

روایت‌های فرید q شماره ۱

- چرا پمپ‌های معتبر و فوق‌العاده باکیفیت **Warman**، با وجود استفاده از برترین آلیاژهای ضدسایش و ضدخوردگی، در بعضی از خطوط صنعتی حاد، ۵ ماه هم دوام نمی‌آورند و دچار تخریب شدید پوسته و نشتی می‌شوند؟*

وقتی متالورژی تاوان خطای فرآیند را می‌دهد.

بازدید از صحنه جرم صنعتی-

پای برج‌های خنک‌کننده کوره بلند شماره ۳

صدای لرزش غیرعادی پمپ، حتی از چند ده متری برج‌های خنک‌کننده به گوش می‌رسید! پمپ‌های اسلاری برند

معتبر وارمن پمپ **Warman** ^۱ که طبق شناسنامه فنی و استانداردهای طراحی باید حداقل ۵ سال بدون دغدغه در مدار می‌ماندند، هنوز به ۵ ماه نرسیده از پا می‌افتادند!

ظاهر قطعات داغون شده فقط یک چیز را نشان می‌داد- خوردگی و سایش شدید **Erosion-Corrosion**)

پوسته لاغر شده بود، پروانه لبه‌هایش شیار افتاده بود و نشتی آب و اسلاری، محوطه پای برج را گرفته بود(اولین واکنش طبیعی هر تیم نگهداری و تعمیراتی در چنین شرایطی چیست؟

-جنس قطعه خراب است آلیاژ پایه چدن کروم بالا **Hi-Chrome** ^۱
کیفیت لازم را نداشته، بروید سراغ متالورژی بهتر، ارتقای جنس بدهید، یا از سرامیک و پوشش‌های مقاوم‌تر استفاده کنید^x

اما مسئله این بود که جنس تغیر می‌کرد، هزینه سنگین‌تری به واحد خریدهای فنی فرض می‌شد، اما باز هم بعد از چند ماه، همان آش و همان کاسه بود

برای حل این الگوی تکراری، به سراغ فرید رفتیم؛ مهندسی که سال‌ها عمرش را در کف کارگاه‌های ساخت، مهندسی معکوس و عارضه‌یابی خطوط سنگین گذرانده و نگاهش به تجهیز، فراتر از یک قطعه ایزوله در نقشه است)



گفتگو با فرید- چرا تغ x متالورژی جواب نمی‌داد؟

در دفتر فنی فرید صنعت، در حالی که تصاویر قطعات داغون شده پمپ وارمن کوره ۳ ذوب آهن اصفهان روی مانیتور بود، از فرید پرسیدم-

-فرید عزیز، وقتی پمپ وارمن با آن سابقه درخشان ساخت و متالورژی استاندارد در یک مکان مشخص شکست می‌خورد و حتی ارتقای آلیاژ هم جواب نمی‌دهد، گره کار کجاست؟ x

فرید لبخندی زد، عینک خود را جابه‌جا کرد و گفت-

-ببین، بزرگ‌ترین اشتباهی که ما مدیران فنی و تعمیرات در صنایع انجام می‌دهیم این است که پمپ را مستقل از سیستم می‌بینیم) زمانی که کوره بلند شماره ۳ ذوب آهن راه افتاد، همه نگاه‌ها به سمت پمپ بود) پمپ ظاهرش خرابی متالورژیکی را نشان می‌داد؛ انگار سیال دارد فلز را می‌خورد) اما وقتی چند روز پای برج وقت گذاشتم و تمام علائم هایدرولیکی و فرآیندی را ردگیری کردم، مشخص شد پمپ بی‌گناه است. مسئله، دو خطای ریشه‌ای در نصب و فرآیند بالادست بود) x

- دقیقاً چه اتفاقی در بالادست می افتاد که پمپ وارمن را از پا می انداخت؟^x

فرید ادامه داد-

- دو مشکل اساسی وجود داشت-

اول؛ اشتباه در ارتفاع نصب و محاسبه **NPSH**-

پمپ های اسلاری وارمن برای اینکه دچار کاویتاسیون بیحباب زایی و انفجار حباب ها روی سطح پروانه^۱ نشوند، به یک **NPSH** در دسترس^۲ **NPSHa** مثبت و مطمئن نیاز دارند^۳ در طراحی و جانمایی اولیه ی پای برج، ارتفاع پمپ نسبت به کف مخزن درست محاسبه نشده بود^۴ پمپ عملاً در آستانه کاویتاسیون کار می کرد^۵ کاویتاسیون خودش مثل یک چکش میکروسکوپی روی سطح آلیاژ ضربه می زند و لایه محافظ فلز را برمی دارد^۶

دوم؛ فاجعه در فرآیند تولید و خرابی نازل های برجی فارسونگ ها^۷ اصل داستان اینجا بود^۸ بعلت خرابی های عملیاتی در فرآیند تولید تجهیزات، اختلاط غیرمجاز آب و سرباره رخ می داد^۹ از طرفی فارسونگ ها هیپداشونده های برج خنک کننده^{۱۰} خراب شده بودند^{۱۱} آب گرمی که باید به صورت اسپری خنک می شد، همراه با حجم عظیمی از شن، ماسه و ذرات ذوب شده سرباره وارد برج می شد^{۱۲}



این ذرات سنگین در کف مخزن برج ته نشین می شدند و سطح مخزن به سرعت پر از شن و سرباره می شد(حالا فکرش را بکن- پمپی که برای پمپاژ آب خنک کاری یا اسلاری سبک طراحی شده بود، به جای آب، رسماً شن و سنگ و سرباره غلیظ می کشید.×

چگونه مکش شن و کاویتاسیون، پوسته وارمن را متلاشی کرد؟

فرید روی تصویر پوسته شکافته شده پمپ اشاره کرد و توضیح داد-

-وقتی ذرات درشت شن و سرباره وارد پروانه‌ای می‌شوند که خودش به دلیل افت $CEH=$ دچار کاویتاسیون است، یک پدیده ترکیبی هولناک به نام **Erosion-Cavitation Synergy** میهم‌افزایی سایش و کاویتاسیون^۱ رخ می‌دهد)

حباب‌های کاویتاسیون روی سطح چدن کروم‌بالا می‌ترکند و ساختار میکروسکوپی فلز را دچار خستگی و ترک‌های ریز می‌کنند(بلافاصله ذرات شن که با سرعت بالا توسط پروانه می‌چرخند، مثل یک دستگاه سندبلاست بسیار قوی، همان نقاط تضعیف‌شده را می‌تراشند) این مکش شن و عدم تقارن سیال ورود، باعث ناهمراستایی لحظه‌ای هیدرولیکی، لرزش‌های شدید **Vibration**^۲ و ضربات مکانیکی به محور و بلبرینگ‌ها شد(پوسته تحت این لرزش‌های دائم و سایش مداوم، به سرعت لاغر شد، پوسته ترک خورد و نشتی شدید رخ داد) شما اگر بهترین آلیاژ فضایی دنیا را هم جای چدن وارمن می‌گذاشتید، در برابر این حجم از شن و ضربه مکانیکی بیشتر از چند ماه دوام نمی‌آورد^۳

راهکار عملی و تجربی فرید صنعت ایرانیان

-خب فرید، وقتی با چنین مسئله ریشه‌ای مواجه شدیم، چطور باید مشکل را برای همیشه حل می‌کردیم؟^۴

فرید راهکارهای قدم به قدمی که در تجارب مشابه اجرای شده را این‌گونه تشریح کرد-

۱) اصلاح هیدرولیک و ارتفاع نصب **NPSH** ^۴

تغ x رانمایی پمپ یا افزایش تراز نوسان آب در مخزن ورودی تا **NPSH** در دسترس همواره بالاتر از **NPSH** مورد نیاز پمپ قرار گیرد و پمپ از حالت کاویتاسیون خارج شود)

۲) اصلاح فرآیند بالادست و جوندگیرهایی **Sand/Slag Traps** ^۴

تعمیر و بازسازی کامل فارسونگاه‌های برج خنک‌کننده و ایجاد حوضچه‌های آرامش **Sedimentation Basins** ^۱ و سرندهای تفکیک‌کننده قبل از دهانه مکش پمپ، تا ذرات درشت شن و سرباره اصلاً به دهانه پمپ نرسند)

۳) بازطراحی مهندسی پوسته و پروانه با الگوی جریان واقعی پیروش فرید صنعت ^۴

در فرید صنعت، وقتی با پمپ‌های خاص وارمن در شرایط حاد مواجه می‌شویم، فقط نسخه برداری ساده **Copy-Paste** ^۱ نمی‌کنیم؛ بلکه-
• الگوی سایش روی پوسته را تحلیل روان‌شناسی سیال می‌کنیم)

• ضخامت لایه‌های بحرانی پوسته را در مناطقی که بیشترین ضربه ذرات وجود دارد، بر اساس تحلیل سیالاتی پید 8 ; 7^۱ افزایش می‌دهیم)

• از آلیاژهای چندمرحله‌ای عملیات حرارتی شده‌ی **Ni-Hard** % یا **Hi-Chrome** خاص با فازهای کاربیدی کنترل شده^۱ استفاده می‌کنیم تا در برابر هر دو عامل ضربه و سایش، تاب‌آوری داشته باشند)

جمع‌بندی و پرسش از شما مدیر محترم-

پمپ وارمن، شاهکار مهندسی اسلاری است؛ اما حتی شاهکارها هم در برابر انحرافات شدید فرآیندی و نصب نادرست تسلیم می‌شوند) قبل از اینکه هزینه‌های سنگینی بابت تغ x مداوم متالورژی و خرید قطعات یدکی بپردازید، یک بار زنجیره فرآیند و شرایط مکش را از نزدیک عارضه‌یابی کنید)

حالا سوال ما از شما مدیران و کارشناسان عزیز دفتر فنی و تعمیرات-

آیا در خطوط تولید شما هم تجهیزاتی وجود دارند که به‌ظاهر مشکل -بی‌کیفیتی قطعه یا متالورژی* دارند، اما احساس می‌کنید ریشه عارضه در جای دیگری از فرآیند یا نصب نهفته است؟ تجربه شما در مواجهه با خرابی‌های زودرس پمپ‌های اسلاری چیست؟

نویسنده - واحد مهندسی و فنی شرکت مهندسی فرید صنعت ایرانیان

پاورقی و مراجع علمی. صنعتی

GdidYncVb ^XEj b eh [dg8Zh^ c VcY 5eea^XVi^dc ^ CEH= B Vgl ^c -۲/۳^ 5CH> =>")\$)

بيد 8Zh | VcYE'e'c)

7Zcigfj | VaEj b eh [dgEZigdaZj b !EZigdX] Zb ^XVaVcY CVij gVa -5E>' " : . †HD " \$*: ,)

✧ Vh ✕ Yj higZh

$B \text{ ViZgVah EZg'dgb VcXZ } ^{\text{c}} = \text{ZVkn H\ddot{a} } \text{ ggn } \text{ } ^{\text{f}} \text{ L ZVg-L Vgb Vc H\ddot{a} } \text{ ggn Ej b e'c' } \backslash = \text{VcYWld' } \text{)}^{\text{r}}$

5eeXVi'dch

Hi Vc YVgY He ZX¹ XV¹dc [dg5 WgVh¹dc (GZh¹hi Vci 7 Vhi xgdch¹ = 17] gdb Z -5 HI B 5 & \$ #) f

میداد خیال زان

