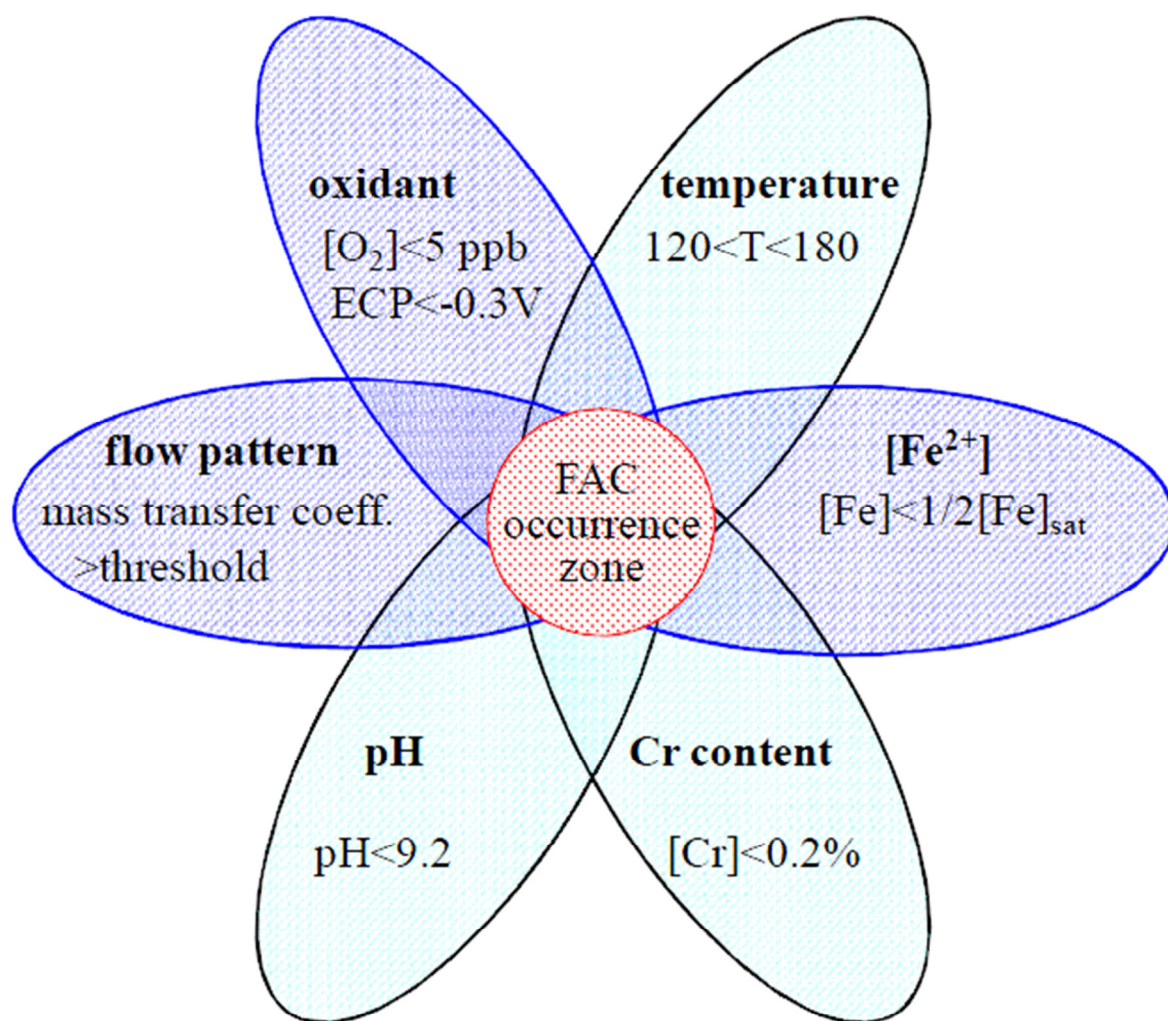


خوردگی تسريع يافته توسط سيالات



تاريخچه

خوردگی تسريع يافته توسط سيالات (Flow-Accelerated Corrosion: FAC) می تواند سبب کاهش ضخامت سريع لوله های فولادی شود. در صورتی که اين نوع خوردگی در سيستم کشف نشود، بخش آسیب دیده می تواند دچار تخریب ناگهانی گردد. پدیده FAC بیشتر برای شیر ها، زانویی ها و قطعات مشابه در سيستم لوله ها اتفاق می افتد. چنین اتفاقی علاوه بر ضرر و زیان اقتصادی می تواند سبب جراحت یا مرگ کارکنان شود. اگرچه FAC تاکنون سبب تخریب بسیاری از لوله های تجهیزات کارخانه ها یی چون صنایع انرژی بخار، فسیل، هسته ایی و بازیافت شده است، اما تا چند دهه پیش این پدیده به عنوان عامل تخریب شناخته نمی شد. در حقیقت FAC پس از پدیده شوک حرارتی به عنوان دومین عامل مهم انهدام لوله ها در کارخانه

های مرتبط با انرژی فسیلی شناخته می شود. به تازه گی کارخانه های سیکل ترکیبی، که به عنوان منبع جدیدی از تولید انرژی شناخته می شوند، با توجه به ماهیت کاریشان با این مشکل درگیر شده اند. شکل ۱ نمونه ای از یک قطعه ی منهدم شده توسط فرایند FAC، که در صنایع هسته ای مورد استفاده قرار گرفته، را نشان می دهد.



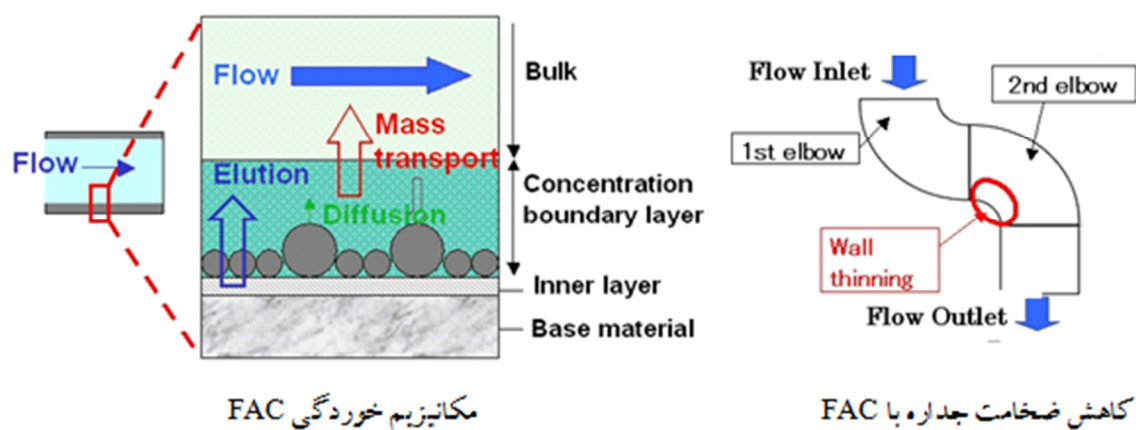
شکل ۱- قطعه مورد استفاده در صنایع هسته ای که توسط فرایند FAC تخریب شده است.

مکانیزم

رخداد پدیده FAC به وجود شرایط زیر وابسته است:

- ✓ شرایط سیال: دمای بالاتر از 95°C برای سیالات تک فاز (آب) و دو فاز (آب و بخار) و حرکت سیال
- ✓ شرایط شیمیایی: سیال باید به گونه ای باشد که بین سیال و سازه اختلاف پتانسیل به وجود آید. این اختلاف پتانسیل سبب انحلال فیلم اکسیدی محافظ در جریان سیال می شود.
- ✓ ماده: پدیده FAC برای لوله هایی از جنس فولاد کربنی یا فولاد کم آلیاژ اتفاق می افتد. حضور عنصر آلیاژی کروم احتمال رخداد این پدیده را کاهش می دهد.
- ✓ هندسه سیال: پدیده FAC در مکان هایی که جریان سیال با محدودیت مواجه می شود، مانند روزنه ها، یا در انبساط ها و انقباض ها، مانند زانویی ها، اتفاق می افتد.

شکل ۲ مکانیزیم FAC را در یک زانویی نشان می دهد. در ابتدا، آهن با آب واکنش داده و فیلم اکسیدی سطحی تشکیل می شود. انحلال این فیلم توسط سیال، یون های آهن آزاد می سازد. فرایند نفوذ یون های آهن از لایه مرزی سیال (در نزدیکی فلز) به سیال نرخ حذف آهن از قطعه را کنترل می کند. فرایند نفوذ آهن به طور مستقیم به غلظت آنها در لایه اکسیدی سطحی، و به طور معکوس به ضخامت لایه مرزی بستگی دارد. بنابراین کاهش ضخامت لایه مرزی به دلیل افزایش سرعت سیال یا افزایش آشفته گی موضعی می تواند نرخ خوردگی و در نتیجه نرخ FAC را افزایش دهد. سرعت سیال بر حد حلالیت یون های آهن در سیال نیز اثر می گذارد. سیال با ترکیب شیمیایی مشخص حد حلالیت معینی برای یون آهن در دما و pH کاری دارد. در یک سیال ایستا، زمانی که سیال به حالت اشباع می رسد، نرخ فرایند انحلال آهن کاهش می یابد. اما یک سیال جاری همواره محلولی تازه با ظرفیت بالای حلالیت یون های آهن در نزدیکی سطح ایجاد می کند و از این رو منجر به افزایش فرایند حلالیت و در نتیجه افزایش نرخ خوردگی می گردد. بنابراین FAC توسط سرعت سیال که بر ضخامت لایه مرزی و حد حلالیت یون آهن در سیال بالک تاثیر گذار است کنترل می شود.



شکل ۲- شماتیک مکانیزیم FAC در یک زانویی فولادی.

راهکارهای مقابله با FAC

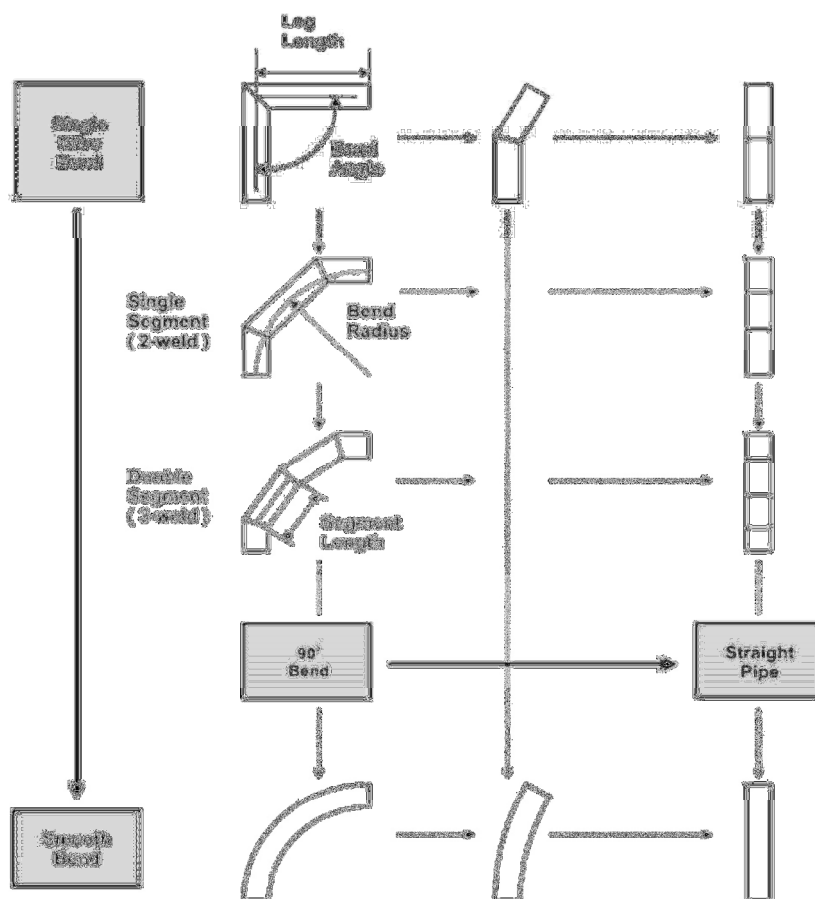
با توجه به اطلاعات داده شده، سه روش کلی برای کاهش نرخ خوردگی و در نتیجه کاهش پدیده FAC قابل اعمال است:

✓ الف: اصلاح طراحی (شکل ۳)

✓ ب: انتخاب ماده مناسب

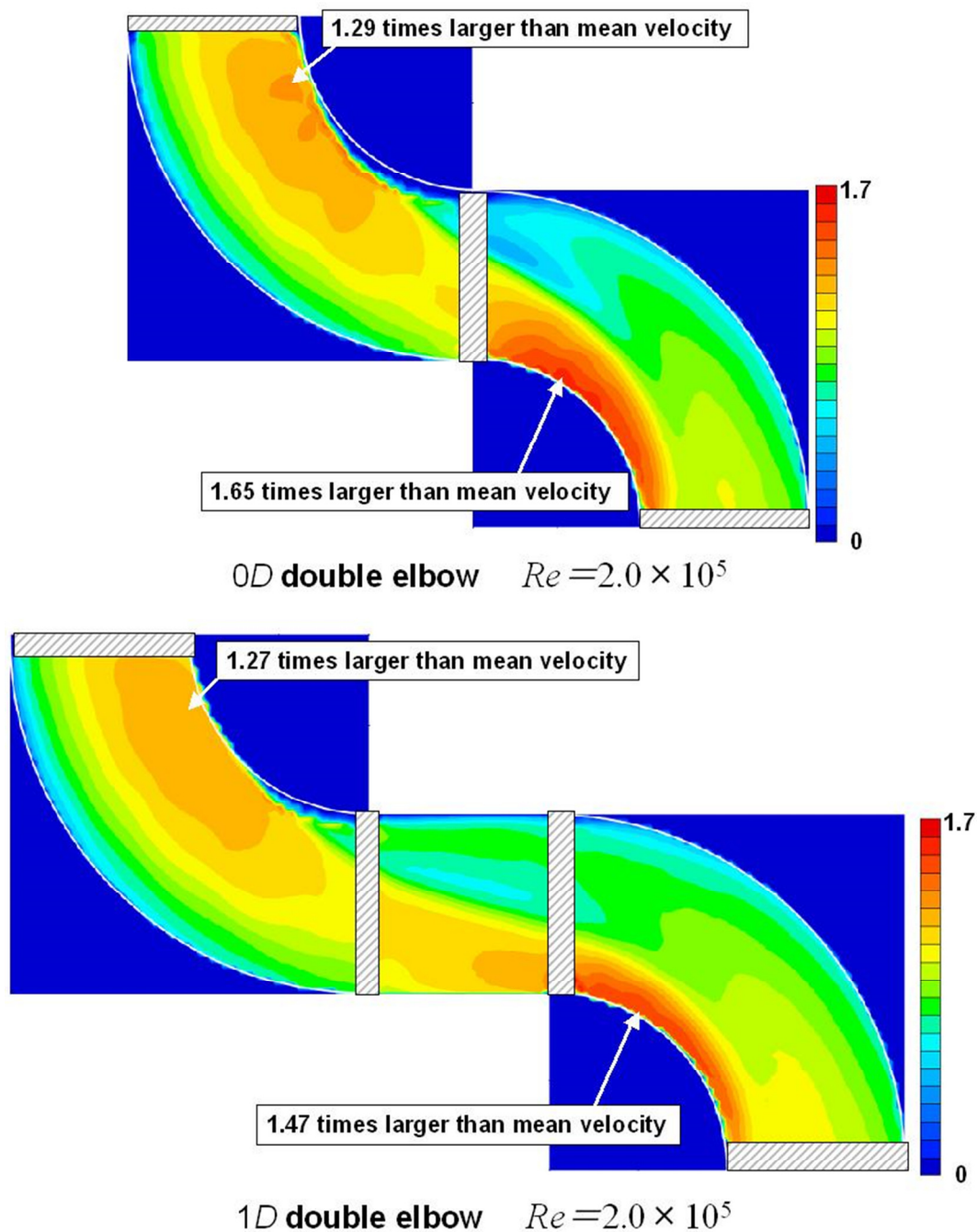
✓ ج: انتخاب و بهینه سازی سیکل شیمیایی سیال

راه حل اول اغلب به دلیل محدودیت های موجود در طراحی سیستم های لوله ای کاربردی نیست و راه حل دوم، انتخاب مواد مقاوم تر، در اکثر موارد صرفه اقتصادی ندارد. راه حل سوم، بهینه سازی سیکل شیمیایی می تواند راه حل مناسبی باشد، اما در استفاده از مواد مختلف و طراحی های سیکلی خاص بعضاً قابل اعمال نیست و خطر رخداد FAC را به طور کامل از بین نمی برد. این محدودیت ها سبب شده است تا کاربردی ترین روش در مقابله با FAC، توسعه یک برنامه بازرسی باشد. استراتژی برنامه باید بر اساس شناسایی نقاط در معرض خطر باشد. این روش نیازمند استفاده از مدل ها و روش های پیش بینی است.



شکل ۳- اصلاح طراحی در اتصالات سیستم های لوله ای.

دینامیک محاسباتی سیالات (CFD) به طور گسترده ای برای پیش بینی خوردگی در مناطق خمیده لوله ها مورد استفاده قرار می گیرد. این روش با استفاده از مدل های تحلیلی نیمه تجربی و تجربی می تواند با دقت بالایی آشفتگی سیال را محاسبه کند. شکل ۴ نمونه ای از شبیه سازی جریان سیال در یک زانویی را به این روش نشان می دهد. مشخص است که این شبیه سازی می تواند مناطق آشفته جریان و در نتیجه قسمت هایی از لوله که در معرض پدیده FAC هستند را به خوبی مشخص کند.



شکل ۴- شبیه سازی جریان سیال در یک زانویی.