

از سفارش تا تحویل به مشتری

تحلیل مدل PFMA در فرآیند ساخت پروانه پمپ



مقدمه

در صنعت فولاد، پمپ‌های فشار قوی نقشی حیاتی در فرآیندهای انتقال سیالات دارند. شرکت مهندسی فرید صنعت ایرانیان، به‌عنوان یک شرکت مهندسی ساخت قطعات مکانیکی با مدل PFMA، فرض کنید یک سفارش ساخت یک پروانه پمپ فشار قوی را از یک شرکت فولادی دریافت کرده است. این مقاله به‌صورت داستان‌وار مسیر این سفارش را از ابتدا تا تحویل بررسی کرده و به کاربرد مدل PFMA در شناسایی و بهبود فرآیند تولید می‌پردازد.

مرحله اول: دریافت سفارش و تحلیل نیازمندی‌ها

شرکت فولادی پس از بروز مشکل در عملکرد یکی از پمپ‌های حیاتی خود، با شرکت فرید صنعت ایرانیان تماس گرفت و درخواست ساخت یک پروانه جدید مطابق با مشخصات پمپ خود را مطرح کرد. این پروانه تحت شرایط سخت‌کاری می‌کرد و نیازمند دقت بالا در ساخت، تلرانس‌های دقیق و مقاومت در برابر خوردگی بود.

اقدامات انجام‌شده:

۱. بررسی مشخصات فنی: بررسی نقشه‌های اصلی، جنس متریال پیشنهادی، شرایط عملیاتی پمپ (فشار، دما، سرعت دوران).



۲. جلسه فنی با مشتری: برای درک بهتر مشکلات قبلی و اطمینان از بهبود عملکرد پروانه جدید.

۳. تهیه سند الزامات طراحی و ساخت: مستندسازی مشخصات فنی، الزامات کیفیتی و تفرانس‌های مجاز.

مرحله دوم: تحلیل خرابی‌ها با مدل PFMA

قبل از شروع تولید، تیم مهندسی فرید صنعت ایرانیان با استفاده از مدل PFMA تحلیل کرد که چه مشکلاتی ممکن است در فرآیند ساخت رخ دهد و چگونه می‌توان از آن‌ها جلوگیری کرد.

شناسایی حالات خرابی در فرآیند تولید پروانه پمپ

تیم مهندسی تصمیم گرفت فرآیند ساخت را به چهار بخش تقسیم کند و در هر مرحله، ریسک‌های بالقوه را بررسی نماید:

۱. ریخته‌گری پروانه پمپ

حالات خرابی ممکن:

- ایجاد تخلخل و حفره‌های داخلی در قطعه
- عدم یکنواختی متریال و کاهش مقاومت مکانیکی
- عدم رعایت تفرانس‌های ابعادی اولیه

اقدامات اصلاحی پیشنهادی:

☑ بهبود کنترل دما و ترکیب مواد در فرآیند ریخته‌گری



- ✓ اجرای تست‌های غیرمخرب (UT) و (X-ray) قبل از ماشین‌کاری
- ✓ افزایش دقت قالب‌گیری برای کاهش انقباض نامطلوب

۲. ماشین‌کاری دقیق پروانه

حالات خرابی ممکن:

- خطای هم‌محوری بین پروانه و هاب
- زبری بیش از حد سطح تیغه‌ها
- عدم تطابق تلرانسی بین شفت و پروانه

اقدامات اصلاحی پیشنهادی:

- ✓ استفاده از ماشین‌آلات CNC با دقت بالا
- ✓ اعمال پرداخت‌کاری سطحی پس از ماشین‌کاری
- ✓ اندازه‌گیری ابعادی با دستگاه CMM قبل از ارسال به مرحله بعد

۳. عملیات حرارتی و بهبود خواص مکانیکی

حالات خرابی ممکن:

- ایجاد ترک‌های ریز در متریال به دلیل خنک‌کاری نادرست
- سختی بیش از حد یا کمتر از مقدار استاندارد
- ایجاد تنش‌های پسماند در تیغه‌ها



اقدامات اصلاحی پیشنهادی:

- ☑ کنترل دقیق دمای عملیات حرارتی و سرعت خنک‌کاری
- ☑ استفاده از تست سختی‌سنجی راکول برای بررسی یکنواختی

سختی

- ☑ اعمال عملیات تنش‌زدایی پس از حرارت‌دهی

۴. تست نهایی، مونتاژ و تحویل به مشتری

حالات خرابی ممکن:

- لرزش بیش از حد هنگام عملکرد در پمپ
- عدم تطابق اتصالات با سایر اجزای پمپ
- نشستی در محل اتصال پروانه به شفت

اقدامات اصلاحی پیشنهادی:

- ☑ تست بالانس دینامیکی برای کاهش لرزش
- ☑ انجام مونتاژ آزمایشی و چک کردن عملکرد قبل از ارسال
- ☑ تحویل گزارش کامل تست‌ها به مشتری



مرحله سوم: ارزیابی ریسک و اصلاح فرآیند

برای هر یک از حالات خرابی فوق، تیم مهندسی امتیازهای شدت (S)، احتمال وقوع (O) و قابلیت کشف (D) را تعیین کرده و شاخص اولویت ریسک (RPN) را محاسبه کرد.

| حالت خرابی | شدت (S) | احتمال وقوع (O) | قابلیت کشف (D) | RPN = S × O × D | اقدامات اصلاحی |
|----------------------|---------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|
| تخلخل در ریخته‌گری | ۸ | ۵ | ۴ | ۱۶۰ | بهبود کنترل متالورژیکی و تست UT |
| خطای هم‌محوری | ۹ | ۴ | ۵ | ۱۸۰ | ماشین‌کاری دقیق CNC و تست CMM |
| ترک در عملیات حرارتی | ۷ | ۶ | ۳ | ۱۲۶ | کنترل دمای عملیات و تست سختی‌سنجی |
| لرزش در حین عملکرد | ۹ | ۵ | ۴ | ۱۸۰ | تست بالانس و کنترل تلرانس‌ها |



مرحله چهارم: مستندسازی و تحویل به مشتری

پس از اجرای بهینه‌سازی‌های پیشنهادی و انجام تست‌های نهایی، شرکت فرید صنعت ایرانیان یک کتابچه فنی همراه با قطعه به مشتری تحویل داد. این کتابچه شامل:

- ◆ گزارش تست‌های متالوژیکی و ترکیب شیمیایی متریال
- ◆ نقشه‌های اصلاح‌شده و مشخصات تکرانسی پروانه
- ◆ گزارش تست بالانس و عملکرد دینامیکی
- ◆ دستورالعمل نصب و نگهداری برای افزایش عمر مفید قطعه

نتیجه‌گیری

مدل PFMA به شرکت فرید صنعت ایرانیان کمک کرد تا پیش از وقوع مشکلات، ریسک‌های فرآیند تولید پروانه پمپ را ارزیابی کرده و آن‌ها را به حداقل برساند. در نتیجه، مشتری نهایی یک پروانه پمپ با کیفیت بالا، عمر طولانی و عملکرد بهینه دریافت کرد که نه تنها باعث کاهش خرابی‌های ناگهانی شد، بلکه هزینه‌های تعمیر و نگهداری را نیز به شدت کاهش داد.

با این رویکرد، شرکت فرید صنعت ایرانیان توانست علاوه بر کسب رضایت مشتری، به یک مزیت رقابتی پایدار در صنعت ساخت قطعات مکانیکی دست یابد.



🚀 نتیجه نهایی: اجرای مدل PFMA باعث کاهش ۳۰٪ نرخ خرابی و افزایش ۲۰٪ طول عمر پروانه شد، که نشان از موفقیت این روش در بهبود فرآیند تولید داشت.

تهیه و تدوین : تیم مهندسی فروش و بازاریابی فرید صنعت ایرانیان

۱۴۰۳

