژ شامل دیفیوزرها، دیافراگم‌ها، پوسته‌ها (bowls) یا پوسته‌های داخلی حلزونی می‌شوند.

۳.۱۳. سلسله تجهیزات راه‌اندازی (drive-train component)

اقلامی از تجهیزات به کار رفته به صورت سری، جهت راه‌اندازی پمپ.

به عنوان مثال: موتور، گیربکس، توربین، موتور، رانش توسط سیال، کلاچ.

۳.۱۴. سرعت بحرانی خشک (dry critical speed)

سرعت بحرانی محاسبه شده روتور با فرض عدم وجود اثرات سیال و این که روتور تنها توسط یاتاقان‌های خودش حمایت شده و یاتاقان‌ها با سختی و استحکام نامحدودی باشند.

- ۳.۱۵. پمپ نیمه‌ساخته (element bundle)
مونتاژ روتور به علاوه قطعات ثابت داخلی یک پمپ سانتریفیوژ می‌باشد.
- ۳.۱۶. توربین بازیابی توان هیدرولیکی (hydraulic power recovery turbine) (HPRT)
توربوماشینی است که جهت بازیابی توان از جریان سیال طراحی شده است.
- ۳.۱۷. یاتاقان هیدرودینامیکی (hydrodynamic bearing)
یاتاقانی است که از قوانین روان کاری هیدرودینامیکی بهره می‌برد.
- ۳.۱۸. پمپ یکسان و همانند (identical pump)
پمپ‌هایی با ابعاد، طراحی هیدرولیکی، تعداد طبقات، سرعت چرخشی، فواصل، نوع آب‌بند (رویه و سطح محوری یا غلاف تفکیک‌پذیر)، نوع یاتاقان، جرم کوپلینگ، میزان برآمدگی و آویختگی کوپلینگ و سیال پمپ شونده یکسان را گویند.
- ۳.۱۹. بیشینه سرعت مجاز (maximum allowable speed)
بالاترین سرعتی که طراحی سازنده در آن اجازه عملکرد مداوم را به پمپ می‌دهد.
- ۳.۲۰. بیشینه دمای مجاز (maximum allowable temperature)
بالاترین دمای مداومی که سازنده در آن پمپی را طراحی کرده (یا هر قسمت مربوط به آن)، که این پمپ سیال تعریف‌شده‌ای را در بیشینه فشار عملیاتی تعریف‌شده (شامل آب‌بند مکانیکی نمی‌شود)، پمپاژ کند.
- ۳.۲۱. بیشینه فشار کاری مجاز (maximum allowable working pressure) (MAWP)
بیشینه فشار مداوم که سازنده، پمپ (یا هر اصطلاحی که به این موضوع مربوط می‌شود) را برای آن طراحی می‌کند، که این پمپ سیال تعریف‌شده‌ای را در بیشینه دمای عملیاتی تعریف‌شده (شامل آب‌بند مکانیکی نمی‌شود)، پمپاژ کند.
- ۳.۲۲. بیشینه فشار تخلیه (maximum discharge pressure)
فشار مخصوص مکش بیشینه به علاوه بیشینه اختلاف فشار پمپ مجهز به پروانه به هنگام کارکرد در سرعت نامی با سیالی تعریف‌شده با دانسیته نسبی نرمال (گران‌ش مخصوص) می‌باشد.
- ۳.۲۳. بیشینه فشار دینامیکی آب‌بندی (maximum dynamic sealing pressure)
بالاترین فشار مورد انتظار در آب‌بند در خلال هر نوع شرایط عملیاتی تعریف‌شده و در خلال استارت پمپ و خاموش کردن آن می‌باشد.
- یادآوری: هر دو فشار استاتیکی و دینامیکی آب‌بند، جهت انتخاب نوع آب‌بند مکانیکی، دارای اهمیت فراوانی می‌باشند. این پارامترها وابسته به فشار مکش پمپ، نقطه کاری و لقی‌های پمپ می‌باشد. این پارامترها همچنین توسط فشار فلاش (سیفون) آب‌بند تحت تاثیر قرار می‌گیرند. این فشار توسط فروشنده آب‌بند تعیین می‌شود. به استانداردهای ایزو ۲۱۰۴۹ یا ANSI/API Std682/ISO 21049 مراجعه شود.
- ۳.۲۴. بیشینه دمای عملیاتی (maximum operating temperature)
بالاترین دمای سیال پمپ‌شونده، شامل شرایط غیر طبیعی و بر عکس که پمپ تحت آن‌ها قرار می‌گیرد.
- یادآوری: این دما باید برای فروشنده آب‌بند تعریف شود. به استانداردهای ایزو ۲۱۰۴۹ یا ANSI/API Std682/ISO 21049 مراجعه شود.
- ۳.۲۵. بیشینه فشار استاتیکی آب‌بندی (maximum static sealing pressure)
بالاترین فشاری (به استثنای فشاری که در خلال تست هیدرواستاتیک با آن مواجه می‌باشیم) که آب‌بند در حین خاموش بودن پمپ می‌تواند در معرض آن قرار گیرد.
- ۳.۲۶. بیشینه فشار مکش (maximum suction pressure)
بالاترین فشار مکشی که پمپ در خلال عملکرد خود، در معرض آن قرار می‌گیرد (غیرگذرا، شامل ضربه قوچ یا آبدنگی نمی‌شود).

۳.۲۷. کمینه سرعت مجاز (minimum allowable speed)

پایین ترین سرعتی که طراحی سازنده اجازه عملکرد مداوم را به پمپ می دهد.
یادآوری: سرعت براساس دور در دقیقه بیان می شود.

۳.۲۸. کمینه جریان مداوم پایدار (minimum continuous stable flow)

کمترین جریانی که پمپ در آن می تواند بدون تجاوز از حدود ارتعاشاتی وضع شده توسط این استاندارد، کار کند.

۳.۲۹. کمینه جریان مداوم حرارتی (minimum continuous thermal flow)

کمترین جریانی که پمپ در آن می تواند بدون آن که عملکردش متاثر از افزایش دمای سیال پمپ شده مختل شود، فعالیت کند.

۳.۳۰. کمینه دمای طراحی فلز (minimum design metal temperature)

کمترین دمای متوسط فلز (در طول ضخامت فلز) که در شرایط عملیاتی مورد انتظار می باشد، شامل عملکرد معکوس، خودسردسازی و دمای محیط پیرامون که تجهیزات برای آن طراحی شده اند.

۳.۳۱. پمپ های چندطبقه (multistage pump)

پمپ هایی با تعداد طبقات ۳ یا بیشتر را گویند.

۳.۳۲. ابعاد نامی لوله (nominal pipe size) (NPS)

اسمی که معمولاً با یک اندازه نشان دهنده ابعاد همراه بوده و معمولاً با قطر خارجی یک لوله متناظر می باشد.
یادآوری: این پارامتر عموماً در واحد اینچ بیان می شود.

۳.۳۳. هد مکش مثبت خالص (net positive suction head) (NPSH)

هد مطلق ورودی کل که بالاتر از هدی معادل با فشار بخار متناسب با سطح مبنای NPSH باشد.
یادآوری: این پارامتر بر حسب متر (فوت) هد سیال پمپ شده بیان می شود.

۳.۳۴. هد مکش مثبت خالص در دسترس (net positive suction head available) (NPSHA)

پارامتر NPSH تعیین شده به وسیله خریدار برای سیستم پمپاژ با سیال مورد نظر در دبی نامی و دمای پمپاژ نرمال می باشد.

۳.۳۵. هد مکش مثبت خالص مورد نیاز (net positive suction head required) (NPSH3)

پارامتر NPSH که سبب ۳ درصد افت هد (هد اولین طبقه در پمپ های چند طبقه) شده و توسط فروشنده و به وسیله تست با آب تعیین می شود.

۳.۳۶. نقطه عملیاتی نرمال (normal operating point)

نقطه ای که در آن انتظار می رود پمپ تحت شرایط عملکردی عادی و نرمال خود فعالیت کند.

۳.۳۷. اجزای سایشی معمولی (normal-wear part)

اجزایی که در هر بار تعمیر و پیاده و سوار کردن کلی قطعات پمپ (overhaul)، تعمیر یا تعویض می شوند.
به عنوان مثال: رینگ های سایشی، بوش و غلاف بین طبقاتی، تجهیزات بالانس، بوش و غلاف گلوگاهی، سطوح آب بند، یاتاقان-ها و واشرها.

۳.۳۸. بازرسی مشاهده ای، تست مشاهده ای (observed inspection or test)

بازرسی یا تست های مشاهده ای تست هایی می باشند که در آن ها خریدار نیازمند یادآوری زمان بازرسی یا تست می باشد اما بازرسی یا تست بر اساس برنامه زمان بندی انجام می شود بدون در نظر گرفتن حضور یا عدم حضور خریدار یا نماینده خریدار.

۳.۳۹. روان کاری پاششی روغن (oil-mist lubrication)

روان کاری است که به وسیله پاشش روغن و از طریق اتمایز کردن (تبدیل به ذرات ریز کردن) و انتقال به محفظه های یاتاقان، یا محفظه های ثابت سیستم، توسط هوای فشرده صورت می گیرد.

۳.۴۰. منطقه عملیاتی (operating region)

- قسمتی از منطقه هیدرولیکی تحت پوشش پمپ که پمپ در آن فعالیت می‌کند.
- ۳.۴۱. پمپ آویخته (overhung pump)
- پمپی است که پروانه آن بر یک شفت یک سر آزاد که سر دیگری با یک مجموعه یاتاقان درگیر است، سوار شده است.
- ۳.۴۲. منطقه عملیاتی دلخواه (preferred operating region)
- قسمتی از منطقه هیدرولیکی تحت پوشش پمپ که در آن ارتعاشات پمپ، در حد پایینی استاندارد جهانی می‌باشد.
- ۳.۴۳. پوسته تحت فشار (pressure casing)
- ترکیبی از تمامی قسمت‌های ثابت تحت فشار پمپ، شامل نازل‌ها، پوسته آب‌بند (گلند آب‌بند)، محفظه آب‌بند و اتصالات کمکی به استثنای اجزای ثابت و چرخشی آب‌بندهای مکانیکی می‌باشند.
- یادآوری: قسمت‌هایی از پوسته آب‌بند، سیستم فلاشینگ آب‌بندی و دریچه‌ها، شیرها و لوله‌کشی‌های کمکی که تحت فشار اتمسفریک می‌باشند، جزء قسمت‌های تحت فشار نمی‌باشند.
- ۳.۴۴. خریدار، سفارش‌دهنده (purchaser)
- مالک یا نماینده آن که سفارش و مشخصات آن را به فروشنده ارسال می‌نماید.
- ۳.۴۵. روان‌کاری پاششی روغن خالص (pure oil-mist lubrication)
- (مخزن خشک) سیستمی که در آن پاشش هم یاتاقان‌ها را روان‌کاری کرده و هم محفظه یاتاقان را پاک‌سازی کرده و هیچ سطح روغنی در مخزن باقی نمی‌گذارد.
- ۳.۴۶. پاک‌سازی روان‌کاری پاششی روغن (purge oil mist lubrication)
- سیستمی که در آن پاشش تنها محفظه یاتاقان را پاک‌سازی می‌نماید.
- ۳.۴۷. دو نیمه شعاعی (radially split)
- دو نیمه با یک اتصال اصلی عمود بر خط مرکز شفت می‌باشند.
- ۳.۴۸. نقطه عملیاتی مجاز (rated operating point)
- نقطه‌ای که در آن فروشنده عملکرد پمپ را در تیرانس بیان شده در این استاندارد، تایید و گواهی می‌کند.
- یادآوری: معمولاً نقطه عملیاتی مجاز، نقطه عملیاتی با بالاترین دبی تعریف می‌شود.
- ۳.۴۹. چگالی نسبی (relative density)
- گرانث خاص (specific gravity)
- خصوصیتی از سیال است که به صورت نسبت چگالی سیال به چگالی آب در دمای استاندارد، بیان می‌شود.
- یادآوری: دمای استاندارد ۴ درجه سانتی‌گراد (۳۹.۲ فارنهایت) می‌باشد.
- ۳.۵۰. روتور (rotor)
- مونتاز تمامی قسمت‌های چرخنده یک پمپ سانتریفیوژ می‌باشد.
- ۳.۵۱. پمپ مشابه (similar pump)
- پمپی است که توسط توافق‌نامه‌ای بین خریدار و سازنده که تایید می‌کند پمپ آن قدر تشابه دارد که نیازی به آنالیزهای جانبی ندارد، مورد تایید قرار می‌گیرد، با فرض فاکتورهای فهرست شده در مورد پمپ یکسان و همانند (۳.۱۸).
- ۳.۵۲. سرعت مخصوص (specific speed)
- مشخصه‌ای است که دبی، هد کل و سرعت چرخشی پمپ‌های با ابعاد یکسان را به یکدیگر مرتبط می‌سازد.
- ۳.۵۳. طبقه (stage)
- به یک پروانه و دیفیوزر مرتبط با آن و کانال برگشت (در صورت نیاز) گفته می‌شود.
- ۳.۵۴. سرعت مخصوص مکش (suction-specific speed)
- مشخصه‌ای که دبی، $NPSH_3$ و سرعت چرخشی پمپ‌های با ابعاد یکسان را به یکدیگر مرتبط می‌سازد.

۳.۵۵. بوش گلوگاهی (throat bushing)

قطعه‌ای است که یک لقی بسیار کم و محدودی را حول غلاف محور (یا محور) بین آب‌بند یا آب‌بند داخلی کارتریج یک آب‌بند دوتایی و پروانه ایجاد می‌کند.

۳.۵۶. خواندن شاخص کل (total indicator reading) (TIR)

انحراف نشان‌داده کل، خروج از مرکز (total indicated runout) (TIR)

اختلاف بین بیشینه و کمینه خوانده شده از روی نشان‌گر عقبه‌ای یا تجهیزاتی مشابه، که یک سطح یا سطح استوانه‌ای را در خلال یک گردش کامل از سطح مورد بازرسی، بازرسی می‌نماید.

یادآوری: برای یک سطح استوانه‌ای کامل، قرائت نشان‌گر اشاره بر یک لنگی (خروج از مرکز) معادل با نصف قرائت دارد. برای یک سطح کاملاً مسطح، قرائت نشان‌گر یک خروج از چهارگوش برابر با قرائت را ارائه می‌دهد. در صورتی که قطر مورد نظر به طور کامل استوانه‌ای یا مسطح نباشد، تفسیر واژه TIR بسیار پیچیده بوده و می‌تواند بیضوی بودن و کج بودن را ارائه دهد.

۳.۵۷. سرعت گردش (trip speed)

(دراپورهای با موتور الکتریکی) سرعت دراپور موتور الکتریکی سنکرون در بیشینه فرکانس تغذیه می‌باشد.

۳.۵۸. سرعت گردش (trip speed)

(دراپورهای با سرعت متغیر) سرعت دراپورهای با سرعت متغیر که در آن یک وسیله مستقل اضطراری با سرعت بیش از اندازه، جهت خاموش کردن دراپور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳.۵۹. مسئولیت واحد (unit responsibility)

مسئولیت هماهنگی مستندسازی، حمل و زوایای فنی تجهیزات و تمامی سیستم‌های جانبی که در دامنه سفارش می‌باشند، می‌باشد.

یادآوری: زوایای فنی شامل فاکتورهایی چون الزامات توان، سرعت، چرخش، چینش‌های کلی، کوپلینگ‌ها، دینامیک، روان-کاری، سیستم آب‌بندی، گزارشات تست مواد، ابزار دقیق، لوله‌کشی، مطابقت تعاریف و تست اجزا شده و همچنین محدود به این فاکتورها نیز نمی‌گردد.

۳.۶۰. فروشنده، تامین‌کننده (vendor)

سازنده یا عامل سازنده که وسیله را تامین نموده و به صورت معمول پاسخ‌گوی خدمات پشتیبانی نیز می‌باشد.

۳.۶۱. پمپ‌های در خط عمودی، پمپ‌های خطی عمودی (vertical in-line pump)

پمپ‌های تک‌طبقه آویخته با محور عمودی که اتصالات مکش و تخلیه دارای خط مرکزی معمول می‌باشند که با خط مرکز محور متقاطع می‌باشند.

یادآوری: مدل‌های VS6 و VS7 جزو پمپ‌های در خط محسوب نمی‌شوند.

۳.۶۲. پمپ‌های معلق عمودی، پمپ‌های شفت و غلافی (vertically suspended pump)

یک پمپ با محور عمودی است که انتهای مکش آن از صفحه و ستون نصب پمپ جدا بوده و معلق می‌باشد.

یادآوری: انتهای مکش این پمپ‌ها عموماً در سیال پمپ‌آژ غوطه‌ور می‌باشند.

۳.۶۳. سرعت بحرانی خیس (wet critical speed)

سرعت بحرانی محاسبه شده روتور با فرض تحریک و دمپینگ‌های تولید شده توسط سیال پمپ‌شده در لقی‌های عملیاتی داخلی، در شرایط عملیاتی که اجازه دمپینگ و انعطاف‌پذیری را در یاتاقان‌ها می‌دهد.

۳.۶۴. تست شاهد (witnessed test)

بازرسی شاهد (witnessed inspection)

تست یا بازرسی است که زمان تست یا بازرسی به خریدار یادآوری شده و یک توقف جهت حضور خریدار یا نماینده او در تست یا بازرسی در نظر گرفته می‌شود.

۴. کلیات

۴.۱. مسئولیت واحد

مگر در موارد مشخص شده دیگر، فروشنده پمپ باید مسئولیت واحد را داشته باشد. فروشنده پمپ باید تضمین کند که تمامی فروشندگان فرعی مطابق با الزامات این استاندارد بین‌المللی و تمامی اسناد مرجع می‌باشند.

۴.۲. طبقه‌بندی و تعاریف

۴.۲.۱. شرح علائم

پمپ‌های شرح داده شده در این استاندارد بین‌المللی، به وسیله علائم و کدهایی شرح و طبقه‌بندی شده‌اند که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- شناسایی نوع طبقه‌بندی پمپ

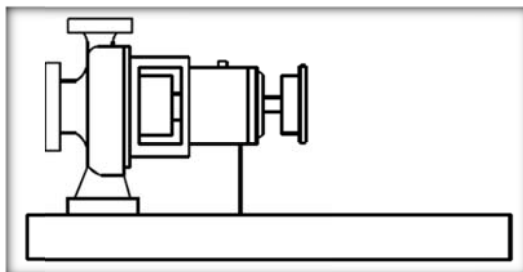
نوع پمپ ^(a)			جهت		کد نوع
پمپ سانتریفیوژ	آویخته	کوپل شده به صورت انعطاف-پذیر	افقی	پایه‌دار	OH1
				هم‌راستا با الکتروموتور	OH2
		کوپل شده به صورت صلب	خطی عمودی با پایه یا تاقان	-	OH3
				-	OH4
		بدون کوپلینگ	خطی عمودی	-	OH5
				سرعت بالا و گیربکسی	OH6
	یاتاقان میانی	یک یا دو طبقه	دو نیمه محوری	-	BB1
			دو نیمه شعاعی	-	BB2
		چند طبقه	دو نیمه محوری	-	BB3
			دو نیمه شعاعی	پوسته تک	BB4
				پوسته دویل	BB5
	شفت و غلافی (معلق عمودی)	پوسته تک	تخلیه از داخل غلاف اصلی پمپ	دیفیوژر	VS1
				حلزونی	VS2
			تخلیه جدا	جریان محوری	VS3
				محور چند تکه‌ای	VS4
				محور یک تکه	VS5
		پوسته دویل	دیفیوژر	-	VS6
			حلزونی	-	VS7

^(a): اشکال انواع پمپ‌های مذکور در بند ۴.۲.۲ گردآوری شده‌اند.

۴.۲.۲. علائم و تعاریف پمپ‌ها

۴.۲.۲.۱. پمپ مدل OH1

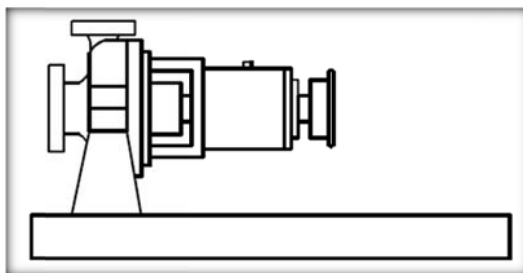
تمامی پمپ‌های تک‌طبقه آویخته و پایه‌دار باید به در زمره پمپ‌های مدل OH1 قرار گیرند. (این مدل تمامی الزامات این استاندارد بین‌المللی را ارضاء نمی‌کند، به جدول شماره ۳ مراجعه شود)



شکل ۱- پمپ مدل OH1

۴.۲.۲.۲. پمپ مدل OH2

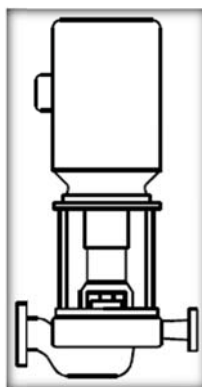
تمامی پمپ‌های آویخته تک طبقه که هم‌راستا با الکتروموتور نصب می‌شوند در زمره پمپ‌های مدل OH2 قرار می‌گیرند. این نوع پمپ‌ها یک محفظه یاتاقان تک، جهت جذب تمامی نیروهای وارده بر روی محور پمپ و ثابت نگاه‌داشتن محل روتور در حین کارکرد پمپ، دارند. این نوع از پمپ‌ها بر روی شاسی سوار شده و به صورت انعطاف‌پذیر با درایور (الکتروموتور) خود کوپل می‌شوند.



شکل ۲- پمپ مدل OH2

۴.۲.۲.۳. پمپ مدل OH3

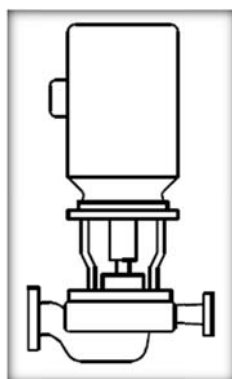
تمامی پمپ‌های تک‌طبقه، آویخته، عمودی خطی با پایه یاتاقان جدا باید در زمره پمپ‌های مدل OH3 قرار گیرند. این نوع پمپ‌ها یک محفظه یاتاقان یک‌پارچه با پمپ دارند که تمامی بارهای وارد بر پمپ را جذب می‌کنند. عموماً درایور این نوع پمپ‌ها بر روی پایه‌ای یه صورت یک‌پارچه با پمپ، قرار می‌گیرند. پمپ و درایور آن به صورت انعطاف‌پذیر کوپل می‌شوند.



شکل ۳- پمپ مدل OH3

۴.۲.۲.۴. پمپ مدل OH4

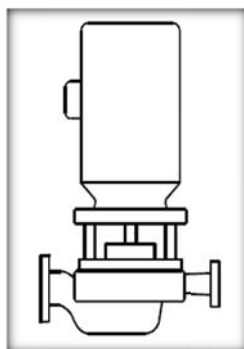
تمامی پمپ‌های تک‌طبقه آویخته خطی و عمودی که به صورت صلب کوپل شده‌اند، باید در زمره پمپ‌های مدل OH4 قرار گیرند. در پمپ‌هایی که به صورت صلب کوپل می‌شوند، باید محور به صورت صلب با محور درایور کوپل شود. (این مدل تمامی الزامات این استاندارد بین‌المللی را ارضاء نمی‌کند، به جدول شماره ۳ مراجعه شود)



شکل ۴- پمپ مدل OH4

۴.۲.۲.۵. پمپ مدل OH5

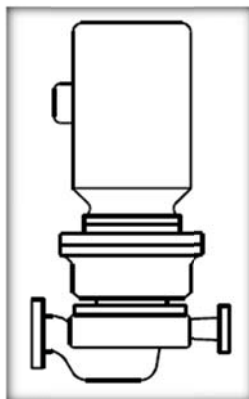
تمامی پمپ‌های تک‌طبقه خطی عمودی و بدون کوپلینگ باید در زمره پمپ‌های مدل OH5 قرار گیرند. در پمپ‌های بدون کوپلینگ، پروانه به صورت مستقیم بر روی محور درایور سوار می‌شود. (این مدل تمامی الزامات این استاندارد بین‌المللی را ارضاء نمی‌کند، به جدول شماره ۳ مراجعه شود)



شکل ۵- پمپ مدل OH5

۴.۲.۲.۶. پمپ مدل OH6

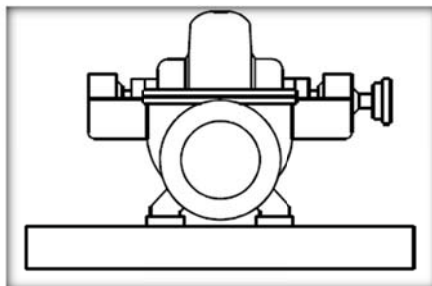
تمامی پمپ‌های تک‌طبقه آویخته سرعت بالا، یک‌پارچه و گیربکس‌دار باید در زمره پمپ‌های مدل OH6 قرار گیرند. این پمپ‌ها حاوی یک گیربکس سرعت‌دهنده یک‌پارچه با پمپ می‌باشند. پروانه پمپ در این نوع پمپ‌ها به صورت مستقیم بر روی محور خروجی از گیربکس سوار می‌شوند. هیچ نوع کوپلینگ بین پمپ و گیربکس وجود ندارد. اما با این وجود گیربکس به صورت انعطاف‌پذیر به درایور خود متصل می‌شود. نحوه قرارگیری پمپ می‌تواند به صورت افقی یا عمودی باشد.



شکل ۶- پمپ مدل OH6

۴.۲.۲.۷. پمپ مدل BB1

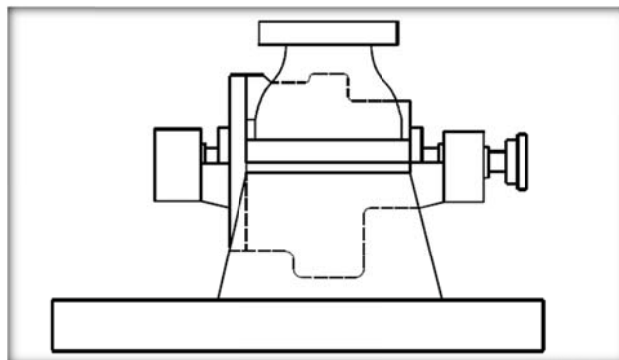
تمامی پمپ‌های دو نیمه محوری یک یا دو طبقه یاتاقان میانی باید در زمره پمپ‌های مدل BB1 قرار گیرند.



شکل ۷- پمپ مدل BB1

۴.۲.۲.۸. پمپ مدل BB2

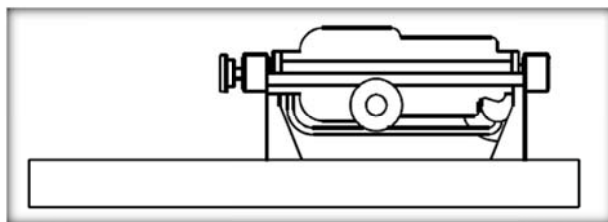
تمامی پمپ‌های دو نیمه شعاعی یک یا دو طبقه یاتاقان میانی باید در زمره پمپ‌های مدل BB2 قرار گیرند.



شکل ۸- پمپ مدل BB2

۴.۲.۲.۹. پمپ مدل BB3

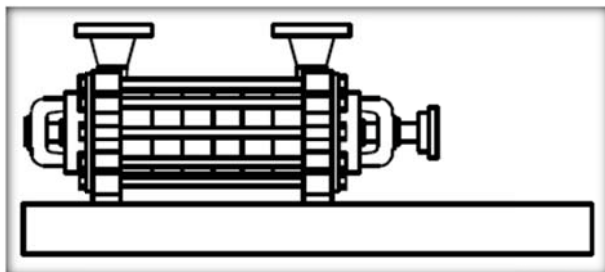
تمامی پمپ‌های دو نیمه محوری چند طبقه یاتاقان میانی باید در زمره پمپ‌های مدل BB3 قرار گیرند.



شکل ۹- پمپ مدل BB3

۴.۲.۲.۱۰. پمپ مدل BB4

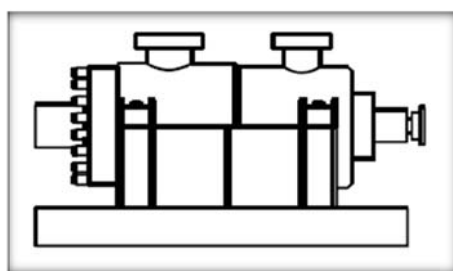
تمامی پمپ‌های دو نیمه شعاعی چند طبقه یاتاقان میانی با پوسته تک باید در زمره پمپ‌های BB4 مدل قرار گیرند. به این نوع پمپ‌ها پمپ‌های تقسیم حلقه‌ای^{۱۳}، بندبند حلقه‌ای^{۱۴} یا میله مهاری^{۱۵} گویند. این پمپ‌ها پتانسیل فراوانی جهت نشستی در مسیر بین طبقات و بخش‌های خود دارند. (این مدل تمامی الزامات این استاندارد بین‌المللی را ارضاء نمی‌کند، به جدول شماره ۳ مراجعه شود)



شکل ۱۰- پمپ مدل BB4

۴.۲.۲.۱۱. پمپ مدل BB5

تمامی پمپ‌های دو نیمه شعاعی چند طبقه یاتاقان میانی با پوسته دابل (پمپ‌های دو پوسته) باید در زمره پمپ‌های مدل BB5 قرار گیرند.



شکل ۱۱- پمپ مدل BB5

۴.۲.۲.۱۲. پمپ مدل VS1

تمامی پمپ‌های شفت و غلافی دیفیوزری با پوسته تک و تخلیه از طریق غلاف اصلی پمپ جهت استفاده در چاه‌های مرطوب، باید در زمره پمپ‌های مدل VS1 قرار گیرند.

¹³ring-section pumps

¹⁴segmental-ring pumps

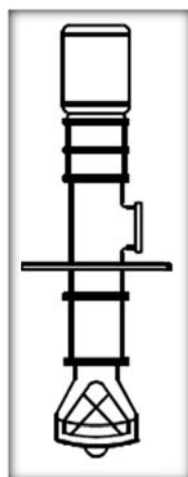
¹⁵tie-rod pumps



شکل ۱۲- پمپ مدل VS1

۴.۲.۲.۱۳. پمپ مدل VS2

تمامی پمپ‌های شفت و غلافی با حلزونی و پوسته تک و تخلیه از طریق غلاف اصلی پمپ جهت استفاده در چاه‌های مرطوب، باید در زمره پمپ‌های مدل VS2 قرار گیرند.



شکل ۱۳- پمپ مدل VS2

۴.۲.۲.۱۴. پمپ مدل VS3

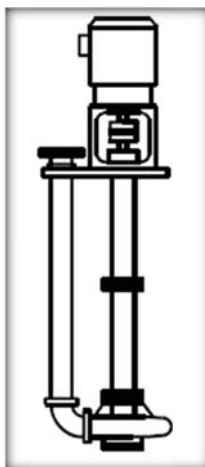
تمامی پمپ‌های شفت و غلافی جریان محوری با پوسته تک و تخلیه از طریق غلاف اصلی پمپ جهت استفاده در چاه‌های مرطوب، باید در زمره پمپ‌های مدل VS3 قرار گیرند.



شکل ۱۴- پمپ مدل VS3

۴.۲.۲.۱۵. پمپ مدل VS4

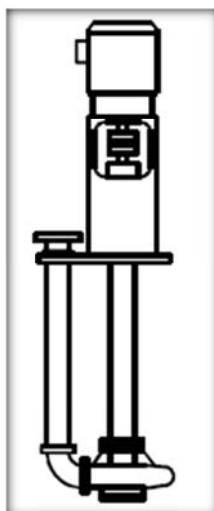
تمامی پمپ‌های شفت و غلافی لجن‌کش با حلزونی و پوسته تک و محور چند تکه باید در زمره پمپ‌های مدل VS4 قرار گیرند.



شکل ۱۵- پمپ مدل VS4

۴.۲.۲.۱۶. پمپ مدل VS5

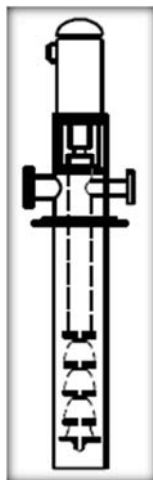
تمامی پمپ‌های شفت و غلافی لجن‌کش با محور یک‌تکه باید در زمره پمپ‌های مدل VS5 قرار گیرند.



شکل ۱۶- پمپ مدل VS5

۴.۲.۲.۱۷. پمپ مدل VS6

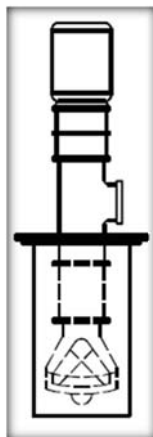
تمامی پمپ‌های شفت و غلافی دیفیوژری با پوسته دابل باید در زمره پمپ‌های مدل VS6 قرار گیرند.



شکل ۱۷- پمپ مدل VS6

۴.۲.۲.۱۸. پمپ مدل VS7

تمامی پمپ‌های شفت و غلافی با حلزونی و پوسته دویل باید در زمره پمپ‌های مدل VS7 قرار گیرند.



شکل ۱۸- پمپ مدل VS7

نوشته: عباس قلی‌نژاد

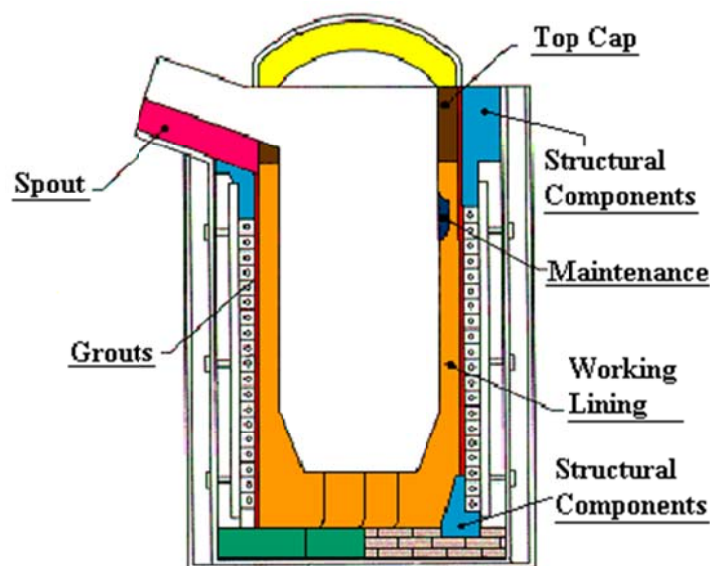
کوره‌های ذوب القایی در فولادسازی

۱. مقدمه‌ای بر کوره‌های ذوب القایی

امروزه ذوب القایی به صورت گسترده‌ای در تولید و ریخته‌گری فولادها و همچنین ذوب آلومینیوم، مس، روی و سایر انواع فلزات غیرآهنی استفاده می‌شود. از مزایای ذوب القایی به عنوان مثال می‌توان به راندمان بالای مواد و محیط پاک اشاره کرد که باعث تمایل تولیدکنندگان محصولات فلزی به کوره‌های ذوب القایی شده است.

در کوره‌های ذوب القایی، جریان الکتریکی القا شده توسط میدان مغناطیسی، ایجاد حرارت می‌کند و این حرارت باعث ذوب مواد (معمولاً فلزات) می‌شود. فلز درون بوته‌ای قرار می‌گیرد که اطراف آن کلاف‌های مغناطیسی پیچیده شده است و توسط جریان آب خنک می‌شوند. جریان موجود در کلاف‌های مغناطیسی، جریان‌های گردابی یا فوکو (Eddy Current) را در فلز القاء می‌کند که باعث ایجاد حرارت و ذوب فلز می‌شود. از مزایای حرارت‌دهی القایی:

- عدم تماس فیزیکی با قطعه
- دور بودن منبع تولید انرژی حرارتی از قطعه
- راندمان بالا
- عدم اکسیداسیون
- شرایط محیطی تمیز
- ایجاد گرمایش زیاد بطور یکنواخت و هم‌زمان با سرعت بالا
- امکان کنترل دقیق دما
- امکان ایجاد سیستم اتوماسیون حرارت‌دهی



شکل ۱: طرح‌واره یک کوره ذوب القایی

مهم‌ترین انواع کوره‌های القایی، کوره القایی بدون هسته^{۱۶} و کوره‌القایی کانالی^{۱۷} هستند.

در کوره القایی بدون هسته فلز درون یک پوشش نسوز که به وسیله کلاف احاطه شده است، نگهداری می‌شود. در این حالت کوره ذوب القایی مشابه یک ترانسفورماتور است که فلز مانند یک کلاف ثانویه در ترانسفورماتور عمل می‌کند و با اعمال نیرو به کلاف اولیه احاطه‌کننده فلز، جریان‌های گردابی القا شده و تولید حرارت می‌کند. پس از ذوب فلز، هم زدن و همگن‌سازی به

^{۱۶} Coreless furnace

^{۱۷} Channel Furnace

طور طبیعی و در اثر وجود نیروها و جریان‌های الکترومغناطیسی اتفاق می‌افتد. با انتخاب دقیق فرکانس و نیرو می‌توان سرعت ذوب و همگن‌سازی را کنترل کرد.

کوره‌های القایی کانالی در گذشته عموماً برای نگهداری فلز مذاب در یک دمای مشخص کاربرد داشته‌اند، اما امروزه گاهی اوقات برای ذوب فلزات نیز به کار می‌روند. این کوره شامل یک القاگر (سلف) به عنوان منبع تولید انرژی است که از چندین رشته کلاف که توسط آب خنک می‌شوند، تشکیل شده است. این کوره‌ها تلاطم سطحی کمتری در بوته نگهداری فلز مذاب دارند، در نتیجه خروج گاز و مواد فرار با مشکل مواجه می‌شود. لذا جهت عملیات ذوب، کوره القایی بی‌هسته ترجیح داده می‌شود و کوره کانالی بیشتر به منظور نگهداری فلز مذاب در یک دمای مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در حالی که کوره‌های ذوب القایی کانالی دارای فرکانس خطی هستند، کوره‌های بدون هسته می‌توانند از هر سه نوع فرکانس شبکه (۵۰ هرتز)، فرکانس متوسط (۱۲۰۰-۲۰۰ هرتز) و فرکانس بالا (بیش از ۱۲۰۰ هرتز) باشند. با توجه به این‌که شروع به کار کوره‌های فرکانس شبکه با شارژ ماده سرد بسیار آهسته است، استفاده از کوره‌های فرکانس متوسط و بالا مورد توجه بیشتری قرار دارد.

استفاده از کوره‌های ذوب القایی در ظرفیت‌های پایین‌تر از ۴۰ تن می‌تواند منجر به تولید مذاب با کیفیت مناسب و ارزان شود. از مزایای این نوع کوره‌ها می‌توان به اپراتوری و کارکرد آسان و همچنین افزایش راندمان ذوب فلز اشاره کرد. امکان راه‌اندازی و شروع به کار فوری کوره باعث کاهش در زمان رسیدن به دمای کارکرد می‌شود. وجود همگن‌سازی به صورت طبیعی و تولید مذاب پاک و عدم نیاز به سیستم‌های کنترل آلودگی با هزینه بالا از مزایای دیگر کوره‌های القایی محسوب می‌شود. از دیگر نکات مثبت این کوره‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ❖ عدم نیاز به فضای زیاد و توانایی افزایش سرعت ذوب در کوره‌های کوچک
- ❖ مصرف کمتر مواد، به خصوص مواد نسوز و کاهش زمان تعویض پوشش‌های نسوز و عدم نیاز به مصرف الکتروگرافیتی
- ❖ پایین بودن آلودگی صوتی به نسبت انواع دیگر کوره‌های ذوب به میزان قابل‌توجه
- ❖ بهره‌وری بالای انرژی
- ❖ هزینه پایین سرمایه‌گذاری و تجهیزات جانبی
- ❖ اپراتوری بسیار ساده به علت وجود بخش کنترل کامل الکترونیک
- ❖ عدم آلودگی و اکسیداسیون بار به علت عدم وجود گاز و شعله اکسیدکننده
- ❖ شروع به کار سریع و عدم نیاز به پیش گرم یا ذوب اولیه
- ❖ سرعت بالای انجام عملیات در مقایسه با سایر کوره‌ها
- ❖ راندمان بسیار بالاتر نسبت به کوره‌های سوختی
- ❖ قابلیت تهیه آلیاژهای یکنواخت به علت چرخش داخل مذاب
- ❖ قابلیت تهیه و نگهداری ذوب در ظرفیت‌های مختلف
- ❖ سادگی عمل تغذیه و تخلیه
- ❖ امکان کنترل دقیق درجه حرارت
- ❖ قابلیت ذوب قراضه
- ❖ اشغال فضای کمتر نسبت به سایر کوره‌ها
- ❖ عدم تاثیر بر آلودگی محیط زیست

از طرف دیگر مهم‌ترین اشکال کوره‌های القایی، دشواری در فرآیند فسفرزدایی و انجام عملیات متالورژیکی ثانویه است. در نتیجه وجود کوره‌های پاتیلی^{۱۸} در کنار این کوره‌ها جهت انجام فرآیند تصفیه و افزودن عناصر آلیاژی لازم است. از دیگر معایب این کوره‌ها، ظرفیت پایین‌تر تولید به نسبت کوره‌های قوس الکتریک می‌باشد. همچنین در کوره‌های القایی باید از قراضه با کم‌ترین آلودگی و مواد اکسیدی استفاده نمود که گاهی این مساله دشوار و باعث افزایش هزینه‌های اولیه می‌گردد.

همچنین استفاده از آهن اسفنجی به عنوان شارژ کمکی برای تنظیم خواص شیمیایی در این کوره‌ها موجب بهبود عملکرد کوره‌های ذوب القایی شده است. با استفاده از آهن اسفنجی میزان کربن مذاب براساس مشخصات خواسته شده قابل تنظیم بوده و باتوجه به این‌که در آهن اسفنجی عناصر و فلزات مضر وجود ندارد، فلز مذاب به دست آمده تمیز و عاری از عناصر مضر خواهد بود.

قبل از ورود مواد فلزی به کوره آنالیز شیمیایی این مواد جهت دستیابی به مشخصات نهایی محصول، به دقت کنترل می‌شود. اگر میزان کربن، گوگرد و فسفر در شارژ فلزی بالا باشد، مقدار بیشتری آهن اسفنجی به کوره شارژ می‌شود، پس از اتمام ۸۰ درصد ذوب، نمونه‌ای از کوره گرفته می‌شود و در صورتی که مقدار کربن همچنان بالا باشد، مجدداً نرمه آهن اسفنجی به کوره شارژ می‌شود.

از طرفی باید در نظر داشت به دلیل این‌که آهن اسفنجی دارای تخلخل می‌باشد و همین عامل باعث مقاومت در عبور جریان می‌شود، جهت جلوگیری از مصرف بالای برق، حداکثر می‌توان ۶۰-۵۰ درصد شارژ فلزی را به آهن اسفنجی اختصاص داد. تحقیقات جدید و توسعه در تامین نیرو با فرکانس‌های متغیر، بهبود در پوشش‌های نسوز، طراحی القاگر با توان بالا، بازیافت حرارت کوره و استفاده از سیستم‌های کامپیوتری و اتوماسیون موجب بهبود راندمان کوره‌های ذوب القایی و تمایل به استفاده از آن‌ها شده‌اند. علاوه بر این، در سال‌های اخیر با تکنولوژی کوره‌های القایی دوقلو که دارای دو بوتله هستند، امکان افزایش راندمان و سرعت تولید مذاب فراهم شده است.

فرآیند ذوب القایی روشی است که به وسیله جریان‌های گردابی القا شده توسط میدان الکترومغناطیسی متغیر، در ماده هادی الکتریسته (معمولاً فلزات) حرارت ایجاد نموده و فرآیند ذوب انجام می‌شود. اساس کار این روش مشابه ترانسفورماتور است. پدیده تلاطم پدیده‌ای بسیار مهم در زمینه کوره‌های القایی می‌باشد. بدلیل وجود میدان مغناطیسی متغیر یک چرخش مذاب در داخل بوتله بوجود می‌آید که در مواقعی بسیار مطلوب (مانند ذوب چدن) و در مواقعی بسیار مضر (مانند ذوب مس) می‌باشد. برای تولید چدن از قراضه آهن حدود ۳/۵ تا ۴ درصد کربن می‌باید به این قراضه اضافه نمود. حل کربن در داخل مذاب نیاز به تلاطم زیادی دارد که این امر از طریق انتخاب صحیح فرکانس ایجاد می‌شود.

تلاطم با فرکانس و سطح دهانه بوتله رابطه معکوس و با چگالی قدرت رابطه مستقیم دارد. لذا بدین سبب و با در نظر گرفتن این سه پارامتر می‌توان به تلاطم مورد نظر دست یافت.

تلفات انرژی در کوره‌های القایی به شرح زیر می‌باشد:

راندمان حرارتی یک کوره دوار معمولی بین ۱۲ تا ۱۵ درصد می‌باشد. درحالی‌که راندمان الکتریکی تابلوی مبدل فرکانس حدود ۹۷ درصد و راندمان عمومی یک کوره القایی حدود ۷۵ درصد می‌باشد (۵ برابر کوره دوار).

قسمت اعظم تلفات حرارتی در کوئل ذوب می‌باشد که چیزی حدود ۱۸ تا ۲۲ درصد می‌باشد. لذا گوشت لوله ذوب و شکل مقطع آن از پارامترهای مهمی است که باید به آن توجه نمود. حدود ۳ درصد تلفات در تابلوی مبدل فرکانس می‌باشد و چند درصد هم در خطوط ارتباطی و شینه‌های داخل کانال تلف می‌شود. برای کاهش تلفات می‌بایست سطح عبور جریان الکتریکی را زیاد نمود که این امر باعث افزایش مس مصرفی و در نتیجه بالا رفتن قیمت خواهد شد. البته اضافه کردن گوشت لوله کوئل علاوه بر افزایش سطح جریان عبوری مزایای دیگری نیز دارد که از آن جمله افزایش استحکام مکانیکی کوئل و بالا رفتن مقاومت جداره لوله هنگام نفوذ مذاب شده و در نتیجه احتمال انفجار بوتله کاهش چشم‌گیری خواهد داشت.

¹⁸ Ladle Furnace

- نرخ ذوب

مقدار انرژی مصرفی به ازاء یک کیلوگرم هر کوره ذوب القایی با هر تکنولوژی و یا هر نوع مواد اولیه‌ای که ساخته شود دارای راندمان مخصوص به خود بوده که نتیجه آن در میزان مصرف انرژی به ازاء یک کیلوگرم ذوب مشهود خواهد بود که اصطلاحاً به آن نرخ ذوب گفته می‌شود. این پارامتر از جمله ابزار قیاس کوره‌های مختلف می‌باشد.

- قسمت‌های مختلف کوره‌های القایی

به طور کلی قسمت‌های مختلف کوره‌های القایی عبارتند از:

//الف- بوته

حاوی اسکلت فلزی کوره، کوئل، جداره نسوز - هسته ترانسفورمر، چارچوب‌ها و پلات فرم (سکو) کوئل ذوب یک سیم‌پیچ است که از دوران یک لوله مسی حول یک استوانه بوجود آمده آب در درون لوله و جریان برق متناوب از سطح لوله عبور کرده و یک میدان مغناطیسی متغیر را در درون کوئل ایجاد می‌نماید. این کوئل توسط یک بدنه آلومینیومی یا استنلس استیل و یک سری بلوک‌های بتنی مهار شده و بر روی یک جفت پایه آهنی استقرار یافته جریان آب و برق توسط کابل‌های مخصوصی به کوئل اعمال شده و بدین ترتیب بوته بوجود می‌آید. سطح داخلی کوئل از یک ملات مخصوص به ضخامت حدود ۵ تا ۱۰ میلی‌متر بر حسب سایز کوره پوشانده شده و بعد روی ملات خاک کوره کوبیده شده و به روش خاصی این خاک پخته می‌شود که محفظه ذوب عملاً شکل می‌گیرد. انتخاب نوع خاک، نحوه کوبیدن خاک و پختن خاک از عمده‌ترین مسایل استفاده از کوره القایی می‌باشد که در جای خود مبحث مهمی را تشکیل می‌دهد.

ب- تاسیسات الکتریکی

شامل دژنکتور، سکیونر، ترانسفورماتور، مبدل فرکانس، خازن‌ها، چوک‌ها، کلیدهای کولرها، مکنده‌ها و تابلوهای کنترل. مهم‌ترین و با تکنولوژی‌ترین و گران‌ترین قسمت یک کوره القایی تابلوی مبدل فرکانس آن می‌باشد. در این بخش برق ۵۰ هرتز ورودی ابتدا یک‌سو شده و سپس توسط مدارات به‌خصوصی به یک برق تک فاز با فرکانس چندین برابر فرکانس ورودی تبدیل شده و سپس به کوئل ذوب اعمال می‌گردد.

پ- تاسیسات خنک‌کن

تاسیسات الکتریکی کوره القایی مثل ترانسفورماتور چوک، خازن‌ها، کلیدهای فشار قوی و تابلو مدار فرمان در محدوده زمانی خاصی می‌توانند کار کنند و اگر از حد معینی گرم‌تر شوند باعث ایجاد مشکلاتی می‌گردند، لذا این تاسیسات باید خنک گردند، خنک کردن تاسیسات الکتریکی می‌تواند با فن، سیستم‌های تهویه مطبوع یا کولر گازی صورت گیرد.

کوئل و بدنه کوره در کوره‌های بوته‌ای و کوئل، پوسته اینداکتور، پوسته خنک‌کن و گلوئی کوره در کوره‌های کانال‌دار نیز باید خنک شوند. این قسمت‌ها عموماً با آب خنک می‌گردند (برخی از کوره‌های کوچک کانال‌دار بگونه‌ای طراحی می‌شوند که تمام قسمت‌های فوق‌الذکر یا قسمتی از آن با هوا خنک می‌شود) و تاسیسات مخصوصی شامل مبدل‌های حرارتی، پمپ، برج خنک‌کن و غیره را دارا می‌باشد و معمولاً مقصود از تاسیسات خنک‌کن همین قسمت می‌باشد.

تابلوی مبدل فرکانس توسط یک شبکه آب مقطر خنک می‌شود که مشخصات آب مربوطه و فشار و دبی آن در مسیرهای مختلف حائز اهمیت بسیار است. پمپ‌های بخصوصی جهت گردش آب در تابلو و بوته‌های ذوب تعبیه شده که دبی مورد نیاز را تأمین نماید. از آنجایی که آب مربوطه باید دارای مقاومت الکتریکی بسیار بالایی باشد و ضمناً رسوب ندهد، بسیار مهم است که از آب مقطر استفاده شود و پمپ‌های مربوطه باید از جنسی باشد که زنگ نزنند زیرا زنگ یعنی اکسید آهن و این ناخالصی هدایت آب را زیاد نموده و عبور جریان الکتریکی یعنی تجزیه آب و تولید یون اکسیژن و هیدروژن، که این یون‌ها به نوبه خود باعث هدایت بیشتر شده و در نهایت باعث اختلال در کار کوره می‌گردند.

فشار، درجه حرارت و جریان آب نیز باید مستمراً کنترل شده و در مواقع خطر توسط مدارات خاصی از کار کوره جلوگیری شود. این آب‌ها در دو مدار جداگانه در بوته‌های ذوب و تابلو توسط پمپ‌های مربوط به خود در حال گردش هستند و حرارت ایجاد شده را به مبدل‌های حرارتی انتقال می‌دهند. برج خنک‌کننده نیز مدار آب مخصوص به خود را داراست و آب غیر مقطر

خود را خنک کرده و آب نیز به مبدل حرارتی انتقال می‌یابد. در مبدل‌های حرارتی، حرارت این دو آب با یکدیگر تبادل می‌شوند و بدین شکل قسمت‌های مختلف کوره خنک می‌شوند. در این‌جا ذکر این نکته ضروری است که مبدل‌های حرارتی به دو صورت کلی ساخته می‌شوند.

✓ لوله‌ای

✓ صفحه‌ای

مبدل‌های حرارتی لوله‌ای معمولاً در داخل برج خنک‌کننده تعبیه می‌شوند که این موضوع خود معایبی را بدنبال دارد. از جمله رسوب بر روی این لوله‌ها (به دلیل تبخیر سطحی بر روی لوله‌ها) و دوماً خطر یخ‌زدگی در زمستان (به دلیل این که برج خنک‌کننده در فضای آزاد نصب می‌شود)

مبدل‌های صفحه‌ای معمولاً در داخل کارگاه نصب می‌شوند و به همین دلیل خطر یخ‌زدگی در زمستان بسیار کاهش می‌یابد. ثانیاً بدلیل این که عمل تبخیر در داخل مبدل انجام نمی‌پذیرد، میزان رسوب در این مبدل‌ها نسبت به نوع قبل بسیار کمتر است. کلیدهای انتخاب بوته قطعاتی هستند که عمل اتصال تابلو را به بوته مورد نظر میسر می‌نمایند و بصورت دستی و اتوماتیک ساخته می‌شوند که نوع اتوماتیک آن بصورت مکانیکی و بادی می‌باشند.

ت- تاسیسات حرکت بوته

برای کوره‌های بزرگ هیدرولیکی و برای کوره‌های کوچک مکانیکی یا هیدرولیکی است و شامل جک‌های هیدرولیک، پمپ هیدرولیک، مخزن روغن، شیرها، دیگر تاسیسات هیدرولیک و میز فرمان هیدرولیک یا سیستم‌های چرخ‌دنده‌ای دستی یا چرخ دنده‌ای موتوردار.

عملیات تخلیه بوته ذوب توسط دو جک هیدرولیک که در دو طرف بوته تعبیه شده انجام می‌پذیرد که منبع تولید فشار روغن جک هیدرولیک می‌باشد که عملاً در زیر کنسول هیدرولیک جاسازی می‌شود. لازم به ذکر است که در بعضی از انواع کوره‌های ذوب ارزان قیمت از سیستم موتور گیربکس جهت دوران بوته و تخلیه آن استفاده می‌شود که کلاً بیشتر در بعضی کوره‌های چینی استفاده می‌شود.

ارتباط بین بوته‌های ذوب و تابلوی مبدل فرکانس توسط یک سری صفحات پهن مسی برقرار می‌شود که به این صفحات اصطلاحاً شینه گفته می‌شود که اکثراً توسط آب‌خنک می‌شوند. برای این که کوره از شبکه برق ایزوله باشد از یک تراس قدرت به عنوان ایزولاتور استفاده می‌شود که علاوه بر ایزوله کردن ولتاژ ورودی را نیز بر حسب نوع طراحی کوره تغییر می‌دهد.

ث- محل استقرار کوره

شامل اتاق محل استقرار بوته^{۱۹}، فونداسیون، چاله تخلیه اضطراری، محل استقرار تاسیسات الکتریکی، هیدرولیکی و خنک‌کن و محل استقرار تابلوهای مدار فرمان، تابلوی کنترل مدار آب و میز فرمان هیدرولیک می‌باشد.

ج- تاسیسات تهویه

تاسیسات دوده و غبار گیر، بخصوص در کوره‌های بوته‌ای بزرگ را نیز می‌توان از تاسیسات مهم کوره به حساب آورد. هر کدام از شش قسمت فوق مسائل و برنامه تعمیر و نگهداری مخصوص دارد که این برنامه بسته به نوع کوره (کانال دار، بوته-ای) ظرفیت بوته، فرکانس کوره (خط، متوسط، بالا)، سیستم خنک‌کن کوره، سیستم حرکت بوته و نوع جداره نسوز تفاوت‌هایی داشته اما در اصول هم‌سانی زیادی وجود دارد.

به طور کلی مسائل مربوط به کوره‌های القائی بوته‌ای و کانال‌دار از جمله عوامل موثر در کار کوره، چگونگی کنترل خوردگی و سایش و ... با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند لذا بهتر است در این بررسی هر کدام به صورت جداگانه‌ای مورد مطالعه قرار گیرند. در یک تقسیم‌بندی دیگر، قسمت‌های مختلف یک کوره القایی به ترتیب عبارتند از:

۱. تابلوی مبدل فرکانس

¹⁹ furnace pit

۲. تابلوی پمپاژ آب
۳. سیستم هیدرولیک
۴. برج خنک کننده به همراه مبدل های حرارتی
۵. کلیدهای انتخاب بوته
۶. ترانس ایزوله ورود
۷. شینه های ارتباطی
۸. بوته های ذوب

- عوامل موثر در کار کوره

مهمترین عوامل موثر در بالا بردن راندمان کاری کوره عبارت است از: اجرای دقیق برنامه تعمیر و نگهداری کوره، شارژ مناسب، اپراتوری صحیح، وضعیت جداره نسوز.

الف) اجرای دقیق برنامه تعمیر و نگهداری کوره

کوره های القایی بسته به نوع آن (کانال دار، بدون هسته)، ظرفیت آن، مقدار فرکانس، نوع سیستم خنک کن، سیستم حرکت بوته و نوع جداره نسوز برنامه تعمیر و نگهداری مخصوص به خود دارد و باید به دقت اجرا شود. اصول و خطوط کلی تعمیر و نگهداری کوره های القایی در قسمت های بعدی خواهد آمد.

ب) شارژ مناسب

کوره های بدون هسته ذوب القایی با فرکانس پایین تر از ۲۵۰ هرتز تمام ذوب خود را تخلیه نمی کنند تا زمان شارژ بعدی کوتاه تر شود. به علت وجود ذوب در این کوره ها مواد شارژ باید عاری از روغن و رطوبت باشد در غیر این صورت خطر پاشش ذوب و قطعات شارژ جامد به بیرون از کوره وجود دارد ضمناً وجود روغن و دیگر مواد آلی باعث ایجاد دود در کارگاه می شود. سرد بودن سرباره نسبت به ذوب در کوره های القایی ضمن این که این کوره ها را در امر احیای مواد اکسیدی ناتوان می کند باعث می شود این کوره ها نتوانند مقدار زیاد مواد اکسیدی، خاک و سرباره را تحمل کنند و وجود مقادیر زیاد مواد غیر فلزی غیر آلی باعث ایجاد پل بالای ذوب بخصوص هنگام سرد بودن ذوب می شود که خود می تواند مشکلاتی را در کار کوره ایجاد کند. ابعاد نامناسب شارژ نیز می تواند هم مستقیماً به جداره صدمه بزند و هم در ایجاد پل روی ذوب کمک نماید.

پ) اپراتوری صحیح

چرخش و تلاطم ذوب در کوره های القایی بدون هسته به خصوص با فرکانس های پایین تر باعث می شود تهیه ذوب با آنالیز معین و همگن و درجه حرارت مشخص و یکنواخت، ساده تر شود.

با این حال برای بالا رفتن راندمان و سلامت کوره اصولی را در کار با کوره باید رعایت کرد انتخاب شارژ مناسب، دمای صحیح ذوب در مراحل مختلف، فرآیند تهیه ذوب، شارژ کوره به روش صحیح، اضافه کردن مواد آلیاژی و دیگر مواد افزودنی در زمان های صحیح و مقادیر معین، توجه به تابلوهای مدار فرمان و ابزار و وسایل هشداردهنده و توجه به مسائل ایمنی از جمله وظایفی است که اپراتور کوره (کوره دار) هنگام کار با کوره باید رعایت کند، اپراتوری کوره با توجه به نوع کوره ظرفیت آن، نوع ذوب تهیه شده، نوع شارژ مواد جامد و پارامترهای دیگر تفاوت می کند.

برنامه تعمیر و نگهداری کوره، انتخاب شارژ مناسب و اپراتوری صحیح از جمله دستورالعمل هایی است که معمولاً فروشنده یا سازنده کوره همراه کوره ارسال می کند و می بایست جهت سلامت و بالا بودن راندمان کوره به آن ها عمل کند.

ت) وضعیت جداره نسوز

جداره کوره های القایی می تواند در اثر سایش مکانیکی به وسیله ذوب و شارژ جامد خوردگی شیمیایی به وسیله سرباره، ذوب و اتمسفر کوره، شوک های مکانیکی و حرارتی، کندی و انهدام در اثر برخورد و تصادم با شارژ جامد شیوه شارژ نامناسب و غیرمتناسب بودن ابعاد و کیفیت شارژ، درجه حرارت بیش از اندازه بالای ذوب آسیب دیده یا نازک گردد. (نصب و پخت

ناصحیح جداره و هر گونه انفجار به هر دلیلی داخل کوره نیز می‌تواند باعث انهدام یا آسیب به جداره نسوز شود و یا در اثر رسوب مواد غیرفلزی غیرآلی بر جداره ضخیم گردد که هر دو مورد برای کوره مضر می‌باشد. مورد اول (نازک شدن جداره) گرچه در مرحله اول باعث بالا رفتن توان گرمایی کوره می‌شود ولی در مجموع عمر جداره را پایین آورده و گاهی باعث توقف-های اضافی می‌گردد مورد دوم (ضخیم شدن جداره) باعث پایین آمدن راندمان کاری کوره شده و گاهی در شارژ کردن نیز اختلال ایجاد می‌کند. برای شناخت علل ضخیم‌شدن جداره و نازک‌شدن جداره بر اثر فعل و انفعال شیمیایی باید ترمومتالورژی ذوب، سرباره، اتمسفر کوره و آستر نسوز را شناخت به عنوان مثال وجود اکسیدهای قلیایی در ذوب آلومینیوم در کوره‌هایی با جداره آلومینایی باعث اکسیدشدن آلومینیوم مذاب و تشکیل آلومینا و رسوب آن بر جداره و نتیجتاً ضخیم شدن جداره می‌گردد در صورتی که وجود اکسیدهای قلیایی در کوره‌های با جداره سیلیسی باعث خوردگی شدید آستر نسوز می‌گردد.

ث) کنترل خوردگی و سایش

جداره کوره‌های بوت‌های بسته به شرایط کاری، نوع جداره از نظر شیمیایی و فیزیکی، نحوه نصب، رطوبت‌گیری و پخت آستر، نوع و کیفیت شارژ جامد و نحوه شارژ می‌تواند هنگام کار ضخیم گردد یا این‌که در اثر سایش، فرسایش خوردگی شیمیایی نازک گردد. نازک شدن به مفهوم نزدیک‌شدن ذوب به کوئل و ضخیم‌شدن به معنای دور شدن ذوب از کوئل می‌باشد. با نازک-شدن جداره و نزدیک‌شدن ذوب به کوئل فوران مغناطیسی جذب شده توسط کوئل افزایش پیدا کرده نتیجتاً آمپری که توسط کوئل کشیده می‌شود افزایش می‌کند. بنابراین اگر مقدار آمپری که توسط کوئل در یک ولتاژ معین کشیده می‌شود با یک حجم ذوب معین (درجه حرارت ذوب تاثیر جزئی نیز بر آمپر کشیده شده دارد. به هر حال دقیق‌تر است که درجه حرارت هم تقریباً جهت مقایسه یکسان باشد. در کوره‌هایی که فرکانس متغیر است مقایسه باید در یک فرکانس مشخص صورت گیرد) در حالت جداره نو با حالت جداره خورده شده مقایسه گردد، افزایش آمپر مشاهده خواهد شد. با اضافه شدن مقدار آمپر کشیده شده که بیان‌گر جذب بیشتر فوران مغناطیسی توسط ذوب است خاصیت سلفی (inductive) مدار بیشتر می‌شود و در نتیجه ضریب توان $\cos\phi$ از یک به سمت خاصیت سلفی منحرف می‌شود و برای یک کردن ضریب توان نیاز به مقدار خازن بیشتری در مدار می‌باشد. بنابراین بهترین راه کنترل خوردگی جداره زمانی که ذوب داخل کوره می‌باشد مشاهده مقدار جریان الکتریکی کشیده شده توسط کوئل، ضریب توان و مقدار خازن‌های داخل مدار و مقایسه‌ی آن‌ها با حالت جداره نو می‌باشد. عکس مطالب فوق در هنگامی است که جداره ضخیم گردد بدین معنا که با ضخیم شدن جداره ذوب از کوئل دور شده و در نتیجه حجم فوران مغناطیسی جذب شده توسط ذوب کاهش می‌یابد و در نتیجه جریان کشیده شده توسط کوئل کم می‌شود و نتیجتاً مدار خازنی می‌شود و ضریب توان از یک به سمت خازنی منحرف می‌گردد و برای یک کردن $\cos\phi$ نیاز است مقداری خازن از مدار خارج شود. بنابراین با کنترل مداوم آمپر کشیده شده توسط کوئل ضریب توان $\cos\phi$ و مقدار خازن در مدار برای تصحیح ضریب توان و مقایسه آن با حالت جداره نو می‌توان دریافت که جداره نازک شده است و یا ضخیم. مقاومت حمام زمانی که از مذاب پر است و درجه حرارت ذوب نزدیک به درجه حرارت استفاده می‌باشد و ولتاژ کوره در یکی از ولتاژهای بالا قرار دارد اندازه‌گیری می‌شود این اندازه‌گیری به طور مداوم از زمانی که کوره نوکوبی شده است انجام می‌شود. کاهش مقاومت حمام به معنای نازک‌شدن جداره و نزدیک‌شدن ذوب به کوئل است و افزایش مقاومت حمام به مفهوم ضخیم شدن جداره و دور شدن ذوب از کوئل می‌باشد معمولاً اگر مقاومت حمام ۲۰ درصد کاهش یافت به مفهوم این است که جداره نسوز نیاز به تعمیر دارد.

این نکته را باید یادآور ساخت که با نازک یا ضخیم‌شدن جداره بالانس فاز کوره هم غیرمتعادل شده و در نتیجه مقدار خازن در مدار برای متعادل کردن فازها نیز تغییر می‌کند اما جهت کنترل خوردگی یا ضخیم‌شدن جداره نیاز چندانی به کنترل بالانس فاز نمی‌باشد. از طرفی با خورده شدن جداره یا ضخیم شدن آن مقدار حرارت منتقل شده به کوئل تغییر یافته و در نتیجه گرمای آب عبوری از داخل کوئل تفاوت می‌کند و اختلاف دمای آب ورودی با آب خروجی تغییر می‌کند. با نزدیک شدن ذوب به کوئل، اختلاف دمای ورودی و خروجی افزایش و با دور شدن ذوب از کوئل اختلاف دمای ورودی و خروجی کاهش می‌یابد. از آنجایی که در افزایش و کاهش دمای آب عوامل مهم دیگری نیز موثر هستند این پارامتر به تنهایی نمی‌تواند معیار سنجش

قرار گیرد و در جوار پارامترهای الکتریکی فوق می‌توان از آن بهره گرفت. در برخی از کارخانجات این مفهوم اشتباه به وجود آمده است که نزدیک شدن ذوب به کوئل را اهم‌تر کوره نشان می‌دهد، در صورتی که اهم‌تر مقاومت الکتریکی جداره را تعیین می‌نماید و جداره‌ی سالم حتی با ضخامتی معادل کمتر از ۱/۶ ضخامتی اصلی دارای مقاومت الکتریکی به اندازه کافی بالائی است که اهم‌تر نتواند تشخیص بدهد. اگر جداره خیس باشد یا در اثر نفوذ ذوب به جداره اتصال کوتاه به وجود آمده باشد اهم‌تر وضعیت را نشان می‌دهد. زمانی که اهم‌تر اعلام خطر می‌نماید (در بعضی کوره‌ها اهم‌تر مقاومت الکتریکی تمامی قسمت‌های تاسیسات الکتریکی کوره و بوته را هم‌زمان کنترل می‌کند. در این حالت باید اول مشخص گردد که اتصال کوتاه در بوته است یا تاسیسات الکتریکی و بعد تصمیمات لازم اتخاذ گردد) چه از خیس شدن جداره و چه از اتصال کوتاه باشد باید بلافاصله کوره تخلیه گردد و در جهت رفع عیب تلاش شود. یادآوری این نکته ضروری است که در زمان پخت جداره مقاومت الکتریکی جداره به خاطر وجود مختصری رطوبت در جداره، پایین است که این مورد غیر از موارد یاد شده در فوق می‌باشد، بنابراین مشخص است که اهم‌تر خوردگی جداره را نشان نخواهد داد و هنگامی که اهم‌تر مشخص می‌کند مقاومت الکتریکی جداره پایین آمده به مفهوم اعلان خطر است و باید کوره بلافاصله تخلیه گردد. پس مقاومت الکتریکی جداره جهت کنترل سلامت جداره باید مرتب و مداوم بازرسی گردد ولی جهت کنترل نازک یا ضخیم شدن جداره در هنگام پر بودن کوره از ذوب، باید ذوب کوره بلافاصله تخلیه گردد. جهت کنترل نازک یا ضخیم شدن جداره در هنگام پر بودن کوره از ذوب، باید از ضریب توان $\cos\phi$ مدار، آمپر کشیده شده توسط کوئل و مقدار خازن تصحیح $\cos\phi$ بهره جست. بنابراین جهت کنترل دقیق‌تر وضعیت جداره از روش‌های دیگری هم می‌توان استفاده کرد. در کوره‌های با فرکانس بالاتر از ۲۵۰ هرتز چون ذوب کوره پس از آماده شدن کاملاً تخلیه می‌گردد، می‌توان از مشاهده مستقیم نیز استفاده کرد و خوردگی‌های موضعی را تشخیص داد. در کوره‌های با فرکانس شبکه و فرکانس سه برابر (۱۵۰ یا ۱۸۰ هرتز) چون ذوب کوره کاملاً تخلیه نمی‌گردد، مشاهده تمام کوره امکان ندارد اما قسمت‌های فوقانی را می‌توان مشاهده کرد.

- دسته‌بندی کوره‌های القایی

- کوره‌های القایی را بر حسب فرکانس کاری به سه دسته کلی می‌توان تقسیم‌بندی نمود.
 - فرکانس ۵۰ هرتز یا فرکانس اصلی. گاهی مواقع از فرکانس سه برابر آن‌ها نیز در همین دسته‌بندی یاد می‌شود.
 - فرکانس متوسط که از فرکانس حدود ۱۵۰ هرتز تا حدود ۲۰۰۰ هرتز می‌باشد.
 - فرکانس بالا که از ۲۰۰۰ هرتز تا چندین مگاهرتز می‌باشد.
- کوره‌های فرکانس بالایی که به‌عنوان کوره‌های ذوب استفاده می‌شوند جنبه آزمایشگاهی دارند و در مقیاس بسیار کوچک ساخته می‌شوند که موضوع بحث ما نمی‌باشد.
- کوره‌های ۵۰ هرتز که عمدتاً به دو صورت بوته‌ای و کانالی ساخته می‌شوند دارای تکنولوژی قدیمی و راندمان عمومی پایین می‌باشند و بدلیل داشتن تلاطم بالا بیشتر برای ذوب چدن استفاده می‌شوند و امروزه هم در بعضی از کارخانجات در حال کار هستند. این کوره‌ها بیشتر فقط به‌عنوان نگهدارنده‌های چدن و در ظرفیت‌های چند ده تن توجیه اقتصادی دارند و به‌عنوان کوره‌های ذوب توصیه نمی‌شوند. به‌خصوص این‌که این کوره‌ها را نمی‌توان در ظرفیت‌های پایین تولید نمود.
- کوره ۵۰ هرتز برای شروع به کار از حالت سرد نیاز به بلوک‌های راه‌اندازی دارد و اگر تنظیم نشود یک حالت چرخش به‌هم-خوردگی ایجاد می‌شود که باعث جذب و حل بهتر مواد اضافی و مشتقات کربنی در فلزات مذاب می‌گردد.
- کوره‌های فرکانس متوسط با دو تکنولوژی کاملاً متفاوت در سطح جهان ساخته می‌شوند که به‌عنوان کوره‌های سری و کوره-های موازی به بازار عرضه می‌شوند.

یکی از اجزاء مدار تابلوی مبدل فرکانس خازن است که نوسان جریان در کوئل کوره و در نتیجه تلفات حرارتی مذاب را بوجود می‌آورد. اگر این خازن با کوئل بدون هیچ واسطه‌ای با یکدیگر به‌صورت موازی بسته شوند به کوره‌هایی که این‌گونه تولید می‌شوند کوره موازی می‌گویند و اما اگر این اتصال توسط یک‌سری سوئیچ قدرت که اصطلاحاً SCR نامیده می‌شوند انجام پذیرد،

این مدل از کوره‌ها، کوره‌های سری اطلاق می‌شود. هر دو مدل دارای معایب و مزایای خاص خود هستند و تولیدکنندگان بر حسب نوع منطق خود اقدام به تولید این کوره‌ها می‌نمایند.

از جمله مزایای کوره‌های سری، قدرت‌گیری سریع کوره در ابتدای کار، $\cos\phi$ بالا حتی وقتی که کوره از قدرت حداکثر خود استفاده نمی‌نماید، تولید هارمونیک کمتر و از جمله معایب آن نیاز داشتن به سوئیچ‌های قوی‌تر، گران‌تر شدن قیمت کوره را می‌توان نام برد.

اکثر کارخانجات کوره‌سازی کشورهای اروپایی نوع موازی را تولید می‌کنند و تکنولوژی سری را چند شرکت در دنیا به کار می‌برند مانند اینداکتو ترم امریکا، MIT استرالیا و....

راه‌اندازی کوره فرکانس متوسط به صورت سرد با وجود قراضه‌های بزرگ در داخل کوره امکان‌پذیر است. بنابراین خیلی سریع نوع شارژ را در یک کوره می‌توان عوض کرد (مثلاً آلیاژهای مختلف آهن) که این خاصیت از محسنات این کوره‌ها است. به هم خوردگی و چرخش مذاب در این کوره‌ها در واحدهای با دانسیته قدرت بالا و فرکانس پایین‌تر بهتر می‌گردد (برای بهینه کردن چرخش مذاب باید چگالی قدرت و فرکانس را تنظیم کرد). افت حرارتی به آب خنک در این کوره‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد و دانسیته قدرت بالا تا حدود ۱ مگاوات به ازای هر تن از ظرفیت کوره است. در مقیاس با واحدهای هم‌اندازه از نوع فرکانس ۵۰ هرتز، کوره فرکانس متوسط خروجی بالاتری دارد و این منجر به کاهش فضای لازم برای یک ظرفیت خاص می‌شود.

۲. مدیریت انرژی در بهینه‌سازی عملکرد کوره‌های القایی بدون هسته

بیش از نیمی از انرژی کل مصرفی یک کارگاه ریخته‌گری آهن در بخش ذوب استفاده می‌شود. به عنوان نمونه یک کوره القایی بدون هسته برای ذوب یک تن آهن و افزایش دمای فلز تا ۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰۰۰ کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند و با وجود محدودیت‌های بسیار در این صنایع می‌توان عملکرد این کوره ذوب را به گونه‌ای بهینه کرد تا به صرفه‌جویی قابل توجهی در مقابل هر تن آهن تصفیه شده منجر گردد. کنترل دقیق تجهیزات به منظور حداقل کردن هزینه‌ها در زمان حداکثر تقاضای شبکه برق و نصب کنترلرهای مربوطه و تصحیح ضریب قدرت و انتخاب درست تجهیزات کوره ضروری است.

الف) اثرات تغییر ضریب قدرت

ضریب قدرت	۱	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۳۳
افزایش نسبی در جریان	۱	۱/۱۱	۱/۲۵	۱/۴۳	۱/۴۷	۲/۰	۳/۰
تلفات نسبی اهمی در مدار	۱	۱/۲۳	۱/۵۶	۲/۰۵	۲/۸	۴/۰	۹/۰

ضریب قدرت پایین سبب عملکرد غیر بهره‌ور در مجموعه می‌گردد که در نهایت مصرف برق را بالا خواهد برد. برای افزایش ضریب قدرت روی خط تغذیه باید مجموعه‌هایی از خازن به صورت موازی با سیم‌پیچ کوره بسته شوند. ضریب قدرت بسته به وضعیت شارژ و شرایط پوشش در طی عمل ذوب تغییر می‌کند. با توجه به این امر خازن‌ها در دو دسته مجزای دائمی و موقتی در مدار قرار می‌گیرند که در هنگام لزوم می‌توان بخش موقتی را در مدار قرار داد یا از آن خارج کرد.

کوره‌های فرکانس متوسط قدیمی برای تولید قدرت فرکانس بالاتر از نوعی آلترناتور دوار استفاده می‌کردند. در صورتی که سیستم‌های فرکانس متوسط مدرن از یک منبع تغذیه الکتریکی استفاده می‌کنند که به کمک یک مبدل، جریان مستقیم را به جریان متناوب تبدیل می‌کنند.

بازدهی الکتریکی این واحدهای جدید تا ۹۷ درصد می‌باشد و تنظیم‌ها به صورت خودکار انجام می‌گیرد. در این کوره‌ها ضریب قدرت در تمامی سیکل ذوب بالا می‌باشد و نیازی به تغییر خازن‌های تصحیح‌کننده ندارد.

ب) مواد شارژ و عملیات بارگذاری

- نحوه بارگذاری و عملیات مربوطه در یک واحد ذوب تاثیر به سزایی در انرژی الکتریکی مصرفی به ازای هر تن از آهن مذاب دارد.
- وجود گرد و خاک و جرم بر روی مواد در انرژی مخصوص موثر است.
- هر بخشی از عملیات بارگذاری که کاهش قدرت ورودی را ضروری سازد به صورت معکوس بر هزینه انرژی لازم برای کوره اثر می‌گذارد.

برای کاهش مشکلات مربوط به تجمع مواد زاید در داخل کوره در بسیاری از صنایع ذوب مذاب دمای عملکرد بیشتری رانست به میزان مورد نیاز به کار می‌برند و یا آن‌که گاه‌گاه از دمای ذوب بالاتری برای کاهش این مواد زاید استفاده می‌کنند. در برخی کوره‌ها قبل از بارگذاری عام قطعات را تمیز می‌کنند (Shotblast) که البته این روش گران بوده و هزینه‌های کاری را افزایش می‌دهد. در مثال زیر افزایش مصرف سوخت با افزایش درجه حرارت به منظور زدایش مواد زاید نشان داده شده است. یک کارگاه ریخته‌گری از دو کوره ۱۰ تنی با مصرف انرژی ۱۸۰۰ کیلووات برای هر کوره در دمای ۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۵۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌کند. مصرف انرژی این کوره‌ها در دو شرایط با دمای بالای ذوب در ۱۵۸۰ درجه سانتی‌گراد و بدون آن در دو نوبت کاری کامل اندازه‌گیری شده است. در شرایط کاری دما بالا مصرف انرژی ۶۰۵ کیلووات ساعت بر تن و در شرایط کاری معمول متوسط انرژی مصرفی ۵۷۰ کیلووات ساعت بر تن اندازه‌گیری شده‌اند.

اندازه قراضه‌های شارژ در مصرف انرژی الکتریکی کوره تاثیر دارد. این امر بیشتر در فرکانس‌های پائین‌تر اثر بیشتری دارد. اگر دانسیته چدن شارژ در کوره پائین باشد بازدهی الکتریکی کامل حاصل نخواهد شد و باعث افزایش زمان ذوب و در نتیجه بالا رفتن مصرف مخصوص انرژی می‌گردد.

استفاده از قراضه با دانسیته کم، تاثیر مستقیم بر مصرف الکتریسیته به ازای تن مذاب تولیدی دارد. این اثر به صورت افزایش زمان ذوب خودش را نشان می‌دهد. قراضه‌های سبک و در قطعات کوچک، در اثر پدیده گداز به هم چسبیده و باعث کاهش قدرت و یا توقف آن می‌گردند. در مواقعی که از قراضه‌های سبک باید استفاده شود، در نظر داشتن مقدار فضای بالای سطح مذاب مایع در انتخاب کوره حائز اهمیت است.

هم‌چنین مواد کربوره‌کننده که به کوره اضافه می‌شوند می‌توانند بر روی مصرف مخصوص انرژی تاثیر بگذارند. این اثر در مواقعی که مسایل اقتصادی مربوط به استفاده از کربورایت‌های مختلف در یک کوره مطرح می‌باشد باید مدنظر قرار گیرد. برخی از این مواد منجر به تشکیل مواد زاید بیشتری می‌شوند که اثر معکوس بر بهره‌وری کوره خواهد داشت.

اگر بالای بوته کاملاً بسته باشد افت‌حرارتی در حدودی یک درصد قدرت ورودی خواهد بود. روش‌های زیادی برای بارگذاری کوره‌های القایی وجود دارند.

بارگذاری دستی ساده‌ترین این روش‌ها به شمار می‌رود که در آن مواد که اغلب از قبل وزن شده‌اند، توسط کارگران بر روی کف کوره قرار داده می‌شوند. این روش تقریباً کند می‌باشد و درب بالایی کوره برای مدت زمان قابل ملاحظه‌ای باز می‌ماند که در صورتی که در کوره فلز مذاب وجود داشته باشد سبب افت حرارتی زیادی می‌گردد.

بارگذاری مغناطیسی مستقیم نیز یک روش نسبتاً کند است که در این روش نیز درب بالایی باز باقی‌مانده و در زمان بارگذاری افت حرارتی وجود خواهد داشت.

بارگذاری ریزشی توسط ظروفی که ته آن باز می‌شود یک روش خیلی سریع می‌باشد و افت‌های حرارتی مربوط به عملیات بارگذاری را به حداقل می‌رساند. اما این روش نیاز به استفاده از سیستم چند طرفه دارد که هزینه‌بر بوده و در مواردی که از نظر فضا محدودیت وجود داشته باشد مشکل‌ساز است.

پ) کنترل و عملکرد کوره

عملکرد و کنترل کوره بی‌هسته در ارتباط با مصرف مخصوص انرژی بسیار مهم می‌باشد. شرایط ایده‌آل عبارت است از ذوب سریع شارژ، فوق داغ کردن سریع برای بالا بردن دمای فلز تا حداقل دمای قابل قبول و سپس تخلیه سریع فلز مایع به درون ملاحه‌های ذوب یا کوره‌های نگه‌دارنده. تحت این شرایط استفاده از الکتریسیته برای هر تن تولیدی به حداقل می‌رسد و نرخ ذوب بیشینه خواهد شد. به علاوه از فوق داغ شدن و نگه‌داری فلز در دمای بالا در مدت زمان قابل‌ملاحظه نیز جلوگیری به‌عمل می‌آید.

متاسفانه بخش ذوب، مستقل از دیگر بخش‌ها نمی‌تواند عمل کند و لذا تاخیر بروز اشکال و یا بی‌نظمی و عدم محاسبات صحیح در هر یک از این بخش‌ها بر روی بخش ذوب اثر خواهد گذاشت. زمان نگهداری بیش از حد و فوق داغ کردن غیرضروری منجر به استفاده غیرصحیح انرژی مخصوصا مواقعی که از کوره فاقد پوشش در بالا باشد خواهد گردید.

ذوب فلزات در کوره سرد نیاز بیشتری به انرژی نسبت به استفاده از یک کوره داغ در حال عمل خواهد داشت. بنابراین، چنانچه بتوان با اصلاح در برنامه هفتگی تولید تعداد راه‌اندازی‌های سرد را کاهش داد، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در استفاده و مصرف کلی انرژی الکتریکی در یک مجموعه ذوب حاصل خواهد شد.

کوره‌های القائی واسطه خوبی برای تنظیم مذاب به منظور دستیابی به مشخصه‌های مورد نیاز قبلا از ریختن فلز مذاب به دورن قالب‌ها می‌باشد زیرا می‌توان یک نمونه از درون بوت‌ه برداشت و آزمایشات لازم و یک آنالیز اسپکتروگرافی بر روی آن انجام داد و همچنین این نکته از اهمیت فراوانی برخوردار است که فلز درست در زمان مناسب به دمای تخلیه کوره (Tapping) برسد. اگر قبل از آمادگی واحد ریخته‌گری، مذاب آماده باشد در این‌صورت مذاب باید در دمای بالا نگهداری شود که این به معنای افزایش در انرژی کلی استفاده شده می‌باشد.

لازم است تا واحد ذوب زمان شروع ذوب را به گونه‌ای تنظیم کند که فلز درست در زمان صحیح آماده شود. برای حداقل کردن مصرف الکتریسیته مشارکت دو واحد ذوب و ریخته‌گری ضروری است.

ت) کنترل کامپیوتری

تجهیز کوره‌ها به ابزار اندازه‌گیری الکتریکی بسیار مهم است. در گذشته بسیاری از واحدهای ذوب الکتریکی بدون تجهیزات اندازه‌گیری نصب می‌شدند چرا که کارگاه هیچ توجهی نسبت به مصرف انرژی نداشت.

تجهیزات کنترلی که در کوره‌های جدید نصب شده‌اند این امکان را به اپراتور می‌دهند که انرژی لازم را در مراحل مختلف عملیات کوره به آن تحویل دهد. این تجهیزات قدرت ورودی را کنترل کرده و احتمال مصرف بیش از حد انرژی و دمای بیش از حد فلز را کاهش می‌دهند.

امروزه اکثر سازندگان کوره‌ها تجهیزات کامپیوتری برای پردازش داده‌ها را که مجهز به سیستم‌های نمایش می‌باشند در اختیار قرار می‌دهند. این سیستم‌ها برای کنترل و چک کردن کارآیی کوره‌ها به کار رفته و در عملکرد با بهره کوره موثرتر می‌باشد. این تجهیزات عموما اطلاعات را بر روی صفحه نمایش گر یک کامپیوتر کوچک به صورت گرافیکی و یا جدول نمایش می‌دهند.

ج) زمان‌بندی ذوب

مسائلی که در زمان‌بندی مناسب برنامه ذوب به منظور حداقل کردن مصرف انرژی درگیر می‌باشند بسته به تجهیزات موجود و کاربرد در کارگاه‌های مختلف متفاوت می‌باشند.

در چهارچوب قیودی که از طرف واحد ذوب اعمال می‌شود تلاش جهت دستیابی به اهداف زیر می‌باشد:

- دستیابی به حداکثر تعداد مراحل شروع کار از شرایط گرم، چرا که گرمایش یک کوره از حالت سرد نیاز به مصرف انرژی بیشتری خواهد داشت. این مسئله مخصوصا در مورد کوره‌های فرکانس متوسط بیشتر مطرح می‌باشد. در کوره‌های فرکانس اصلی عموما یک حوضچه مذاب فلز نگهداری می‌شود.
- هر وقت ممکن باشد باید زمان‌بندی کار به گونه‌ای باشد که به کوره پر از شارژ نیاز باشد یک کوره نیمه پر از یک کوره کاملا پر بهره‌وری کمتری دارد.
- کاهش زمان تخلیه کوره و تعداد آن‌ها
- تعیین و اعمال بهترین روش، به عنوان مثال: مقدار فلز باقی‌مانده در کوره پس از تخلیه، چرا که این نیز در مصرف مخصوص انرژی موثر است.

برای عملکرد بهینه، اکثر کوره‌های فرکانس اصلی باید با مذابی در حدود دو سوم ظرفیت نامی کارکنند، در هر حالی که طراحی سیم‌پیچ و هندسه کوره، اندازه بهینه حوضچه باقی‌مانده از مذاب را تعیین خواهد کرد.

در مواقع بسیاری دو کارگاه ذوب یکسان از نظر طراحی و ظرفیت، مقادیر مصرف انرژی متفاوتی دارند. از بین دلایل زیادی که برای این مسئله می‌توان عنوان کرد زمان نگهداری مذاب در دمای خاص بیش از بقیه اهمیت دارد. به طور ایده آل، کوره‌های فرکانس متوسط باید بلافاصله بعد از آن که مذاب به دمای مورد نظر می‌رسد تخلیه گردند و می‌توان زمان‌بندی عملیات را به گونه‌ای تنظیم نمود تا بتوان این امر را محقق نمود.

چ) روش پوشش‌دهی سطح کوره

بخشی از حرارت اتلافی از کوره از بدنه آن صورت می‌گیرد. این حرارت یا به وسیله آب خنک‌کن جذب می‌شود و یا آن که به صورت تشعشعی از بدنه بیرونی کوره به محیط داده می‌شود. حرارت اتلافی از این طریق می‌تواند تا حدود ۲۰ تا ۳۵ درصد کل حرارت انرژی ورودی به کوره باشد. این افت حرارتی به سطح حمام فلز مذاب که با پوسته کوره در تماس است و همچنین با ابعاد و خواص حرارتی آن بستگی دارد.

افزایش ضخامت جداره انتقال حرارت را کاهش می‌دهد اما به طور معکوس بر ارتباط بین شارژ فلزی و سیم پیچ اثر منفی دارد که باعث کاهش بازدهی الکتریکی خواهد شد.

بنابراین میزان بهبودی که از این طریق میسر است محدود خواهد بود.

ح) مدیریت انرژی

یک شرط لازم برای مدیریت خوب انرژی در کوره‌های القایی زیر نظر داشتن مصرف انرژی و تحلیل داده‌های مربوط به مصرف انرژی است به طوری که بتوان عملکرد فعلی تجهیزات ذوب را به درستی فهمید و در اختیار داشت. در این راستا پیشنهاد می‌شود که از دستگاه‌های اندازه‌گیری و ثبت دقیق و جزئی اطلاعات برای هر نوبت ذوب استفاده شود. هر اطلاع ثبت شده باید مشتمل بر نوع ذوب شده، وزن، تاریخ و زمان مربوط، دمای تخلیه و مصرف انرژی باشد.

با توجه به تغییر هزینه برق در ایام روز و در فصول مختلف ثبت هزینه هر کیلووات ساعت در کنار ثبت کیلووات ساعت مصرفی برای هر تن ماده مذاب نیز از اهمیت حیاتی برخوردار است. در صورت وجود هزینه‌های بالا در ساعات پیک، بهتر است برنامه کاری گونه‌ای تنظیم گردد که در این اوقات از روز، کوره‌ها در حداکثر مصرفی کار نکنند.

در هنگام بدی آب و هوا و دمای پائین غیر معمول مراکز تولید و توزیع قدرت مجبور به اضافه تولید می‌گردند. در چنین مواردی ممکن است از مصرف‌کننده‌های صنعتی برای کمک به مدیریت شبکه قدرت دعوت به عمل آید تا در مورد یک قیمت بسیار مناسب برای برق در این زمان‌ها بحث شود. واضح است که قبل از هر گونه تنظیم هزینه از این نوع، صنایع باید منافع حاصل از چنین توافقی‌هایی را به خوبی مورد بررسی قرار دهند.

با توجه به این که کوره‌های القایی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده برق در اکثر کارگاه‌های ریخته‌گری هستند، لذا کنترل دقیق این تجهیزات به منظور حداقل کردن هزینه‌ها در زمان حداکثر تقاضای شبکه برق مهم است. نصب کنترل‌کننده‌ها مربوط به زمان حداکثر تقاضا برای تمام کارگاه‌های ریخته‌گری مجهز به وسایل الکتریکی منطقی به نظر می‌رسد. انواع مختلف این کنترل‌کننده‌ها با کارایی مناسب در شرایط مختلف در بازار موجود می‌باشند.

خ) انتخاب سیستم های ذوب (بدون هسته) جدید

در مواقعی که نیاز به خرید کوره‌های جدید یا دست‌دوم باشد عنایت به برخی مسائل می‌تواند منجر به دست‌یابی به بازدهی انرژی بالا و در نتیجه کم‌ترین هزینه عملکرد گردد. اگر چه مسائل بسیار دیگری نیز باید مدنظر قرار گیرند اما به هر حال مسئله بهره‌وری انرژی از اولویت بالایی برخوردار است چرا که در دراز مدت هزینه‌های عملکردی به همان اندازه هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه اهمیت پیدا خواهند نمود.

اولین و شاید مشکل‌ترین مسئله برآورد صحیح از نیاز آتی به انواع مختلف فلزاتی است که باید برای واحد ذوب تامین گردند. تخمین دست‌پائین برای ظرفیت ذوب مورد نیاز منجر به محدودیت در حجم ریخته‌گری کارگاه خواهد شد. از طرف دیگر ظرفیت بیش از حد منجر به هزینه‌های سرمایه‌گذاری غیرضروری، پیش‌بینی فضای اضافی و در نهایت استفاده با بهره‌وری کمتر از انرژی خواهد گردید.

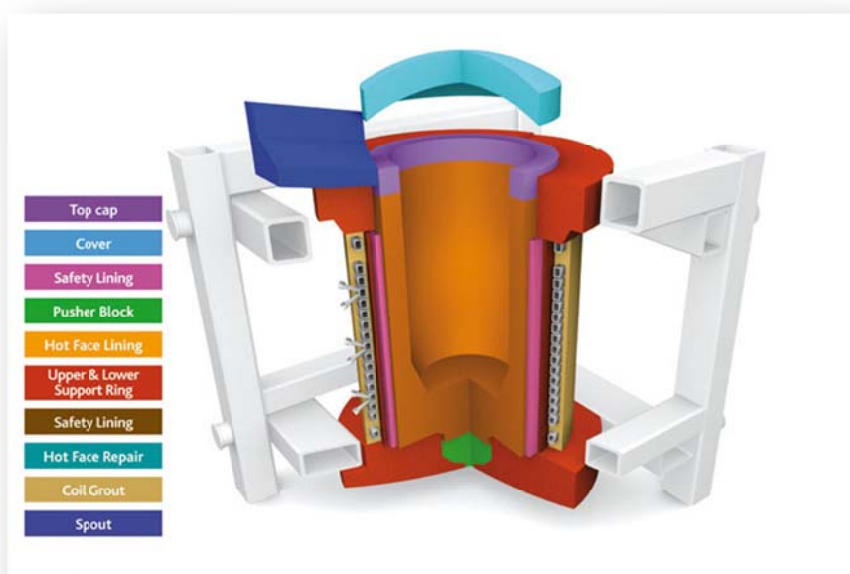
مسئله کلیدی بعدی تصمیم‌گیری در مورد میزان مذاب و تواتر تحویل آن است، چرا که این امر تاثیر قطعی بر انتخاب نرخ ذوب، ظرفیت و ملزومات عملکرد کوره‌ها دارد. نوع فلزی که باید ذوب شود، دمای تخلیه، مواد خام و مدیریت تایید و تنظیم ترکیب مواد از جمله مواردی هستند که باید به دقت مورد نظر قرار گیرند. مسئله نگهداری مذاب و هزینه‌های مربوط به برق نیز باید مرور گردند.

(د) نتیجه‌گیری

برای آن‌که بتوان کوره‌های القایی را تحت شرایط بهینه در اختیار داشت، باید روش‌های بیان شده در قبل را به درستی به کار برد. نکته اساسی آن است که در مرحله تعیین مشخصه‌های کوره دقت کافی انجام گیرد تا بتوان نوع کوره، روش‌ها و شرایط عملکرد را به درستی انتخاب نمود. نکات زیر در تحقق این امر کارساز است.

- ۱) در تهیه پیشنهاد برای خرید یک واحد ذوب جدید مسئله پائین بودن هزینه‌های کاری در ارتباط با مصرف انرژی باید مدنظر قرار گیرد. از جمله پارامترهایی که در مصرف مخصوص انرژی کوره موثر است، ظرفیت، دانسیته، قدرت و فرکانس کاری کوره می‌باشد.
- ۲) به منظور دنبال کردن میزان مصرف مخصوص انرژی، میزان انرژی استفاده شده و فلز ذوب شده باید به طور صحیح و پیوسته مشخص شوند.
- ۳) حتی‌الامکان باید از مواد تمیز استفاده شود که نیازی به انرژی کمتری برای ذوب شدن خواهد داشت. چنانچه مواد مورد استفاده، مواد انباری کثیف باشند باید دید که آیا میزان صرفه‌جویی حاصل از خرید این مواد، هزینه اضافی لازم برای ذوب این گونه مواد را جبران می‌کند یا خیر.
- ۴) با توجه به آن‌که در هنگام بارگذاری مواد جدید درب کوره باز می‌ماند و برق کوره قطع می‌باشد، لذا باید سعی کرد که این عملیات با حداکثر سرعت ممکن انجام شود.
- ۵) حتی‌الامکان باید سعی کرد که این عملیات با حداکثر قدرت مجاز انجام شود. هرچه عملیات ذوب بیشتر طول بکشد مصرف مخصوص انرژی بالاتر خواهد رفت.
- ۶) سعی شود تا زمان رسوب‌زدایی به حداقل ممکن کاهش یابد.
- ۷) اطمینان از آب‌بندی کامل درب کوره و بسته بودن آن در تمام لحظات ضروری است مگر در مواقعی که نیاز به دسترسی به حمام ذوب داشته باشیم. مسئله درب‌های کوره علی‌الخصوص در کوره‌های با فرکانس اصلی که معمولاً مذاب به مدت طولانی در آن‌ها نگهداری می‌شوند حائز اهمیت می‌باشد.
- ۸) در ارتباط با مسئله رسوب باید یک سیاست خاص و مناسب داشت. تجمع رسوبات و فرسایش پوشش کوره در اثر حملات ناشی از رسوبات بر میزان مصرف مخصوص انرژی موثر است.
- ۹) هیچ‌گاه نباید دمای مذاب درون کوره از حد لازم بالاتر رود. فوق‌داغ کردن غیرضروری فلز فقط هدر دادن انرژی است.
- ۱۰) هرگونه تاخیر در کار کوره در هنگامی که نیاز به ارزیابی ترکیب مذاب و تنظیم آن است باید به طور دقیق ثبت شود. باید سعی شود که از روش‌ها و امکانات مناسب برای انجام عملیات بهبود و تنظیم ترکیب مذاب استفاده نمود.
- ۱۱) زمان‌بندی انجام امور در کارگاه‌های ریخته‌گری باید به گونه‌ای باشد که کوره‌های حاوی مذاب در هنگام آماده‌سازی ملاحظه‌ها و قالب‌ها معطل باقی نمانند. نگهداری بیش از حد مذاب نه تنها باعث افزایش انرژی مصرفی می‌شود بلکه اثرات مخربی نیز بر کیفیت مذاب در مواقعی که میزان کربن آهن کاهش می‌یابد، دارد.
- ۱۲) استفاده از تجهیزات کنترل اتوماتیک امکان تعیین انرژی لازم برای ذوب و نگهداری مذاب را قبل از عملیات ایجاد می‌نماید و احتمال مصرف انرژی اضافی را کاهش خواهد داد.
- ۱۳) سعی شود از تجهیزات کنترل پیوسته و یا کنتاکتور قدرت به جای تجهیزات قدیمی استفاده شود. این تجهیزات در هنگام فرآیند تخلیه و بارگذاری منجر به بهبود مصرف مخصوص انرژی خواهند شد.

- ۱۴) در صورت امکان باید از شروع سرد عملیات ذوب خودداری کرد. با توجه به جرم حرارتی بالای پوشش دیرگداز کوره و انرژی لازم برای گرم شدن آن، شروع از شرایط گرم باشد.
- ۱۵) در پایان هر روز باید مواد فلزی را در کوره داغ قرار داد تا بخشی از حرارت آشکار کوره را در طول شب جذب نماید که منجر به کاهش انرژی لازم برای اولین عملیات ذوب روز بعد خواهد شد.
- ۱۶) تخلیه بخارات و گرد و غبار از محیط عملیات ذوب نیاز به انرژی دارد. لذا باید تجهیزات مربوطه بلافاصله بعد از پایان عملیات ذوب خاموش شوند.
- ۱۷) اگر کوره کهنه و قدیمی باشد خازن‌های آن احتمالاً باید آزمایش شوند. چرا که ضریب قدرت ضعیف منجر به افزایش هزینه‌های برق و کاهش نرخ ذوب می‌گردد. باید دقت داشت که گذر زمان باعث تخریب خازن‌ها می‌شود.
- ۱۸) استفاده از حرارت اتلافی موجود در مدار آب خنک‌کن باید حتی‌الامکان مورد نظر قرار گیرد.



شکل ۲: طرح‌واره یک کوره ذوب القایی بدون هسته

- مراجع فارسی:

- ۱- مدیریت انرژی در بهینه‌سازی عملکرد کوره‌های القایی بدون هسته، محمد علی رحیم خانی، کارشناس سازمان بهره‌وری انرژی ایران و عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۲- راهنماهای فنی مدیریت انرژی - وزارت نیرو - امور انرژی - سازمان بهره‌وری انرژی ایران، سال ۱۳۷۵
- ۳- اصول مدیریت انرژی - گرگ بی اسمیت ۱۳۷۶

- مراجع اصلی:

1. Good – practice Guide. 1992
2. Training Gourse on energy Efficiency in industry.1995.
3. Smith, C., B. et al. 1980," changing energy use futures "energy conversion and management, 20(4).
4. Fazzolar, R.A and smith, C.B., 1979, " changing energy use futures " procceding of the second international conference on energy management, NEW-YORK pregamon press.
5. Indu, R.D., 1980 Electrical power management in industry Boea Raton, Floriola: CRC press.
6. Control and energy saving in industry, 1992 (energy efficiency Book lets).
7. Economic use of electricity in industry. 1992," energy efficiency Book lets.

- مراجع اینترنتی

- ۱- وبلاگ <http://metallurgy-2011.persianblog.ir>
- ۲- وبسایت شرکت کوره‌های القایی دماوند <http://www.damavandfurnace.com>
- ۳- وبسایت شرکت تولیدی پرتو کوره القایی تپکا. <http://tapka.ir>

نوشته: رسول پایدار نوبخت

واژه‌نامه ۲

- بوش محافظ محور

بوش محافظ محور یک عنصر ساختاری برای محافظت محور پمپ در برابر آسیب‌های مکانیکی (مانند تماس محور با آب‌بند مکانیکی، پوسته، و یاتاقان) و آسیب‌های شیمیایی (مانند تماس محور با سیال خورنده) می‌باشد.

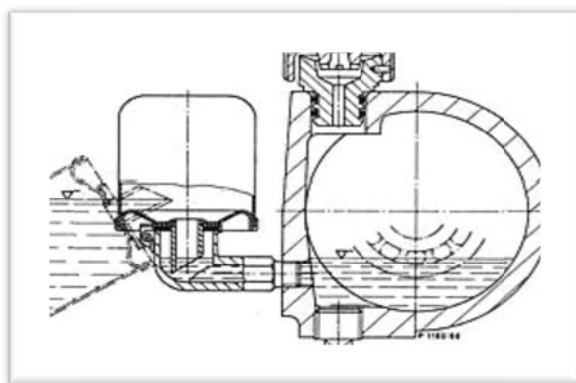


طراحی بوش محافظ محور باید طوری باشد که سیال پمپ‌شونده مابین محور و بوش جریان پیدا نکند، همچنین انبساط حرارتی در راستای محور توسط بوش محافظ محور تحت کنترل باشد، به طوری که بوش محافظ محور، محور را در مقابل جابه‌جایی محوری و مماسی محافظت نماید.

- اویلر سطح ثابت^{۲۰}

اویلر سطح ثابت برای تحت کنترل قراردادن میزان روغن روان کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. (به‌عنوان مثال در روان کاری یاتاقان‌های غلتشی) به‌منظور دستیابی به روان کاری مطمئن در هنگام بهره‌برداری، سطح روغن محفظه یاتاقان به‌طور خودکار در سطح مناسبی نگه داشته می‌شود و این عمل تا زمانی که در مخزن اویلر روغن وجود داشته باشد ادامه می‌یابد.

مخزن اویلر باید همیشه حداقل به‌میزان یک‌سوم پر نگه داشته شود تا طی دوره‌ای طولانی از کارکرد دستگاه، از کافی بودن سطح روغن اطمینان حاصل نمود. خطوط نقطه‌چین در تصویر ذیل موقعیت روغن موجود در مخزن را پس از پر کردن نمونه نشان می‌دهد.



نوشته: هوشمند اسماعیل‌زاده، امیر رشیدی‌زاده

²⁰ Constant Level Oiler

شرکت آریا سهند

(با مسئولیت محدود)

تولید کننده پمپ های صنایع نفت و پتروشیمی، صنایع و معادن، آب و فاضلاب
مطابق با استاندارد API 610 و ISO 5199

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان قائم مقام فراهانی، خیابان مشاهیر، کوچه زیبا، پلاک ۴، طبقه سوم، واحد ۶
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۱۳۴۶۱-۳ فکس: ۰۲۱-۸۸۸۱۳۴۶۴
آدرس کارخانه: تبریز، کوی صنعتی سهند، پلاک ۴
تلفکس: ۰۴۱۱-۴۲۰۱۳۰۰
www.aryask.com
info@aryask.com