اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

معرفی و دستورالعمل عملیات هات تپ و انسداد خط لوله

اطلاعات طراحی و عملیاتی

پیشگام صنعت ابزار

Operational Pipeline Equipment & Systems (OPES)

ویرایش نخست

مرداد ۱۳۹۱

پیشگام صنعت ابزار

دفتر مرکزی: تهران- خیابان امام خمینی- پاساژ ابزار و یراق- طبقه سوم- شماره ۳۷۲

کارخانه: کرج- کمالشهر- رضوانیه- خیابان ۱۵ام- پلاک ۳
info@pishgam.co.ir, www.pishgam.co.i

این دستورالعمل بر مبنای تجربیات ارزشمند کاری این شرکت در مطابقت کامل با استانداردها و همچنین تجربیات شرکت‌های مشابه بین‌المللی فعال در این زمینه تدوین شده است. تمامی حقوق مربوط به این کتابت محفوظ است.

مقدمه

کمپانی‌های انتقال و توزیع گاز و دیگر سیالات هرساله جهت تعمیر، توسعه و بهینه‌سازی سیستم موجود خود نیاز به ایجاد اتصالات و انشعابات زیادی در خطوط لوله دارند. به طور عادی برای این منظور نیاز است تا بخشی که لازم است روی آن عملیات انجام شود، از سرویس خارج شده و گاز و یا سیالات دیگر داخل آن به محیط خارج یا هوا هدایت شوند. این قضیه سبب آلودگی محیطی و همچنین هدرفتن هزینه‌ها و زمان می‌شود.

بنابراین استفاده از راهی که بتوان توسط آن به هدف ایجاد انشعاب ویا تعمیر یا ... بدون قطع جریان سیال در خط دست یافت، راهی مقرون به صرفه و بهینه به نظر می‌رسد. هات تپ، روشی است که این امر را ممکن می‌سازد. گرچه فرایند هات تپ یک فرایند جدید نیست اما پیشرفت‌هایی که در آن به وجود آمده است سبب کاهش پیچیدگی این فرایند و بالارفتن حداطمینان آن شده است. این فرایند تقریبا به صورت روزمره و معمول در صنایع انتقال سیالات به کار می‌رود. مزایای استفاده از هات تپ عبارتند از:

- کارکرد پیوسته سیستم
- جلوگیری از ورود سیالات داخل لوله به محیط زیست
- صرفه جویی کلی در هزینه
- سرعت بسیار بالا در اجرای کار
- افزایش ایمنی

در این نوشته تلاش بر این است که با یک معرفی اجمالی فرایند هات تپ، دستورالعمل جامعی در مورد اجرای آن ارائه گردد. تمامی نقطه‌نظرها، دستورالعمل‌ها و اطلاعات ذکر شده در این نوشته بر مبنای تجربیات این شرکت در طی سالها در زمینه‌های طراحی، ساخت، عملیات، نگهداری و پشتیبانی واحدها و تجهیزات عملیاتی در مناطق و صنایع مختلف است. شایان ذکر است زیربنای کلیه امور مهندسی، استانداردهای بین‌المللی مرتبط با زمینه کار بوده‌اند.

در اینجا هدف، تعیین یک دستورالعمل استاندارد برای طراحی مناسب و همچنین اجرای دقیق عملیات به منظور ارائه به کارفرمایان و همچنین مشتریان محصولات این شرکت است. اطلاعات ذکر شده در این دفتر به گونه‌ای تدوین شده اند که هر یک از مصرف کنندگان و یا پرسنل عملیاتی شرکت، بتوانند با توجه به شرایط محیطی پروژه و ملزومات آن، عملیات را طرح‌ریزی و اجرایی کنند.

موضوع

عملیات هات تپ[1] و انسداد خط[2] به عنوان آخرین راه برای ایجاد اتصالات، انشعابات و یا ایزوله کردن یک قطعه یا تجهیز را بر روی خط لوله در حال سرویس محسوب می شود. یعنی انجام عملیات بر روی خط در حالی صورت می پذیرد که در داخل آن سیال در حال حرکت است. این دستورالعمل تمامی ملاحظات مربوط به عملیات هات تپ و انسداد خط را در بر دارد.

فرض بر این است که سیستم‌های خطوط لوله بر مبنای استانداردهای ASME B31.3, B31.4, B31.8 و یا ترکیبی از آنها طراحی، اجرا و استفاده شده‌اند.

توجه مهم: دستورالعمل ذیل اساسا بر مبنای استاندارد API 2201 تدوین شده است و توصیه می‌شود که عملیات هات‌تپ بر مبنای این دستورالعمل انجام شود. اما بر طبق گفته همین استاندارد، در شرایطی خاص که عدم انطباق وجود داشته باشد می-توان عملیات هات‌تپ را انجام داد (API 2201- Para. 1.3) این شرایط عبارتند از:

- پیوستگی جریان در خط لوله ضروری باشد.
- شات‌داون خط ممکن نباشد.
- تجهیزات مخصوصی به کار رود تا ایمنی افراد را تضمین کند.

[1] Hot Tap
[2] Line Plugging

Contents

۱. معرفی اجمالی فرایند هات تپ و انسداد ۷
۱.۱. عملیات هات تپ ۷
۱.۱.۱. بخشهای مختلف دستگاه هات تپ ۷
۱.۱.۲. مراحل انجام عملیات هات تپ ۸
۱.۲. عملیات انسداد و مراحل آن ۱۱
۲. مستندسازی ۱۵
۳. مسئولیتها ۱۷
۳.۱. بخش مهندسی ۱۷
۳.۲. گروه بازرسی ۱۸
۳.۳. بخش اجرایی عملیات ۱۸
۴. شرایط عملیات ۱۸
۴.۱. ملاحظات و محدودیتها ۱۸
۴.۱.۱. ملاحظات مربوط به دستگاه هاتتپ ۱۸
۴.۱.۲. محدودیت نوع سیال داخل خط و یا تجهیزات ۱۸
۴.۱.۳. ملاحظات تشکیل مواد سمی ۱۹
۴.۲. نکات جوشکاری اسپلیت تی ۲۰
۴.۳. دمای لوله ۲۲
۴.۴. شرایط سیال داخل خط ۲۳
۴.۴.۱. سرعت سیال ۲۳
۴.۴.۲. فشار سیال داخل خط ۲۳
۵. شرایط خاص مکان عملیات هاتتپ ۲۶
۵.۱. جوشکاری و یا هاتتپ بر روی مخازن در حال سرویس ۲۶
۵.۲. جوشکاری و یا هاتتپ بر روی درپوش مخازن با سقف شناور ۲۶

۵.۳ جوشکاری و یا هاتتپ بر روی لولهها و یا تجهیزات پوششدار ۲۷
۵.۴ هاتتپ در مکانی قبل از تجهیزات و شیرآلات ۲۷
۶ موقعیت عملیات هات تپ ۲۷
۷ طراحی ۲۸
۷.۱ طراحی اسپلیت تی ۲۸
۸ دستورالعمل تست ۲۹
۸.۱ دستورالعمل تست فشار ۲۹
۸.۱.۱ تست هیدرواستاتیک ۲۹
۸.۱.۲ تست پنوماتیک ۲۹
۹ راستای عملیات هات تپ ۳۰
۱۰ نکات انسداد خط ۳۱
۱۱ ایمنی ۳۱
۱۲ محدودیتهای فیزیکی ۳۲
13. REFERENCES ۳۲

PishgamSanatAbzar Co.

Pipeline services

۱. معرفی اجمالی فرایند هات تپ و انسداد

۱.۱. عملیات هات تپ

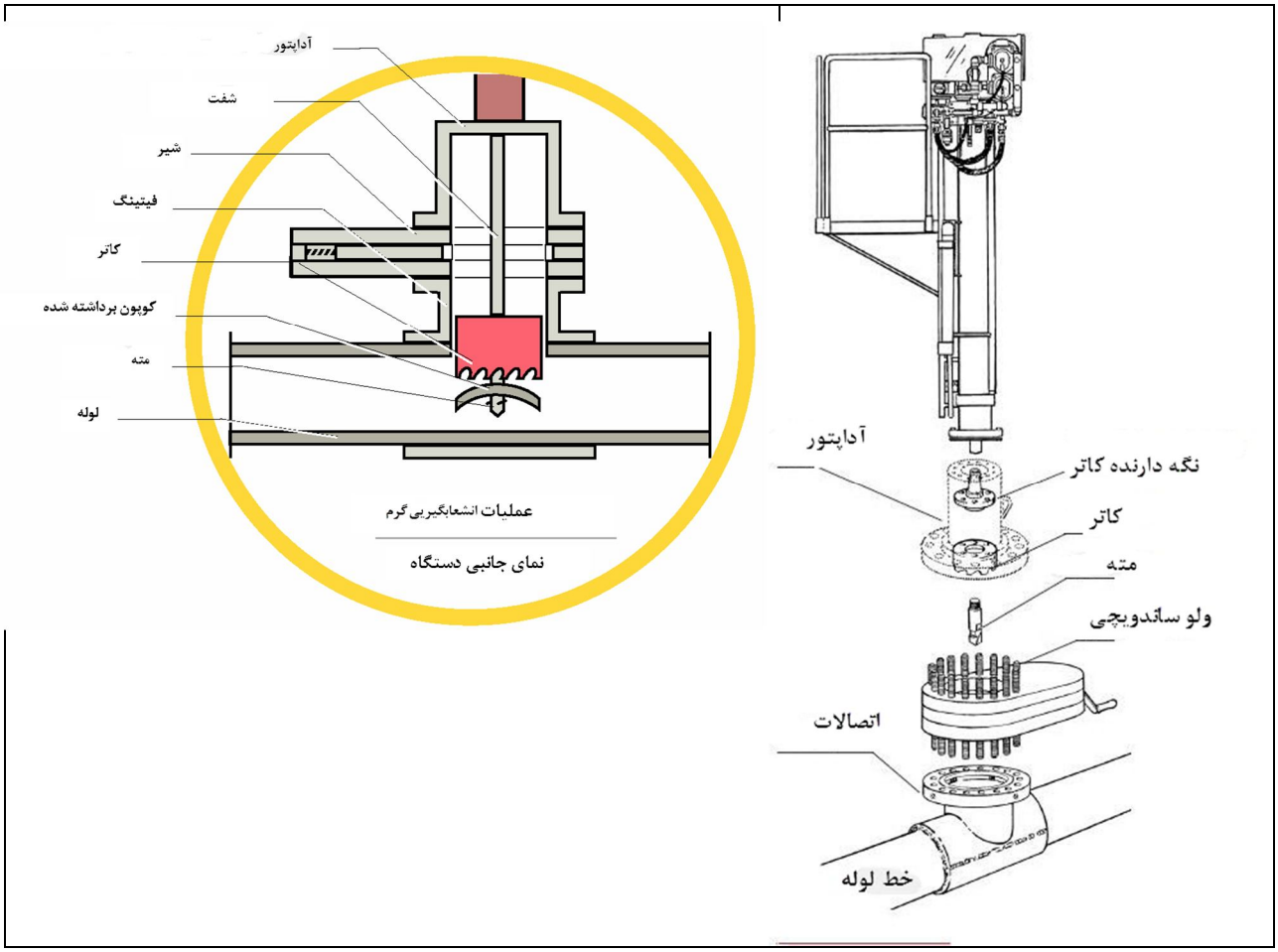
عملیات هات تپ، یک عملیات بسیار دقیق ایجاد سوراخ برروی لوله‌های حاوی سیال است به نحوی که خط قطع نشده و جریان آن نیز متوقف نگردد. در این عملیات دست‌یابی به داخل توسط یک لوله توسط یک مته[۱] و کاتر[۲] دایروی صورت می‌گیرد. مواردی همچون اتصال یک انشعاب به خط، اتصال یک پروب داخلی برای مونیتور کردن لوله و یا متوقف کردن جریان سیال در داخل لوله به منظور تعمیر آن نیز در زمره کاربردهای این فرایند قرار می‌گیرند.

دستگاه‌های هات‌تپ معمولا به صورت استاندارد و به طور تجاری تولید می‌شود اما ممکن است بعضی از کمپانی‌ها به طور خاص برای موارد مورد نیاز خودشان، دستگاه‌های ویژه‌ای نیز بسازند. نیرومحرکه دستگاه‌های هات‌تپ می‌تواند از طریق دست، هوا، هیدرولیک و یا برق تامین شود. ماشین‌آلات فارق از نوع آنها باید قادر به جداکردن و نگه داشتن کوپون از لوله باشند. درزبندها و عایق‌های به کار رفته در دستگاه هات‌تپ باید با سیال داخل لوله همخوانی و مطابقت داشته باشند. جنس مته و همچنین کاتر دستگاه نیز باید طوری انتخاب شود که به راحتی توانایی برش لوله را داشته باشد. همچنین دستگاه‌های هات‌تپ باید به نحوی طراحی و ساخته شوند که توانایی تحمل تنش‌ها و فشارهای ناشی از شرایط کاری را داشته باشند (API 2201. Para 2.1).

۱.۱.۱. بخش‌های مختلف دستگاه هات تپ

یک دستگاه هات تپ از تکنولوژی دقیقی برای ساخت بهره برده است. شکل زیر بخش‌های مختلف یک دستگاه هات تپ شامل آداپتور و کاتر[۳]، شفت[۴]، شیر[۵]، اتصالات‌ها و مته[۶] را نشان می‌دهد:

[1] Pilot Drill
[2] Hole saw cutter
[3] Cutter
[4] Boring Bar
[5] Valve
[6] Pilote drill



کوپن‌های برداشته شده به شکل زین اسبی هستند. در حین عملیات باید دقت داشت که محور دستگاه کاملا منطبق بر محور لوله باشد تا در حین عملیات برش مشکلی ایجاد نشود. شکل زیر انواع مختلف کوپن‌های برداشته شده را نشان می‌دهد:

۱.۱.۲. مراحل انجام عملیات هات تپ

مراحل انجام کار به این شرح است:

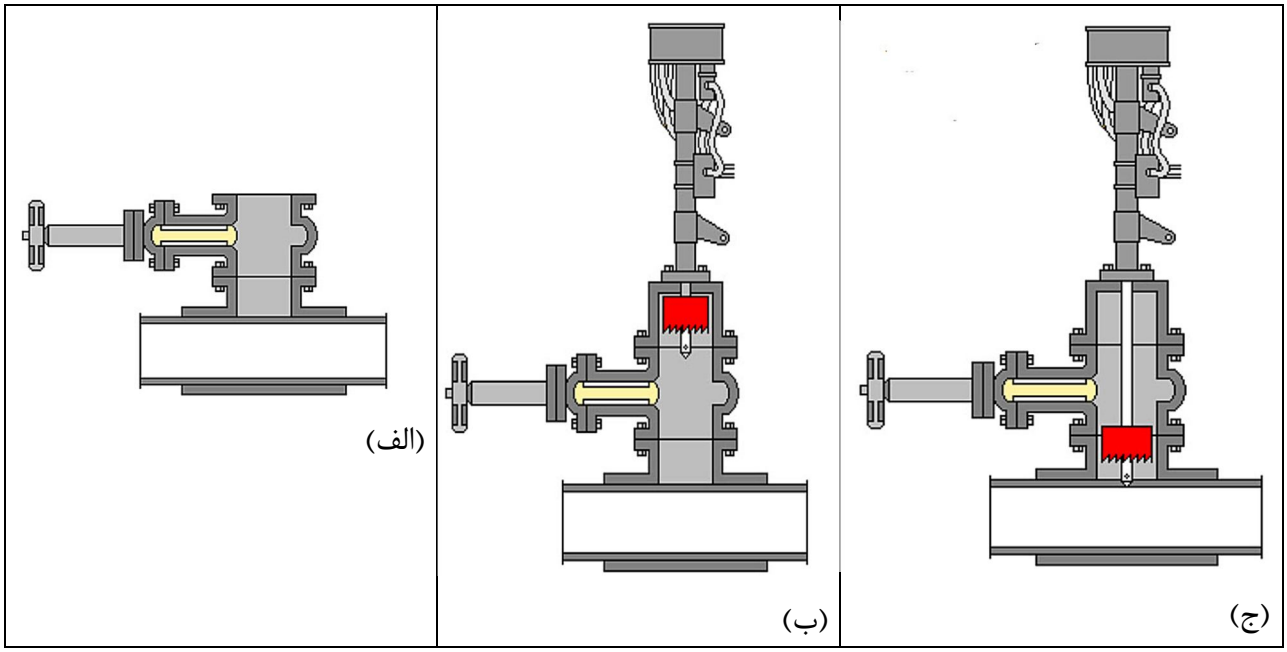
۱. محل انشعاب به خوبی و به طور دائمی با اتصالات[1] آب‌بندی می‌شود.

۲. یک شیر بر روی اتصالات نصب می‌شود.

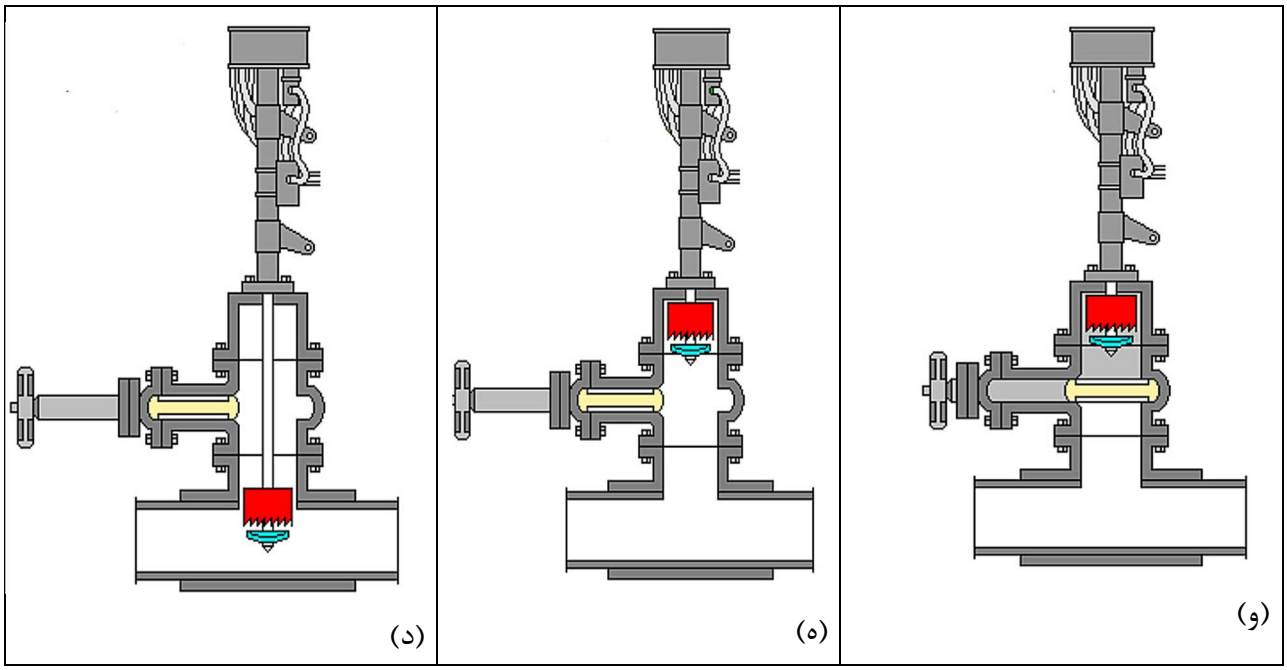
۳. دستگاه هات تپ بر روی اتصالات نصب می‌شود و شیر باز می‌شود. زمانی که مته در داخل لوله فرو می‌رود، محفظه داخل دستگاه پر از سیال داخل لوله می‌شود و هوا از داخل آداپتور[2] به بیرون می‌زند. این کار با بازکردن شیر مخصوص انجام می‌شود. سوراخ درد اخل لوله ایجاد شده و کوپن[3] بیرون کشیده می‌شود.

۴. شیر بسته شده و دستگاه هات تپ جدا می‌شود. انشعاب مورد نظر ایجاد شده و شیر باز می‌شود. انشعاب ایجاد شده آماده عملیاتی شدن است. این عملیات بسیار سریع و دقیق است.

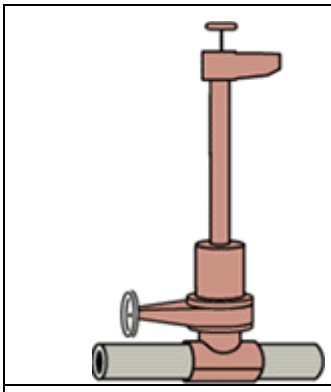
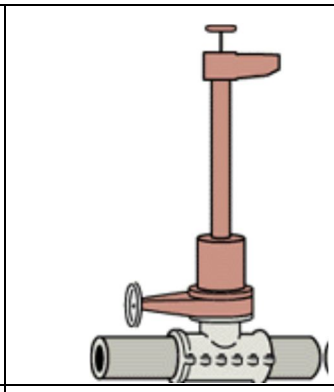
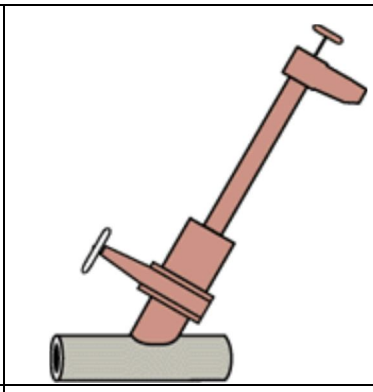
شکل زیر به ترتیب از الف تا و، مراحل عملیات هات تپ را نشان می‌دهد:



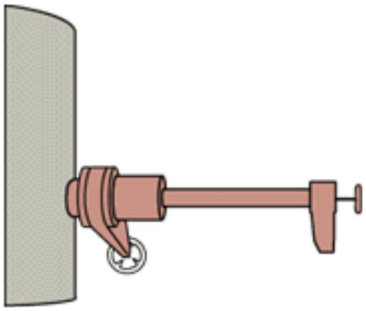
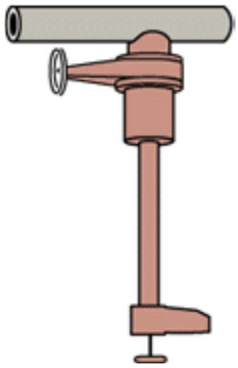
[1] Fitting
[2] Housing
[3] Coupon



انشعابات مختلفی را می‌توان توسط عملیات هات تپ ایجاد کرد. هر نوع انشعاب و شرایط کاری، نیازمند تعیین دقیق پارامترهای مختص آن شرایط است. شکل زیر برخی از انواع انشعابات قابل ایجاد توسط فرایند هات تپ را نشان می‌دهد:

		
انشعابات هم‌اندازه یا با اندازه کمتر از لوله (اتصالات جوشکاری شده)	انشعابات هم‌اندازه[1] یا با اندازه کمتر از لوله[2] (اتصالات مکانیکی)	انشعابات زاویه دار

[1] Size on Size
[2] Reduced Size

		
	انشعابات مخازن[1]	انشعابات معکوس[2]
کاربردهای مختلف فرایند هات تپ		

۱.۲. عملیات انسداد و مراحل آن

عملیات انسداد[3]

مسدود کننده[4]، تجهیزی است که به داخل لوله هدایت شده و جریان سیال در آن را متوقف می‌کند تا عملیات نصب، تعمیر یا دیگر عملیات بر روی لوله انجام شود. در این فرایند، یک مسدودکننده از طریق اتصالات مخصوص آن داخل لوله قرار داده می‌شود و جریان سیال داخل لوله متوقف شده یا اینکه از طریق یک مسیر فرعی[5] به راه خود ادامه می‌دهد.

عملیات انسداد به طور معمول دارای چهار مرحله است که عبارتند از:

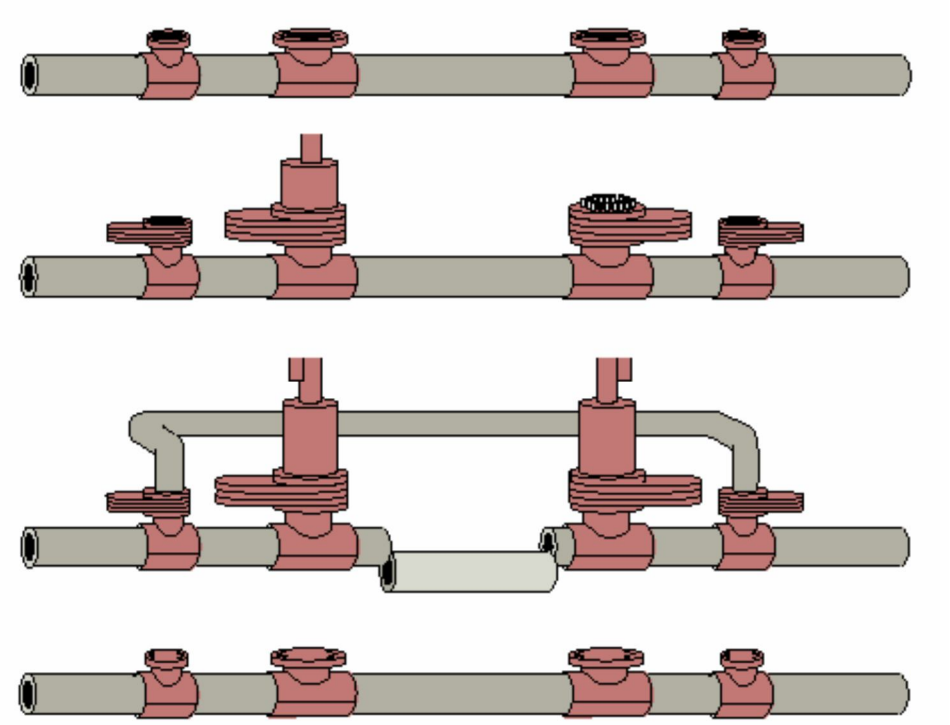
۱. اتصالات‌های مخصوص در چهار محل به صورت دائمی روی لوله ایجاد می‌شوند.
۲. شیرهای ساندویچی[6] به صورت موقتی بر روی این اتصالات‌ها قرار می‌گیرند و عملیات انشعابگیری انجام می‌شود.

[1] Tank Tabs
[2] Inverted Tabs
[3] Stoppling
[4] Stopple
[5] Bypass
[6] Sandwich Valves

۳. دو دستگاه مسدود کننده بر روی مجموعه نصب می‌شوند. در این شرایط، سیال از طریق مسیر فرعی موقتی ایجاد شده به مسیر خود ادامه می‌دهد. عملیات مورد نظر اعم از تعمیر یا هرنوع عملیات دیگری بر روی لوله بین دو مسدود کننده انجام می‌شود.

۴. مسیر فرعی موقتی برداشته شده و درپوش‌های قفل شونده اورینگ دار[1] توسط دستگاه هات تپ بر روی اتصالات مسدودکننده ها قرار می‌گیرند.

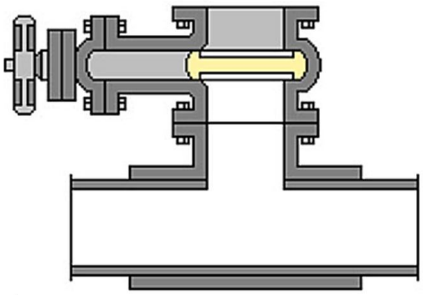
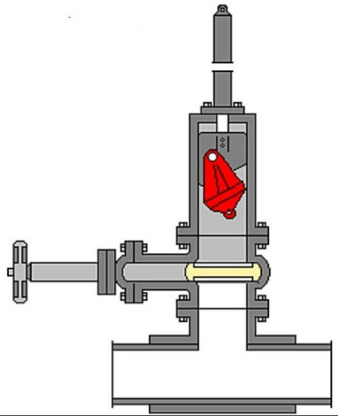
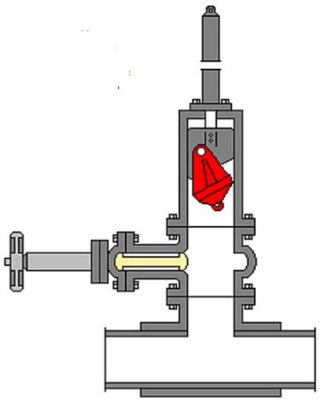
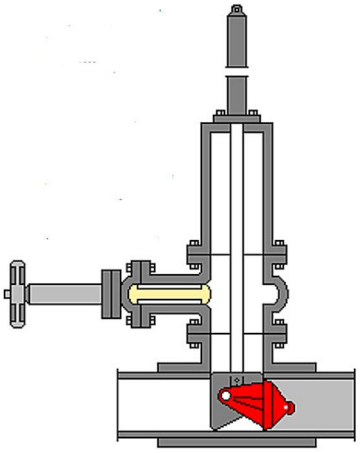
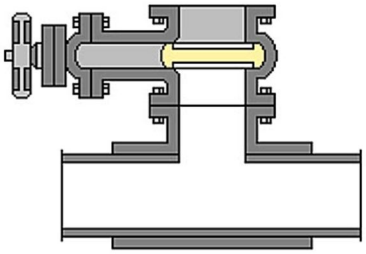
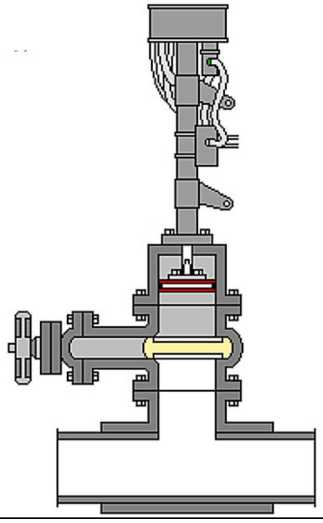
شکل زیر به طور شماتیک این چهار مرحله را نشان می‌دهد:

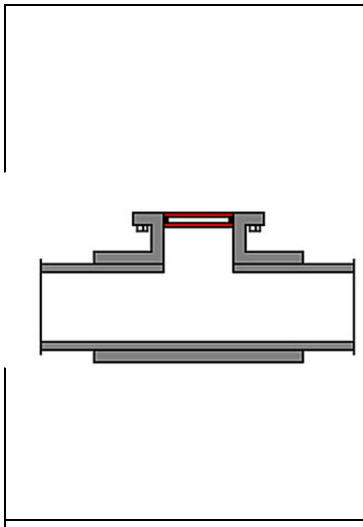
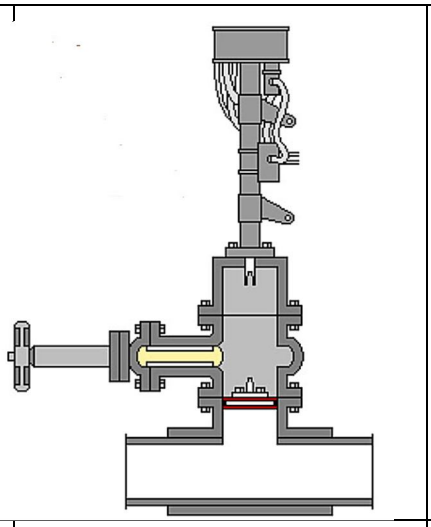
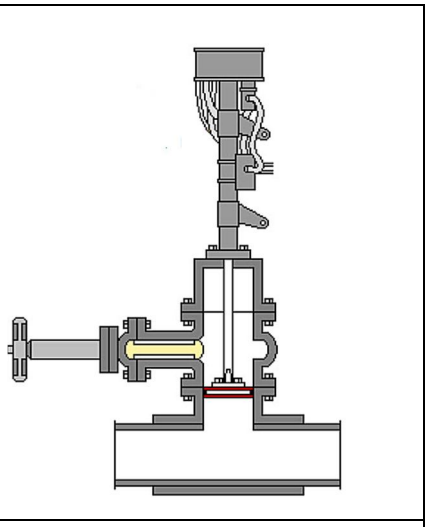
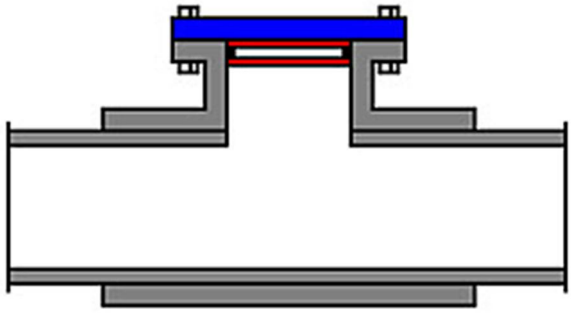


عملیات معمول انسداد با دو مسدود کننده و ایجاد یک انشعاب فرعی

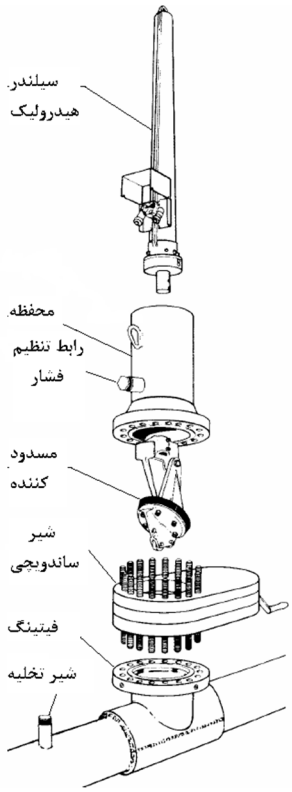
شکل زیر به طور شماتیک مراحل مختلف انسداد لوله توسط مسدودکننده و سپس خروج آن و بازشدن مسیر سیال را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، پس از خروج مسدود کننده از داخل لوله، یک درپوش از نوع قفل‌شونده اورینگ دار بر روی محل انشعاب ایجاد شده گذاشته می‌شود.

[1] Lock-O-Ring

		
الف) عملیات هات تپ انجام شده و سوراخ روی لوله به وجود آمده	ب) دستگاه به همراه مسدود کننده روی ولو بسته قرار میگیرد.	ج) ولو باز شده و مسدود کننده به پایین می‌آید.
		
د) جریان توسط مسدود کننده متوقف شده و عملیات دیگر انجام میگیرد.	ه) پس از اتمام عملیات مورد نظر مسدود کننده خارج شده و ولو بسته می‌شود.	و) مجددا دستگاه به همراه یک درپوش قفل شونده بر روی ولو قرار می‌گیرد.

		
ط) دستگاه و ولو از روی خط جدا می‌شود.	ح) درپوش در جای خود قرار گرفته ومحکم می‌شود.	ز) ولو باز شده و درپوش به سمت پایین هدایت می‌شود.
ی) یک درپوش نهایی پشتیبان بر روی درپوش قفل شونده قرار می‌گیرد.		

دستگاهی که برای قرار دادن مسدود کننده در داخل لوله استفاده می‌شود، دارای بخش‌های مختلفی است. شکل زیر به طور شماتیک بخش‌های مختلف این دستگاه را نشان می‌دهد.

	
الف) بخش‌های مختلف مجموعه مسدود کننده	ب) نمونه ای از یک دستگاه مسدود کننده

۲. مستندسازی

یک سند پشتیبانی برای عملیات هات تپ، باید موارد زیر را در بر داشته باشد. طبق استاندارد API 2201-Para4.1 قبل از انجام عملیات هات‌تپ و یا جوشکاری برروی تجهیزات در حال سرویس، یک دستورالعمل مکتوب شامل موارد زیر باید تهیه شود:

الف) طراحی اتصالات

ب) پروسیجر هات‌تپ

ج) دستورالعمل جوشکاری (برطبق استانداردهای مرتبط)

د) دستورالعمل‌های ایمنی، سلامت افراد، عکس العمل در مواقع اضطرار و اطفاء حریق.

- **محاسبات طراحی**

محاسبات طراحی باید بر مبنای مطالب و ملزوماتی باشد که در این دستورالعمل ذکر خواهد شد. برای هر عملیات به یک بسته اطلاعاتی نیاز است که با توجه به هدف خاص هر عملیات، نقشه‌ها واطلاعات اصلاح و و ویرایش می‌شوند.

- **دستورالعمل ایمنی**

یک دستورالعمل ایمنی باید برای هر عملیات هات تپ تدوین شود. ملاحظات باید به نحوی باشند که علاوه بر اغنای ملزومات شرکت پیشگام صنعت ابزار و استانداردهای مربوطه، همچنین بر ملزومات شرکت‌های طرف قرارداد منطبق باشند.

یک نقشه ایمنی باید خلاصه باشد درعین حال باید تمامی جوانب را به طور کامل در بر داشته باشد. استاندارد RP2200-API که تمامی ملزومات مربوط به تعمیرات خطوط لوله را در زمینه ایمنی در بر دارد نیز باید در تدوین نقشه ایمنی به عنوان مبنا قرار گیرد.

مواردی که باید در تهیه یک نقشه ایمنی مد نظر داشت:

- دسترسی و نحوه دسترسی پرسنل جهت انجام عملیات جوشکاری و هات تپ شامل داربست، بالابر و ...
- پرسنل مورد نیاز و نقش هر یک در پیاده‌سازی اصول و ملزومات ایمنی
- پایش پیوسته و دائمی شرایط عملیاتی (نرخ جریان[1] گاز، فشار، دمای جوشکاری و ...)
- پیشبینی خطرات احتمالی و تمهیدات لازمه
- وسایل ارتباطی در محل انجام عملیات
- سیستم‌های هشدار و از کارانداختن خط در مواقع اضطراری
- وسایل و راه‌های فرار
- پرسنل و تجهیزات آتش‌نشانی
- تجهیزات و سرویس‌های امینی
- تجهیزات و مواد کمک‌های اولیه
- دستورالعمل کار در شرایط اضطراری بهتر است در یک سند و یا دستورالعمل ایمنی جدا ارائه شود.

در مواردی که احتمال قرار گیری در معرض مواد سمی وجود دارد باید موارد زیر را در دستورالعمل ایمنی ذکر کرد.

- میزان غلظت گاز و یا ماده به خوبی تعیین شود.
- سطح تماس پوستی و تنفسی بخارات و یا دودهای ناشی از فرایند به حداقل برسد.
- محل کار به خوبی تمیز و تخلیه شود.
- از صابون‌ها و آب مناسب برای تمیزکردن آثار آلودگی از روی پوست استفاده شود. اصلا از نفت و یا حلال‌های مشابه استفاده نشود.

[1] Flow Rate

دستورالعمل کار (عملیات)

دستورالعمل عملیات باید به نحوی تدوین شود که کلیه جنبه‌های کارهای فیزیکی را در بر داشته باشد مانند:

- آماده‌سازی محل عملیات
- آماده‌سازی لوله
- جوشکاری
- تست غیر مخرب
- تست های فشار
- عملیات سوراخ‌کاری
- اتمام کار و بازگشت

دستورالعمل عملیات هات تپ باید با یک چک‌لیست همراه باشد که مرحله به مرحله توسط پرسنل مربوطه تکمیل می‌شود.

- **مستندسازی نهایی**

در این مرحله، تمامی گواهی‌های مواد، گزارش تست‌ها و ... ، عکس و نقشه عملیات انجام شده تهیه، گردآوری و شماره‌گذاری می‌شوند.

۳. مسئولیت‌ها

۳.۱. بخش مهندسی

بخش مهندسی وظیفه طراحی دستگاه و پشتیبانی آن، نوع بازرسی دیواره‌های لوله مانند روش بازرسی غیر مخرب، روش جوشکاری و دستورالعمل آن، انتخاب شیر ها و مشخصات تست‌های فشار، روش تست محیط تست، تهیه نقشه‌ها و اسناد لازمه دستگاه و عملیات را بر عهده دارد.

باید در نظر داشت که لازم است تا بخش مهندسی ، توجه خاصی به محیط و شرایط تست به علت ضخامت جداره و دمای آن مبذول دارد. مهندس و یا تکنیسین هات تپ باید دیگر افراد مجری را در زمینه‌های ارزیابی، طراحی و اجرا یاری کنند.

فلز پایه، دقیقا در محل هات تپ، باید قبل از انجام عملیات جوشکاری اتصال بر روی خط به دقت بازرسی شود. نوع، طراحی و دمای فلز پایه، نوع بازرسی جداره را تعیین می‌کند.

۳.۲. گروه بازرسی

نماینده گروه بازرسی، تمامی موارد مربوط به ساخت و همچنین محل عملیات هات تپ را کنترل می‌کند.

۳.۳. بخش اجرایی عملیات

این فرد یا افراد، مسئول تمامی فازهای اجرایی عملیات را بر عهده دارد. این بخش در هماهنگی و همکاری با گروه بازرسی، مسئول پایش و مستندسازی تمامی مراحل عملیات است. مهندس اجرایی، وظیفه آغاز و تکمیل لیست اطلاعات عملیات هات تپ را جهت برنامه‌ریزی و گرفتن مجوزهای لازمه بر عهده دارد. وی در انتهای عملیات، یک کپی از برگه اطلاعات عملیات هات تپ را برای مهندس مکانیک مسئول به همراه کوپون جدا شده ارسال می‌کند.

۴. شرایط عملیات

۴.۱. ملاحظات و محدودیت‌ها

۴.۱.۱. ملاحظات مربوط به دستگاه هات‌تپ

قبل از شروع عملیات هات‌تپ، دستگاه، کاتر و مته باید به دقت بررسی شوند تا نسبت به شرایط مساعد آنها برای آغاز کار اطمینان حاصل شود. اطمینان از شرایط دستگاه و پکینگ‌های آن باید به حدی باشد که بتوان در شرایط بحرانی و مواردی که مشکلات مکانیکی و یا نشتی شیر به وجود می‌آید، دستگاه را بر روی خط باقی گذاشت. تمامی دستگاه‌های هات‌تپ، حداکثر و حداقل فشار و دمای کاری دارند. بنابراین در حین عملیات هات‌تپ باید تمامی مسایل محتمل که سبب بالا یا پایین رفتن و تغییرات دما و فشار می‌شوند را در نظر داشت. همانطور که ذکر شد باید همواره این نکته را در نظر داشت که ممکن است بنا به دلایل و مشکلاتی، دستگاه هات‌تپ به صورت دائمی بر روی خط باقی بماند (API 2201- Para 2.2.).

۴.۱.۲. محدودیت نوع سیال داخل خط و یا تجهیزات

احتیاط: جوشکاری و یا هات‌تپ بر روی لوله‌ها و یا تجهیزاتی که در شرایط خلا هستند (دارای فشاری کمتر از فشار اتمسفری) توصیه نمی‌شود مگر اینکه دستورالعمل ایمنی مناسبی برای آن تدوین شود.

احتیاط: جوشکاری و هات‌تپ بر روی لوله‌ها و تجهیزات حاوی سیالات زیر توصیه نمی‌شود (API 2201-Para3.9):

الف) مخلوط‌های گازی حاوی هوا، یا اکسیژن نزدیک و یا داخل محدوده انفجاری و قابل اشتعال آنها. حرارت ناشی از جوشکاری ممکن است که یک مخلوط گازی وارد ناحیه اشتعال بشود.

ب) هیدروژن، مگر اینکه ملاحظات مهندسی مناسب انجام شود و پروسیجر جوشکاری بر روی تجهیزات مورد نظر تایید گردد. آلیاژهای کربنی و فولادهای فریتی مستعد حمله هیدروژنی[1] در دمای بالا هستند. بنابراین باید اطمینان حاصل شود که قطعه از جنس برخی فولادهای خاص بر طبق ناحیه مشخص شده کاری توسط منحنی نلسون[2] در حال کار است. این منحنی برای فولادهای مختلف، فشار جزئی گاز هیدروژن و دمای مجاز برای این فشار را جهت جلوگیری از ترک هیدروژنی مشخص می‌کند.

ج) پیروکسیدها، کلرین، و دیگر موادی که به شدت در اثر حرارت ناشی از جوشکاری تجزیه می‌شوند.

د) آمین‌ها، اسیدها (مانند HF) و سوزآورها[3]، در شرایط خاص چراکه این مواد ممکن است سبب ایجاد ترک در ناحیه متاثر از حرارت و ناحیه جوش بشوند.

ه) برخی هیدروکربن‌های اشباع نشده (مانند اتیلن). این هیدروکربن‌ها ممکن است به علت درجه حرارت بالای ناشی از جوشکاری تجزیه گرمازا تجربه کرده و باعث بالارفتن درجه حرارت به صورت موضعی بر روی جداره تجهیزات و یا لوله شده و سبب تخریب آن شوند.

و) محیط اکسیژن و یا هوای غنی از اکسیژن (توجه: هرگز نگوید ۲۳/۵ درصد یا هر درصد دیگری. مقدار اکسیژن برای غنی کردن فضا، بسته به دامنه اشتعالی محصولات متفاوت است). اکسیژن ممکن است سبب تشکیل یک مخلوط گازی شود که با ورود به محدوده قابل اشتعال خود، فلز پایه را در حین جوشکاری تحت تاثیر قرار دهد.

ز) هوای فشرده مگر اینکه خالی از مواد قابل اشتعال و انفجار باشد مانند روغن‌های روانساز.

۴.۱.۳. ملاحظات تشکیل مواد سمی

آزمایشات نشان داده است که قرار گرفتن طولانی مدت و یا به کرات در معرض بعضی میعانات نفتی و یا گازها ممکن است بسیار خطرناک باشد. بنابراین باید به طور دقیق ماده داخل لوله و یا تجهیزاتی را که قرار است روی آنها عملیات هات‌تپ انجام شود شناخت. اطلاعات مربوط به ریسک‌های سلامتی و ایمنی در برگه اطلاعات ایمنی ماده (MSDS) آمده است.

[1] Hydrogen Attack
[2] Nelson Curve
[3] Caustics

ممکن است در اثر جوشکاری، دودهای سمی تشکیل شوند. مخصوصا درمواردی که جوشکاری بر روی فلزات آلیاژی حاوی سرب، روی، کادمیوم، برلیوم و دیگر فلزات خاص انجام می‌شود، باید به این نکته توجه ویژه داشت. بعضی رنگ-هانیز، خصوصا رنگ‌هایی که دارای سرب هستند،در مجاورت حرارت سبب به وجود آمدن گازهای سمی می‌شوند.

ملاحظات مربوط به مواردی که احتمال قرار گیری در معرض مواد سمی وجود دارد، در بخش **Error! Reference source not found.** ذکر شده است.

۴.۲. نکات جوشکاری اسپلیت تی[1]

مراحل جوشکاری و همچنین عمق نفوذ حرارت باید به دقت کنترل شوند تا اتصال اسپلیت‌تی بدون هیچ گونه مشکل عملکردی و ایمنی و به درستی در سر جای خود قرار گیرد. در مورد جوشکاری بر روی خطوط در حال کار، یعنی خطوط لوله که سیال در آنها جریان دارد، دو مطلب و مسئله باید به دقت در نظر گرفته شود. اول سوراخ سوختگی[2] و دیگری ترک در جوش. عیب سوراخ سوختگی در صورتی رخ می‌دهد که قسمت ذوب نشده از ضخامت فلز در زیر حوضچه جوش، توانایی تحمل فشار لوله را نداشته باشد. به عبارت دیگر حوضچه مذاب در جوشکاری بزرگتر از حد مجاز تشکیل شده باشد. ترک جوش نیز در صورتی رخ می‌دهد که فلز جوش به سرعت سرد شده و بنابراین یک ریزساختار ترد مستعد ایجاد ترک به وجود آورد. سرعت سرد شدن بالا می‌تواند ناشی از حرکت سیال در داخل لوله باشد که حرارت را به مقدار زیادی از جوش میگیرد (API 2201- Para 301). تصاویر زیر نمونه‌ای از عیوب مذکور را نشان می‌دهد.

عیب سوراخ سوختگی

عیب ترک جوش (یکی از انواع آن)

قبل از انجام عملیات جوشکاری، باید ارزیابی مهندسی دقیقی در مورد لوله‌هایی که دارای عیب لایه‌لایه شدن و دیگر عیوب هستند، انجام شود. همچنین ضخامت‌سنجی باید به دقت انجام شود تا ریسک عیب سوراخ سوختگی به

[1] Split Tee
[2] burn through

حداقل برسد. ضمنا ترکیب شیمیایی فلز پایه نیز باید به درستی مشخص شود. متالورژی فلز جوش، اتصالات هات‌تپ و سیم جوش باید با متالورژی تجهیزاتی که قرار است بر روی آنها جوشکاری شوند، همخوانی داشته باشد (API 2201- Para. 3.1).

مواردی که در ادامه ذکر می‌شوند، پتانسیل بروز عیب سوراخ سوختگی و تنش‌های پسماند را که عامل ایجاد ترک در جوش هستند کاهش می‌دهد.

الف: برای جوشکاری پاس اول از سیم‌جوش‌های کوچک (۲/۴ میلیمتر) استفاده کنید و یا در صورت امکان از جوشکاری با گاز آرگون بهره گرفته شود تا ناحیه متاثر از حرارت[1] و عمق نفوذ حرارت به داخل دیواره کم شود. پاس‌های بعدی با الکترود ۳/۲ میلیمتر و یا کوچکتر جوشکاری می‌شوند در صورتی که ضخامت جداره از ۱۲/۸ میلیمتر تجاوز نکند. برای جوشکاری جداره‌هایی با ضخامت بیشتر از ۱۲/۸ میلیمتر که در آنها عیب سوراخ سوختگی زیاد مهم و چشمگیر نیست، می‌توان از الکترودهایی باش ضخامت بالاتر استفاده کرد. زمانی که احتمال عیب سوراخ سوختگی وجود دارد، باید دقت کرد که از جریان بالا استفاده نشود. استفاده از الکترودهای کم هیدروژن برای افزایش ایمنی در برابر عیب سوراخ سوختگی توصیه می‌شود. باید دقت داشت که در مورد فولادهای با درصد کربن معادل بالا، نرخ کم حرارت ورودی سبب افزایش ریسک بروز ترک می‌شود (API 2201- Para. 3.2)

ب: تمامی لبه‌ها باید حداقل بازاویه ۱۵ درجه پخ بخورند. همچنین لبه‌های داخلی درزهای دراز نیز باید از پشت یک پخ ۱۵ درجه بخورند تا مانع از جوش‌خورد اسپلیت‌تی بر روی لوله بشود.

ج: مراحل جوشکاری به ترتیب زیر باشند:

۱. قسمت پایین اسپلیت‌تی را در محل آن قرار می‌گیرد.
۲. قسمت بالایی اسپلیت‌تی (که انشعاب بر روی آن قرار دارد) را در محل قرار گیرد. دقت شود که درزها به خوبی در کنار هم قرار گیرند.
۳. درز افقی و دراز اسپلیت‌تی را در یک جهت جوشکاری کنید و بگذارید تا خنک شود و دمای آن به دمای فلز پایه برسد.

توجه: دقت شود که در حین جوشکاری، درز طرف دیگر از هم باز نشود. برای این منظور لازم است تا یک نفر از پرسنل بازرسی دائما فرایند را پایش نماید.

۴. درز طرف دیگر را جوشکاری کنید و مجددا اجازه دهید تا کاملا به دمای فلز لوله برسد.
۵. یکی از جوش‌های محیطی اسپلیت‌تی را جوشکاری کنید و مجددا اجازه دهید تا کاملا خنک شود.
۶. طرف دیگر اسپلیت‌تی را جوشکاری کنید و اجازه دهید تا کامل خنک شود.

[1] Heat Affected Zone (HAZ)

۴.۳. دمای لوله:

باید دقت داشت که دمای جداره لوله در حین عملیات به خوبی پایش شود. علاوه بر این، فشار سیال و سرعت آن نیز باید به خوبی جهت جلوگیری از مسایل زیر تحت نظر قرار گیرد:

الف) تاول[1] وترکیدگی در لوله‌های تحت فشار که در اثر ضعیف شدن لوله ناشی از حررات در حین جوشکاری اتفاق می‌افتد.

ب) تخریب ریزساختار فلز لوله در اثر:

- حرارت زیاد ورودی که باعث دمای بسیار زیاد فلز می‌شود.
- سرعت سرد شدن بسیار زیاد در حین جوشکاری و یا بعد از آن

می‌توان با بهره‌گیری از نمودارهای ارائه شده در پیوست ۱ و پیوست ۲، دمای جداره داخلی لوله را در حین جوشکاری تخمین زد. این کار با استفاده از ضخامت واقعی جداره و همچنین حرارت تقریبی ورودی که به صورت زیر محاسبه می‌شود، انجام می‌گردد.

برای یک فرایند هات تپ خاص، ولتاژ، جریان و سرعت جوشکاری باید در دستورالعمل جوشکاری (WPS) مشخص شود. برای جوشکاری با الکترود دستی، حرارت ورودی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$HI = K \times \frac{V \times A}{S}$$

که در آن:

HI: حرارت ورودی (ژول بر میلیمتر)

K: ضریب شبکه که برای جوش لب‌به‌لب برابر ۰/۸۵ و برای جوش فیلت ۰/۵۷ است.

V: ولتاژ (ولت)

A: جریان (آمپر)

S: سرعت حرکت الکترود (میلیمتر بر ثانیه)

جایگذاری مقدار محاسبه شده حرارت ورودی در گراف‌های ارائه شده در پیوست ۱ و پیوست ۲، تخمینی از میزان نفوذ جوش و حداکثر درجه حرارت جداره را به دست می‌دهد.

توجه: دمای فلز در حین جوشکاری باید بیشتر از نقطه شبنم اتمسفر محیط باشد تا رطوبت به جوش نرسد.

[1] Blow-out

۴.۴. شرایط سیال داخل خط

۴.۴.۱. سرعت سیال

برای مواردی که ضخامت فلز کمتر از ۶/۴ میلیمتر باشد، وجود جریان در حین فرایند هات تپ، احتمال بروز شرایط نامطلوب را کاهش می‌دهد. در صورت وجود حرکت سیال، خطر بروز عیوبی مانند بالارفتن بیش از حد دمای سیال، عیب سوراخ سوختگی که ناشی از حرارت بالای فلز است و انبساط حرارتی سیال که در سیستم‌های بسته رخ می‌دهد، کاهش می‌یابد.

البته، جریان زیاد سیال سبب افزایش نرخ سرد شدن جوش شده و خطر ترک را افزایش می‌دهد. بنابراین در زمان جوشکاری، باید یه مقدار بهینه جریان سیال را در نظر داشت. در مواردی که ضخامت فلز بین ۶/۴ میلیمتر تا ۱۲/۸ میلیمترا ست نیز جریان سیال سبب بالارفتن سرعت خنک شدن جوش و بروز ترک می‌شود اما در ضخامت‌های بالاتر این مقدار، تاثیر سیال بر نرخ سرد شدن و خطر بروز عیب سوراخ سوختگی کم است.

توجه: خطوط لوله که قرار است عملیات هات تپ برروی آنها انجام شود، باید پر از سیال باشند و سیال در آنها در حال حرکت باشد. خطوطی مانند خط فلر[1] که ممکن است در آن جریان کمی وجود داشته باشد یا اصلا وجود نداشته باشد، باید تحت جریان مجازی قرار گیرند یعنی با دمیدن گاز از محیط خارج به آنها جریان به وجود آورد.در این موارد، گاز خنثی و یا هیدروکربن‌های مناسب جهت ایجاد یک جریان پایدار در حین عملیات جوشکاری به داخل آن دمیده می‌شود (API 2201- Para. 3.3).

نرخ جریان‌های ذیل برای سیالات مختلف توصیه شده است.

مایع	حداقل نرخ جریان (ft/s)	حداکثر نرخ جریان (ft/s)
گاز	۱/۳	بدون حد بالایی
	۱/۳	۴

۴.۴.۲. فشار سیال داخل خط

به طور کلی برای حفظ و بالا بردن ضریب ایمنی در هر لحظه‌ای از عملیات هات تپ، فشار سیال داخل لوله باید کمتر از ۷۰۰۰ kPa باشد. همچنین این مقدار نباید از بیشترین فشار قابل تحمل توسط دستگاه هات تپ بالا رود.

[1] flare

در حین عملیات جوشکاری هاتپ، فشار داخل لوله نباید بیشتر از فشار مجازی باشد که در اینجا محاسبه خواهد شد.

هات تپ نباید بر روی تجهیزات با فشار کمتر از فشار محیط انجام شود. یک راه برای اندازه‌گیری بیشترین میزان فشار در حین فرایند جوشکاری وجود دارد. استفاده از این روش که بر مبنای کاهش استحکام جداره لوله در اثر دمای جوشکاری است برای تمامی انواع لوله‌ها در تمامی مکانهای کاری مجاز است.

حداکثر فشار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P = \frac{2StFET}{D}$$

که در آن:

P= بیشترین فشار مجاز سیال داخل لوله برحسب MPa در حین عملیات جوشکاری

S= تنش تسلیم فلز لوله بر حسب MPa

D= قطر خارجی لوله بر حسب میلیمتر

t= ضخامت کاهش یافته لوله بر حسب میلیمتر (t = ta – u)

u= کاهش ضخامت لوله در حین جوشکاری که در واقع معرف مقدار نفوذ حوضچه جوش بر حسب میلیمتر است. این مقدار از پیوست‌های ۱ و ۲ استخراج می‌شود و یا به صورت محافظه‌کارانه در حدود ۳ میلیمتر در نظر گرفته می‌شود.

ta= مقدار کمینه ضخات جداره لوله بر حسب میلیمتر. این مقدار باید توسط روش التراسونیک اندازه‌گیری شود.

F= ضریب ایمنی (ترجیحا ۰/۸ در نظرگرفته شود)

E= ضریب اتصال طولی که از استاندارد ASME استخراج می‌شود.

T= ضریب موازنه حرارتی که از جدول زیر استخراج می‌شود. این اطلاعات از استانداردهای ASME B31.8 (Table 841.116A), ASME B16.5 اقتباس شده است.

بیشترین دمای پیشبینی شده در حین عملیات جوشکاری بر حسب درجه سانتیگراد (از گراف های موجود در پیوست ۱ یا ۲)	**ضریب موازنه**
بیشتر از675	0.00
675	0.20
600	0.35

500	0.57
400	0.65
300	0.75
200	0.85
120	0.91
کمتر از 120	1.00

نکات :

۱. چنانچه حداکثر مجاز فشار محاسبه شده بیشتر از فشار داخلی لوله باشد، انجام عملیات هات تپ مجاز است. به طور معمول ۶۰٪ ضخامت لوله در حین جوشکاری ذوب شده فرض می‌شود

۲. در مورد جوشکاری لوله‌هایی حاوی میعانات آتشگیر در فشاری کمتر از فشار اتمسفری، باید ملاحظات کافی لحاظ شود تا هوا سیال در معرض هوا قرار نگیرد چرا که هوا دارای اکسیژن بوده و کوچکترین نشتی سبب ایجاد یک مخلوط آتشگیر می‌شود.

نوع فلز لوله	کلاس لوله	فاکتور اتصال طولی
ASTM A 53/A53M	Seamless	1.00
	Electric resistance welded	1.00
	Furnace butt welded	.60
ASTM A 106	Seamless	1.00
ASTM A 333/A 333M	Seamless	1.00
Code of Federal Regulations 52		
	Electric resistance welded	1.00
ASTM A 381	Double submerged arc welded	1.00
ASTM A 671	Electric-fusion-welded	1.00
ASTM A 672	Electric-fusion-welded	1.00
ASTM A 691	Electric-fusion-welded	1.00
API 5 L	Seamless	1.00
	Electric resistance welded	1.00
	Electric flash welded	1.00
	Submerged arc welded	1.00
	Furnace butt welded	.60
Other	Pipe over 4 inches (102 millimeters)	.80
Other	Pipe 4 inches (102 millimeters) or less	.60

محدودیت‌ها:

- جوشکاری نباید بر روی لوله‌های روکش‌دار و یا لوله‌هایی که سطح داخلی آنها پوشش داده شده انجام شود.
- جوشکاری هات تپ نباید بر روی مواد زیر انجام شود:
  - ✓ هر ماده‌ای که بیشترین دمای مجاز قابل تحمل برای آن کمتر از ۳۷۰ درجه سانتیگراد است.

- ✓ خطوط لوله‌ای که کمترین دمای مجاز عملکرد آنها کمتر از ۲۰- درجه سانتیگراد است. برای موادی با کمترین دمای عملکردی بین ۲۰- تا ۰ درجه سانتیگراد، باید توجهات ویژه اعمال شود تا از چقرمگی کافی فلز اطمینان حاصل شود.

۵. شرایط خاص مکان عملیات هات‌تپ (*API 2201- Sec 5*)

۵.۱. جوشکاری و یا هات‌تپ بر روی مخازن در حال سرویس

مخاطرات همراه عملیات هات‌تپ و یا جوشکاری بر روی مخازن شامل موارد زیر هستند:
الف) تخلیه مخزن به حدی که سطح گاز داخل آن به محل جوشکاری برسد.
ب) ماده داخل مخزن افزایش ارتفاع داده و سرریز کند.
ج) پایین آمدن سهوی سطح سیال به طوری که گاز در مجاورت ناحیه جوشکاری قرار گرفته و منبع انفجار شود.

جوشکاری بر روی جداره خارجی مخزن نباید انجام شود مگر اینکه کنترل‌های دقیق جهت جلوگیری از رسیدن بخارات قابل اشتعال به ناحیه جوشکاری انجام شد. به محض تشخیص رسیدن گازهای قابل اشتعال به ناحیه جوش، باید به طور قطع کار را متوقف کرد.

در زمان انجام عملیات هات‌تپ و یا جوشکاری بر روی یک مخزن در حال سرویس، باید سطح مایع حداقل ۳ فوت (۱ متر) بالای محل کار باشد. هیچ کاری و تلاشی نباید جهت انجام جوشکاری و یا هات‌تپ در بالای این سطح مایع انجام شود چرا که بروز انفجار بسیار محتمل است. سنجش سطح مایع در مخزن باید توسط یک نوار دستی انجام شود تا دقت گیج اتوماتیک پایش ارتفاع سیال چک شود.

۵.۲. جوشکاری و یا هات‌تپ بر روی درپوش[1] مخازن با سقف شناور[2]

جوشکاری بر روی درپوش مخازن با سقف شناور توصیه نمی‌شود. این مخازن در معرض مخاطرات انفجاری منحصر به فردی در مکان‌های خاصی قرار دارند که عبارتند از:

a) Inside the pontoons.
b) Between the deck and liquid surface near the tank roof gauge float compartment.
c) Near the roof seal vent
d) Between the primary and secondary sael.
e) Near the roof drain.

[1] Deck
[2] Floating Roof Tanks

۵.۳. جوشکاری و یا هات‌تپ بر روی لوله‌ها و یا تجهیزات پوشش‌دار

هات‌تپ ویا جوشکاری بر روی خطوط لوله و یا تجهیزات در حال سرویس که دارای پوشش از انواع مختلف شیشه، سرب، نسوز، پلاستیک و یا نوارهای از اجناس مختلف توصیه نمی‌شود مگر اینکه مراجع مسئول ارزیابی‌های مهندسی دقیقی انجام داده باشند.

زمانی که هات‌تپ و یا جوشکاری بر روی خطوط لوله داخل غلاف زیر زمین انجام می‌شود، باید دقت داشت که فضای بین لوله و غلاف از گاز خالی باشد و همچنین دقت کرد که کار بر روی لوله انجام شود و نه غلاف آن.

۵.۴. هات‌تپ در مکانی قبل از تجهیزات و شیرآلات

در شرایطی که مکان هات‌تپ قبل از تجهیزات دوار و یا ولوهای کنترل اتوماتیک است، باید انجام عملیات هات‌تپ خودداری کرد چرا که ممکن است با افتادن کوپون به داخل لوله و حرکت آن توسط سیال، به تجهیزات خسارت وارد شود. البته در صورتی که از فیلترها و صافی‌های مناسب استفاده شود که در صورت بروز چنین حادثه ای کوپون و براده ها مهار شوند مشکلی وجود ندارد.

۶. موقعیت عملیات هات تپ

یک انشعاب هات تپ باید با زاویه ۹۰ درجه نسبت به محور لوله نصب شود. البته در برخی موارد و بسته به نیاز اتصالات ممکن است به صورت زاویه‌ای نیز استفاده شوند که در این صورت باید تمهیدات لازم اندیشیده شود. در اغلب موارد هات تپ به صورت عمودی زده می‌شود. بهترین شرایط برای انجام هات تپ بر روی یک لوله افقی، قراردادن دستگاه رو به پایین بر روی لوله است. هرچه وضعیت از حالت عمودی رو به پایین دور شود، مهارکردن و ایجاد استحکامات لازم برای نگه داشتن دستگاه هات تپ سخت‌تر شده و همچنین قراردادن اتصالات و جوشکاری آنها بر روی لوله نیز سخت تر می شود.باید دقت داشت که نازل چنانچه انشعاب طوری بود که دستگاه رو به بالا قرار می گرفت، حتما زاوه دستگاه ۱۷۰ درجه باشد. در غیر این صورت عملیات مخاطراتی را در بر دارد و باید از آن اجتناب کرد چرا که براده-ها و پلیسه‌های ناشی از سوراخ‌کاری لوله به داخل نازل دستگاه ریخته و باعث می‌شود، ولو به خوبی بسته نشود و بنابراین عملیات به درستی پایان نگیرد.

فاصله بین جوش‌های فیلت محیطی بر روی اتصالات و جوش‌های بین خطوط لوله باید حداقل برابر یک قطر خارجی لوله باشد و نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر باشد. هات تپ نباید در پشت تجهیزات دوار یا تجهیزات حساس دیگر (مانند ولوهای کنترل) انجام شود چرا که پلیسه‌ها سبب تخریب دستگاه می‌شوند. مگر اینکه صافی‌های مناسب که قابلیت به دام انداختن براده‌ها و پلیسه‌های ناشی از سوراخ‌کاری را دارند در سر راه قرار داشته باشند.

از انجام هات تپ بر روی خط جوش افقی خط لوله باید حتی‌الامکان اجتناب کرد. چنانچه لوله از نوع اسپیرال[1] است، خط جوش لوله باید به نحوی قرار گیرد که پس از انجام عملیات هات تپ، گرده جدا شده را دقیقا به دو نیم کرده باشد و یا این که اصلاهیچ یک از خط جوش‌های مجاور یکدیگر را قطع نکرده باشد.

چنانچه قرار است انشعابی با اندازه کمتر از لوله بر روی آن انجام شود و باید از صفحات تقویتی استفاده شود، باید دقت کرد که نباید آن را برروی خط جوش طولی و یا اسپیرال جوشکاری کرد. فاصله بین دو خط جوش حداقل باید ۷ برابر ضخامت جداره لوله و یا ۷۵ میلیمتر باشد (هرکدام بزرگتر است).

بر اساس تجربیات برخی کمپانی‌های فعال در زمینه هات تپ، جوشکاری باید در فاصله بیشتر از ۴۵۰ میلیمتر از یک فلنج و یا اتصال پیچی و همچنین در فاصله بیشتر از ۶۰۰ میلیمتری از اتصال پرچی انجام شود.

۷. طراحی

برای هر عملیات هات تپ، باید یک بسته کامل اطلاعاتی شامل نقشه‌های ساخت، مواد و روش کار و ... موجود باشد. محاسبات شامل موارد زیر نیز باید به دقت قید شوند:

- ✓ اطلاعات فرایند، محدودیت‌ها
- ✓ اطلاعات خط لوله، دستورالعمل جوشکاری
- ✓ حداکثر مجاز دما و فشار
- ✓ بار وارده
- ✓ ملزومات مکانی فرایند
- ✓ شرایط تست

۷.۱ طراحی اسپلیت تی

باید در نظر داشت که طول اتصال باید در کمترین حد خود نگاه داشته شود. برای اتصالات انشعابی با اندازه کمتری از قطر لوله که قرار است از اتصالات اسپلیت‌تی از پیش ساخته شده استفاده شود، باید آنها را به دقت بر طبق استانداردهای مربوط به آن نوع خط لوله (مثلا ASME B31.3, 31.4 or 31) بازرسی کرد. یک ولو فول‌بور[2] باید برای اتصال در نظر گرفته شود به طوری که سوراخ آن به اندازه کافی برای عبور مته و اره بزرگ باشد.

تمامی اجزای دائمی مورد استفاده رد عملیات هات تپ باید از همان استانداردی پیروی کنند که خط لوله از آن تبعیت می‌کند (مانند ASME B31.3, 31.4 or 31.8). محاسبات طراحی اندازه، ابعاد و شکل اسپلیت‌تی در پیوست ۳ ذکر شده است.

[1] spiral
[2] full-bore valve

۸. دستورالعمل تست

دستگاه هات‌تپ و اتصالات جوشکاری شده باید قبل از شروع انجام عملیات برش و بعد از قرارگیری دستگاه بر روی اتصالات، به خوبی مورد بررسی قرار گیرند. قبل از هر چیز باید محکم بسته شدن پیچ‌ها بازرسی شود.

۸.۱. دستورالعمل تست فشار

بعد از اتمام عملیات جوشکاری، وقبل از شروع عملیات سوراخکاری، اتصال جوشکاری شده به همراه شیر و همچنین دستگاه هات تپ که بر روی آن وصل شده تحت تست فشار قرار می‌گیرند. تست فشار باید حداقل برابر فشار سیال داخل لوله باشد و توصیه می‌شود که فشار تست از حدود ۱/۱ برابر فشار داخلی لوله بیشتر نشود چرا که ممکن است جداره لوله و یا محفظه‌ها اسیب ببینند (API 2201- Para. 6.5). اطلاعات بیشتر در ادامه ذکر می‌شود.

۸.۱.۱. تست هیدرواستاتیک

تست فشار هیدرواستاتیک یک تست استحکام نازل است و فشار آن در حدود ۱/۵ برابر حداکثر مجاز فشار کاری است. تست هیدرواستاتیک در زمانی استفاده می‌شود که:

الف: فرایند با آب مشکلی نداشته باشد و آب آسیبی به تجهیزات نزد و یا اینکه پس از اتمام کار، بتوان آب را به طور کامل از دستگاه هات تپ خارج کرد.

ب: دمای فلز لوله کمتر از ۲۱۲ درجه فارنهایت و بیشتر از ۳۵ درجه فارنهایت باشد.

ممکن است در برخی موارد، آب خاصی برای تست هیدرواستاتیک مورد نیاز باشد (مثل آب خالی ازمواد معدنی).

۸.۱.۲. تست پنوماتیک

تست پنوماتیک که برای سنجش استحکام دستگاه در مقابل فشار به کار می‌رود، دارای فشاری در حدود ۱/۲۵ برابر بیشترین فشار مجاز کاری است. در صورتی که فشار تست بیشتر ۱۰۰psi بود باید تمهیدات لازم اندیشیده شود. تست پنوماتیک زمانی استفاده می‌شود که:

الف: شرایط فرایند به نحوی است که به هر دلیلی نمی‌توان از آب استفاده کرد و یا نمی‌شود دستگاه و تجهیزات را از آب و رطوبت خالی نمود.

ب: دمای کاری خط بیشتر از ۲۱۲ درجه فارنهایت و یا کمتر از ۳۵ درجه فارنهایت است.

معمولا یک سیستم به آرامی وارد شرایط کار می‌شود. از آنجایی که دستگاه هات تپ به طور آنی وارد شرایط کاری فشار و جریان سیال می‌شود، باید ملاحظات زیادی را علاوه بر این دو تست در نظر داشت.

مراحل تست پنوماتیک دستگاه هات تپ و یا انسداد خط

مرحله اول: به آرامی فشار را به ۲۵ psi رسانده و آن را برای مدت ۱۰ دقیقه نگه دارید. چنانچه ممکن است از تست اسنوپ[1] یا روش‌های دیگر برای یافتن محل نشتی احتمالی استفاده کنید.

مرحله دوم: محیط را از پرسنل خالی کنید. هیچ کس نباید تا زمان کامل شدن تست در منطقه مجاور باشد.

مرحله سوم: فشار را تا ۷۵ psi بالا برده و ۱۰ دقیقه نگه دارید.

مرحله چهارم: فشار را تا ۱۵۰ psi بالا برده و به مدت ۱۰ دقیقه نگه دارید.

مرحله پنجم:فشار را به صورت مداوم و هر بار ۱۰۰ psi بالا ببرید و ۱۰ دقیقه نگه دارید تا به فشار نهایی برسید.

مرحله ششم: در مرحله آخر، فشار را برای مدت ۳۰ دقیقه نگه دارید.

مرحله هفتم: به آرامی فشار را کم کرده وهوا را تخلیه کنید.

محیط تست

در صورت امکان، محیط تست باید آب باشد. در برخی موارد که امکان استفاده از آب وجود ندارد، می‌توان از هیدروکربن‌های مایع نیز استفاده کرد.

هوا و یا دیگر گازها نباید در فشارهای بالاتر از ۷ بار استفاده شوند.

۹. راستای عملیات هات تپ

الف: یکی از جهات مرجح هات تپ، به صورت عمودی نسبت به خط لوله و دقیقا در ساعت ۶ است به طوری که روی دستگاه به سمت بالاست. در این صورت بیشترین حجم براده‌های برداشته شده به داخل دستگاه ریخته و علاوه بر اینکه خطر افتادن کوپون به داخل لوله کم می‌شود، خطر تخریب ولو توسط پلیسه‌ها نیز کم می‌شود. البته شایان ذکر است که در این شرایط ممکن است چنانچه هدف انسداد خط باشد، برخی از دستگاه‌ها به درستی کار نکنند. بنابراین باید از آن اجتناب کرد.

ب: دومین جهت مناسب برای انجام عملیات هات تپ، راستای افقی است به صورتی که دستگاه هات تپ به موازات زمین قرار می‌گیرد. در این مورد برای کاهش خطر ورود پلیسه‌های ناشی از سوراخ‌کاری، ولو باید به نحوی وصل شود که دسته آن در سمت بالا قرار گیرد. در این روش، خطر افتادن کوپون کم نمیشود. چنانچه هدف از عملیات هات تپ، انسداد خط باشد، باید بررسی کرد که آیا دستگاه انسداد می‌تواند در این شرایط عمل کند یا نه زیرا بسیاری از انواع مسدود کننده‌ها درا ین شرایط به درستی عمل نمی‌کنند.

ج: بهترین و آخرین راستای عملیات هات تپ، حالت عمودی رو به پایین است. در این حالت پلیسه‌ها و تراشه‌ها به داخل خط لوله افتاده و کوپون نیز بیشترین احتمال افتادن به داخل لوله را دارد.

[1] Snoop Test

۱۰. نکات انسداد خط

الف: لوله‌های با ضخامت زیاد معمولا به طور کامل دایره نیستند. مقدار خروج از محور لوله باید توسط رادیوگرافی و یا اندازه‌گیری مستقیم مشخص شود.

ب: باید مشخص شود که سطح داخلی لوله تمیز است و اثری از مواد خارجی و یا رسوبات فرایندی در آن وجود نداشته باشد.

ج: چنانچه سطح داخلی لوله تمیز است فشار و دمای کاری چه قدر است و چه تعداد مسدود کننده مورد نیاز است.

د: زمانی که سطح داخلی لوله دارای مواد خارجی، رسوبات فرایندی و یا خط جوش است، تنها انواع خاصی از مسدودکننده‌ها قابل استفاده هستند.

۱۱. ایمنی

موارد زیر باید توسط افراد مسئول به ترتیبی که قید شده است چک شود تا ایمنی فرایند به خوبی حفظ شود:

الف: با مسئولین ایمنی مجموعه هماهنگی‌های لازم انجام شود.

ب: مجوزهای لازم اخذ شود:

- ✓ مجوزهای خاص مجموعه
- ✓ مجوز ورود
- ✓ مجوز دستگاه‌های جوشکاری
- ✓ مجوز دستگاه هات تپ
- ✓ مجوز ماشین‌آلات دیگر و یا تجهیزات تست

ج: ملزومات خاص ایمنی

- ✓ دو نقطه فرار اضطراری
- ✓ محفظه‌ای برای خروجی‌های لوله
- ✓ تمهیداد برای مهار جرقه‌های جوش
- ✓ دو کپسول آتشنشانی در محل هات تپ
- ✓ محصور کردن ناحیه توسط نوارهای هشدار
- ✓ داربست در مواقع لزوم

د: تست کردن نازل بر طبق دستورالعمل

- ✓ تست هیدرو استاتیک یا
- ✓ تست پنوماتیک
- ✓ تست رنگ

- ✓ تست مایعات نافذ بر روی جوش
- ✓ اطمینان از عدم برخورد فلز جوش نفوذ کرده با تیغه کاتر

ه: تست دستگاه هات تپ

- ✓ تست رنگ بر روی کاتر و چک کردن تیزی دندانه‌های آن
- ✓ تست رنگ بر روی مته و چک کردن تیزی آن
- ✓ چک کردن پین‌های یو شکل

۱۲. محدودیت‌های فیزیکی

۱. **خوردگی حفره‌ای و یا لایه لایه شدن فلز**: در چنین مواردی که فلز دچار خوردگی حفره‌ای شده است و یا سطح آن به علت خوردگی پوسته و لایه لایه شده است، نباید عملیات جوشکاری را انجام داد. چرا که در این صورت ممکن است عیب تاول و ترکیدگی جوش به وجود بیاید. همچنین در صورت لایه لایه شدن، به علت اینکه سیال در فضای بین لایه ها قرار گرفته است ممکن است در حین انجام عملیات جوشکاری، بخار شده و سبب ترکیدگی آن ناحیه شود.

نزدیکی به یک نقطه خاص: جوشکاری باید حداقل در فاصله ۱۸ اینچ از یک فلنچ و یا اتصال پیچی، ۳ اینچ از درز جوش مجاور و ۲۴ اینچ از یک اتصال پرچی انجام شود. چنانچه فاصله از این مقادیر نزدیک تر باشد، ممکن است سبب تابیدگی فلز شده و باعث نشتی شود.

ضخامت فلز بیشتر از ۰/۷۵ اینچ: انجام عملیات هات تپ روی لوله‌های با ضخامت بیشتر از ۰/۷۵ اینچ معمولا بسیار مشکل است. در چنین شرایطی چنانچه هات تپ به صورت افقی باشد و یا در زیر لوله انجام شود، براده‌ها و پلیسه‌های ناشی از سوراخکاری مشکل ایجاد می‌کنند.

مخازن ذخیره اتمسفری (هیدروکربن‌ها): قبل از انجام هر اقدامی در خصوص هات تپ و یا جوشکاری بر روی مخازن بالا سطح مایع آنها، مانند ناحیه بخار، باید ملاحظات لازم را جهت پیشگیری از انفجار ناحیه گازی به عمل آورد. مخازنی که قرار است روی آنها هات تپ انجام شود، باید دارای سطح سیال حداقل ۲ اینچ بالای اولین خط جوشکاری باشند.

۱۳. *REFERENCES*

۱. API Recommended Practices 2201 Fourth Edition, September 1995; Procedures for Welding or Hot Tapping on Equipment on Equipment in Service.

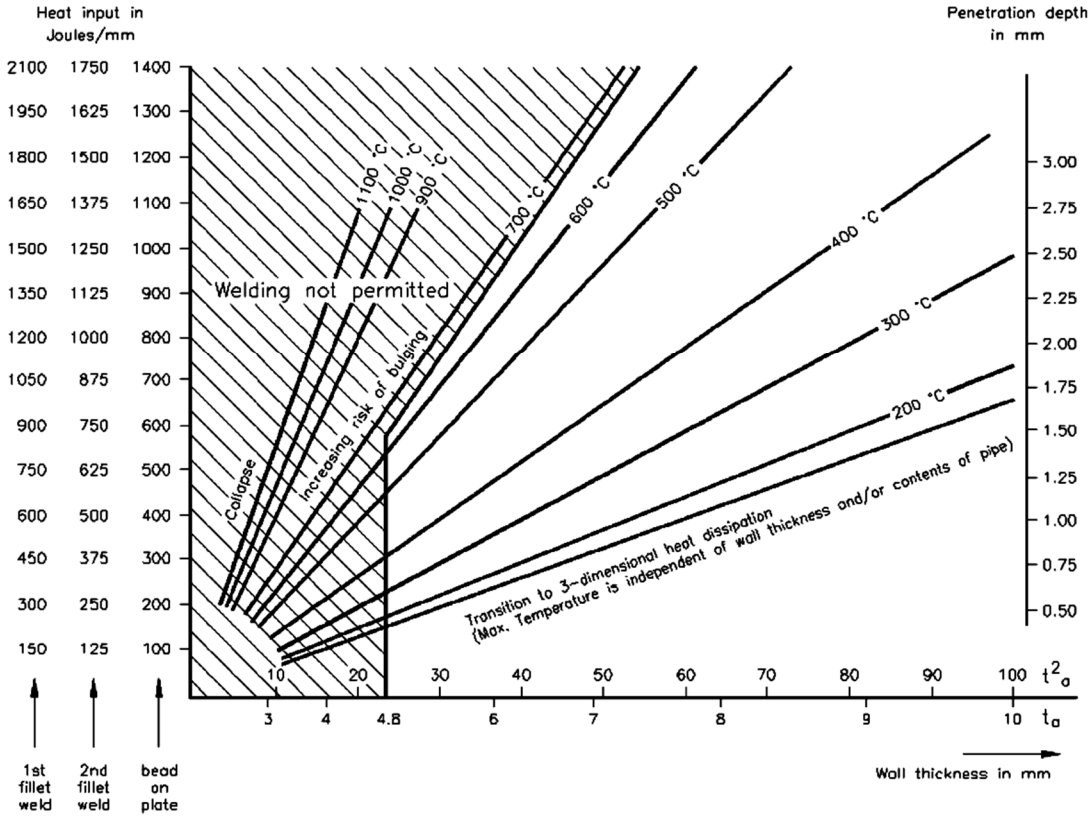
۲. API Pipe Plugging Practices Publication 2209 First Edition, October 1978

۳. Battelle Report on “Investigation and Prediction of Cooling Rates During Pipeline Maintenance Welding to American Petroleum Institute, December 1991.

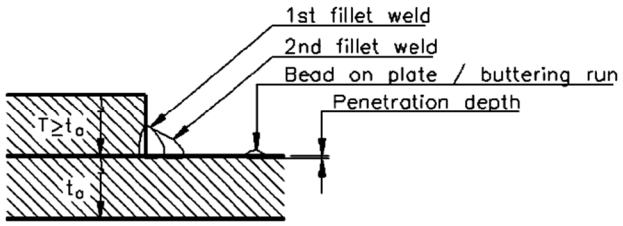
۴. Battelle Report “User’s Manual for Battelle’s Hot-Tap Thermal-Analysis Models” 1991.

۵. George E. Linnert, “Welding Metallurgy”, Volume 2.

پیوست ۱: دمای جوشکاری خط لوله-دمای اولیه خط جداره برابر با ۲۵ درجه سانتیگراد

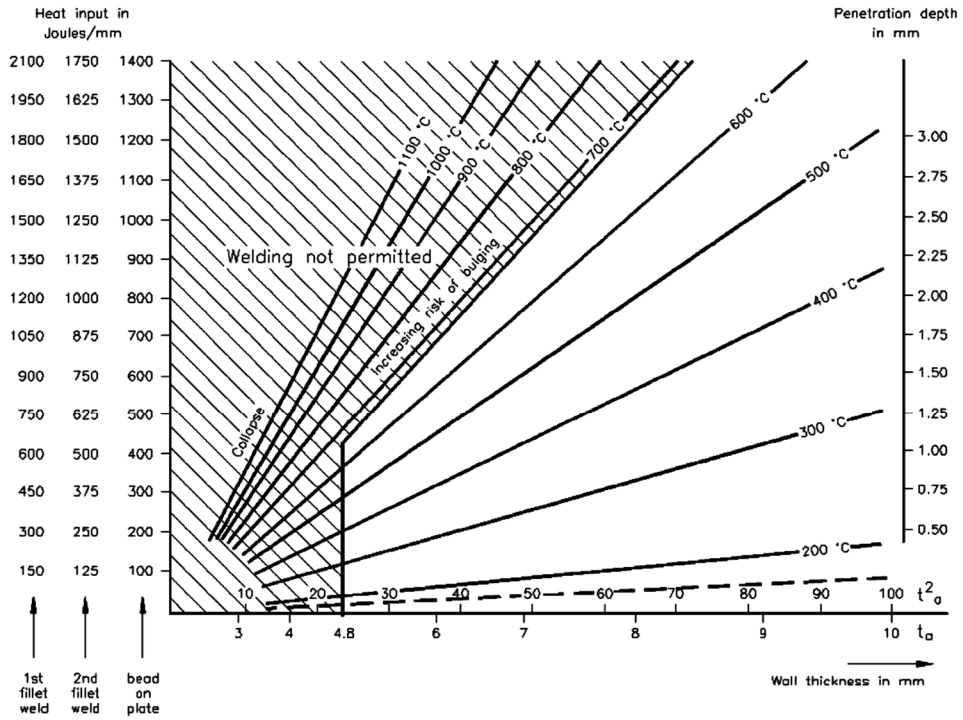


Maximum prevailing temperature at the inner side of carbon or carbon-manganese steel pipe when welding with covered electrode, starting from an initial pipe wall temperature of 25°C

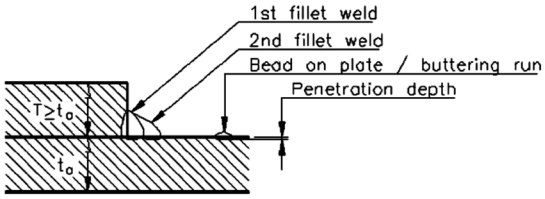


NOTE: 1. t_a = actual measured wall thickness.
2. Lines may be extrapolated horizontally for increased wall thickness.

پیوست ۲: دمای جوشکاری جداره خط لوله- دمای اولیه برابر ۱۵۰ درجه سانتیگراد



Maximum prevailing temperature at the inner side of carbon or carbon–manganese steel pipe when welding with covered electrode, starting from an initial pipe wall temperature of 150°C



NOTE: 1. t_a = actual measured wall thickness.
2. Lines may **be** extrapolated horizontally for increased wall thickness.

Main office: No 372, 3rd floor,Abzar&Yaraghcenter, Imam Khomeini Street, Tehran, Iran. Tel.+982166713540
Manufacturing site: No. 3, 15 th St., Rezvanieh, Kamalshahr, Karaj, Iran. Tel.; +982634717900-4
info@pishgam.co.ir, www.pishgam.co.i