چرخ‌دنده‌ها در ماشین‌کاری دقیق، مشکل در تراشکاری قطعات بزرگ، مشکل در تراشکاری قطعات بزرگ، چرخ‌دنده‌ها در ماشین‌کاری دقیق و مشکل در تراشکاری قطعات بزرگ

(مهندس آرمان نوشین‌فر)

شرکت ماشین‌کاری دقیق پارسه‌نیرو در شهرک صنعتی نارون‌دشت، سه دستگاه تراش سنگین برای تراشکاری قطعات بزرگ با قطر بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر خریداری کرد. هدف، کاهش زمان تولید قطعات یدکی توربین‌های آبی و بخارهای صنعتی بود. اما ظرف شش ماه، بیش از ۳۰ درصد قطعات تراشکاری‌شده ابعاد خارج از تلرانس داشتند. مشکل نه در دستگاه‌ها، بلکه در چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت و یاتاقان‌های نگهدارنده بود که لرزش را به قطعه منتقل می‌کردند. این گزارش تجربه اجرای پروژه بازسازی سیستم تراشکاری را تا پایان سال ۱۴۰۲ دنبال می‌کند و نشان می‌دهد چرا خرید ماشین‌آلات سنگین بدون طراحی دقیق سیستم انتقال قدرت، سرمایه‌گذاری پرخطر است.

پارسه‌نیرو تولید قطعات یدکی برای نیروگاه‌های آبی و بخارهای صنعتی را از سال ۱۳۹۸ آغاز کرد. پیش از آن، کارگاه تراشکاری با سه دستگاه قدیمی کار می‌کرد که بیشتر برای قطعات کوچک طراحی شده بود. قطعات بزرگ را به کارگاه‌های پیمانکاری می‌دادند و هزینه حمل و زمان انتظار بالا بود. مدیر عامل، مهندس کامران صدری‌نژاد، تصمیم گرفت تا ۱۸ ماه آینده تمام فرایند تراشکاری را در کارگاه خود انجام دهد. برای این کار، سه دستگاه تراش افقی با قطر کار تا ۱۲۰۰ میلی‌متر خریداری شد و قرار بود ظرفیت تولید ماهانه از ۴۰ قطعه به ۱۵۰ قطعه برسد. هزینه کل طرح حدود ۴۲۰ میلیارد ریال برآورد شد و بخشی از آن با وام بانکی تأمین شد.

مشکل از همان روز نصب آشکار شد. دستگاه‌ها روی فونداسیون بتنی نصب شده بودند و تراز دقیق داشتند، اما وقتی اپراتور شروع به تراشکاری قطعه ۲۰۰ میلی‌متری کرد، لرزش محسوسی در بدنه دستگاه احساس شد. صدا از حالت یکنواخت به صدای ناهموار تبدیل شد و سطح قطعه خراشیده شد. تیم فنی ابتدا فکر کرد یاتاقان‌های اسپیندل معیوب‌اند و آن‌ها را تعویض کرد. اما لرزش ادامه داشت. سپس سراغ چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت رفتند و دندانه‌های چرخ‌دنده اصلی را بررسی کردند. معلوم شد دقت ساخت چرخ‌دنده‌ها در حد استاندارد صنعتی نیست و خطای گام در برخی دندانه‌ها به ۰٫۴ میلی‌متر می‌رسد، در حالی که برای این کار حداکثر ۰٫۱۵ میلی‌متر مجاز است.

تصمیم گرفته شد تا چرخ‌دنده‌ها تعویض شوند. تأمین‌کننده قبلی ۶ هفته زمان برد و هزینه آن ۱۸۰ میلیارد ریال شد. در این مدت، کارگاه مجبور شد بخش بزرگی از سفارش‌ها را به رقبا واگذار کند. مدیر فنی، مهندس بهروز کاظمی‌نژاد، گزارش داد که تیم نگهداری باید یاد بگیرد چگونه دقت چرخ‌دنده را با ابزار ساده کنترل کند تا وابستگی به پیمانکار کاهش یابد. این بخش از پروژه، هزینه آموزش ۶۰ کارشناس را به طرح اضافه کرد و نشان داد که بخش بزرگی از مشکل نه در ماشین‌آلات، بلکه در دانش نگهداری بود.

پس از رفع مشکل چرخ‌دنده‌ها، نوبت به یاتاقان‌های نگهدارنده رسید. این یاتاقان‌ها وزن شفت را تحمل می‌کنند و باید لرزش را جذب کنند. اما در آزمایش‌های ارتعاش، فرکانس غالب لرزش دقیقاً با فرکانس چرخش شفت یکی شد و پدیده تشدید رخ داد. این پدیده باعث می‌شود دامنه لرزش چند برابر شود و به سرعت به دستگاه آسیب برساند. تیم فنی با تغییر فاصله یاتاقان‌ها و افزودن یک میراگر ساده توانست فرکانس طبیعی سیستم را از محدوده کار دور کند. هزینه این بخش ۴۵ میلیارد ریال بود و مدت آن ۲۱ روز طول کشید.

پس از اصلاح مکانیکی، کیفیت قطعات به سطح قابل قبول رسید. میانگین انحراف از تلرانس به ۰٫۰۸ میلی‌متر رسید و نرخ قطعات معیوب از ۳۰ درصد به ۴ درصد کاهش یافت. تولید ماهانه به ۱۴۰ قطعه رسید و تحویل به موقع از ۴۰ درصد به ۹۲ درصد رسید. درآمد ماهانه از ۲۸۰ میلیارد ریال به ۶۳۰ میلیارد ریال رسید. سود خالص سه ماهه پس از کسر هزینه‌ها، ۱۱۲ میلیارد ریال شد. مدیر عامل گزارش داد که اگر همان مبلغ صرف خرید ماشین جدید می‌شد، بازگشت سرمایه حداقل دو سال طول می‌کشید. اما با اصلاح موجود، همان سرمایه ظرف ۱۰ ماه برگشت.

درس این پروژه روشن است. ماشین‌آلات سنگین بدون طراحی دقیق فونداسیون و سیستم انتقال قدرت، می‌توانند بیشتر از سود تولید، خسارت ایجاد کنند. پارسه‌نیرو اکنون دستورالعمل داخلی برای نصب ماشین‌آلات سنگین تدوین کرده است که شامل آزمون ارتعاش پیش از تحویل است. این دستورالعمل از سال ۱۴۰۳ در سایر کارگاه‌های شرکت نیز اجرا می‌شود. مهندس کاظمی‌نژاد پیش‌بینی می‌کند که هزینه نگهداری سالانه ۱۸ درصد کاهش یابد. این عدد بر اساس داده‌های ۱۲ ماه نخست محاسبه شده است.

(مهندس آرمان نوشین‌فر)

نیروگاه آبی تاجکوه در ۱۲۰ کیلومتری شمال شهر نارین‌کوه، از سال ۱۳۹۸ با ۴ توربین آبی ۲۵ مگاوات کار می‌کرد. در تابستان ۱۴۰۰، مدیر نگهداری، مهندس کامران صدری‌نژاد، گزارش داد که لرزش توربین شماره ۳ در ساعت‌های اوج بار به ۴۲ میکرون رسیده است. حد مجاز ۲۰ میکرون است. این گزارش نشان می‌دهد چرا پایش ارتعاش در نیروگاه‌های آبی باید پیش از خرابی انجام شود و چرا هزینه تعمیر اضطراری چند برابر هزینه پیشگیری است.

توربین آبی از آب پرفشار برای چرخاندن پره‌ها استفاده می‌کند. پره‌ها روی شافت نصب‌اند و شافت به ژنراتور متصل است. اگر پره‌ها نامتقارن باشند یا شافت خم شده باشد، نیروی گریز از مرکز در هر چرخش تغییر می‌کند و ارتعاش ایجاد می‌شود. ارتعاش کم طبیعی است اما اگر از حد مجاز بگذرد، یاتاقان‌ها زود فرسوده می‌شوند و در نهایت شافت می‌شکند. شکست شافت یعنی توقف کامل نیروگاه و هزینه چند ده میلیارد ریال.

تیم فنی ابتدا فکر کرد مشکل از یاتاقان‌ها است. یاتاقان‌ها تعویض شدند اما لرزش کاهش نیافت. سپس سراغ پره‌ها رفتند. یکی از پره‌ها کمی سایش داشت اما وزن آن با بقیه تفاوت زیادی نداشت. در نهایت معلوم شد شافت خم شده است. خمیدگی به اندازه ۰٫۳ میلی‌متر بود که برای چشم قابل دیدن نیست اما برای ارتعاش بسیار مهم است. تصحیح شافت با پرس هیدرولیک انجام شد و لرزش به ۱۸ میکرون رسید.

درس مهم این است که پایش ارتعاش باید از روز اول نصب شروع شود، نه بعد از خرابی. نیروگاه تاجکوه اکنون سنسورهای ارتعاش را روی هر یاتاقان نصب کرده است و داده‌ها را هر ماه بررسی می‌کند. مهندس صدری‌نژاد گزارش داد که از ابتدای اجرای برنامه، زمان توقف اضطراری ۶۰ درصد کاهش یافته است. هزینه نگهداری سالانه ۱۸ درصد کاهش یافته و تولید برق بدون وقفه ادامه دارد.

(مهندس آرمان نوشین‌فر)

شرکت تراشکاری دقیق پارسه‌نیرو در شهرک صنعتی نارون‌دشت، سه دستگاه تراش سنگین برای تراشکاری قطعات بزرگ با قطر بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر خریداری کرد. هدف، کاهش زمان تولید قطعات یدکی توربین‌های آبی و بخارهای صنعتی بود. اما ظرف شش ماه، بیش از ۳۰ درصد قطعات تراشکاری‌شده ابعاد خارج از تلرانس داشتند. مشکل نه در دستگاه‌ها، بلکه در چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت و یاتاقان‌های نگهدارنده بود که لرزش را به قطعه منتقل می‌کردند. این گزارش تجربه اجرای پروژه بازسازی سیستم تراشکاری را تا پایان سال ۱۴۰۲ دنبال می‌کند و نشان می‌دهد چرا خرید ماشین‌آلات سنگین بدون طراحی دقیق سیستم انتقال قدرت، سرمایه‌گذاری پرخطر است.

پارسه‌نیرو تولید قطعات یدکی برای نیروگاه‌های آبی و بخارهای صنعتی را از سال ۱۳۹۸ آغاز کرد. پیش از آن، کارگاه تراشکاری با سه دستگاه قدیمی کار می‌کرد که بیشتر برای قطعات کوچک طراحی شده بود. قطعات بزرگ را به کارگاه‌های پیمانکاری می‌دادند و هزینه حمل و زمان انتظار بالا بود. مدیر عامل، مهندس کامران صدری‌نژاد، تصمیم گرفت تا ۱۸ ماه آینده تمام فرایند تراشکاری را در کارگاه خود انجام دهد. برای این کار، سه دستگاه تراش افقی با قطر کار تا ۱۲۰۰ میلی‌متر خریداری شد و قرار بود ظرفیت تولید ماهانه از ۴۰ قطعه به ۱۵۰ قطعه برسد. هزینه کل طرح حدود ۴۲۰ میلیارد ریال برآورد شد و بخشی از آن با وام بانکی تأمین شد.

مشکل از همان روز نصب آشکار شد. دستگاه‌ها روی فونداسیون بتنی نصب شده بودند و تراز دقیق داشتند، اما وقتی اپراتور شروع به تراشکاری قطعه ۲۰۰ میلی‌متری کرد، لرزش محسوسی در بدنه دستگاه احساس شد. صدا از حالت یکنواخت به صدای ناهموار تبدیل شد و سطح قطعه خراشیده شد. تیم فنی ابتدا فکر کرد یاتاقان‌های اسپیندل معیوب‌اند و آن‌ها را تعویض کرد. اما لرزش ادامه داشت. سپس سراغ چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت رفتند و دندانه‌های چرخ‌دنده اصلی را بررسی کردند. معلوم شد دقت ساخت چرخ‌دنده‌ها در حد استاندارد صنعتی نیست و خطای گام در برخی دندانه‌ها به ۰٫۴ میلی‌متر می‌رسد، در حالی که برای این کار حداکثر ۰٫۱۵ میلی‌متر مجاز است.

تصمیم گرفته شد تا چرخ‌دنده‌ها تعویض شوند. تأمین‌کننده قبلی ۶ هفته زمان برد و هزینه آن ۱۸۰ میلیارد ریال شد. در این مدت، کارگاه مجبور شد بخش بزرگی از سفارش‌ها را به رقبا واگذار کند. مدیر فنی، مهندس بهروز کاظمی‌نژاد، گزارش داد که تیم نگهداری باید یاد بگیرد چگونه دقت چرخ‌دنده را با ابزار ساده کنترل کند تا وابستگی به پیمانکار کاهش یابد. این بخش از پروژه، هزینه آموزش ۶۰ کارشناس را به طرح اضافه کرد و نشان داد که بخش بزرگی از مشکل نه در ماشین‌آلات، بلکه در دانش نگهداری بود.

پس از رفع مشکل چرخ‌دنده‌ها، نوبت به یاتاقان‌های نگهدارنده رسید. این یاتاقان‌ها وزن شفت را تحمل می‌کنند و باید لرزش را جذب کنند. اما در آزمایش‌های ارتعاش، فرکانس غالب لرزش دقیقاً با فرکانس چرخش شفت یکی شد و پدیده تشدید رخ داد. این پدیده باعث می‌شود دامنه لرزش چند برابر شود و به سرعت به دستگاه آسیب برساند. تیم فنی با تغییر فاصله یاتاقان‌ها و افزودن یک میراگر ساده توانست فرکانس طبیعی سیستم را از محدوده کار دور کند. هزینه این بخش ۴۵ میلیارد ریال بود و مدت آن ۲۱ روز طول کشید.

پس از اصلاح مکانیکی، کیفیت قطعات به سطح قابل قبول رسید. میانگین انحراف از تلرانس به ۰٫۰۸ میلی‌متر رسید و نرخ قطعات معیوب از ۳۰ درصد به ۴ درصد کاهش یافت. تولید ماهانه به ۱۴۰ قطعه رسید و تحویل به موقع از ۴۰ درصد به ۹۲ درصد رسید. درآمد ماهانه از ۲۸۰ میلیارد ریال به ۶۳۰ میلیارد ریال رسید. سود خالص سه ماهه پس از کسر هزینه‌ها، ۱۱۲ میلیارد ریال شد. مدیر عامل گزارش داد که اگر همان مبلغ صرف خرید ماشین جدید می‌شد، بازگشت سرمایه حداقل دو سال طول می‌کشید. اما با اصلاح موجود، همان سرمایه ظرف ۱۰ ماه برگشت.

هزینه کل طرح، شامل خرید دستگاه‌ها، تعویض یاتاقان‌ها، اصلاح فونداسیون و آموزش کارشناسان، ۴۲۰ میلیارد ریال بود و مدت اجرا ۱۸ ماه طول کشید. سود خالص سه ماهه پس از کسر هزینه‌ها، ۱۱۲ میلیارد ریال شد. مدیر عامل گزارش داد که اگر همان مبلغ صرف خرید ماشین جدید می‌شد، بازگشت سرمایه حداقل دو سال طول می‌کشید. اما با اصلاح موجود، همان سرمایه ظرف ۱۰ ماه برگشت.

هزینه کل طرح، شامل خرید دستگاه‌ها، تعویض یاتاقان‌ها، اصلاح فونداسیون و آموزش کارشناسان، ۴۲۰ میلیارد ریال بود و مدت اجرا ۱۸ ماه طول کشید.

(مهندس آرمان نوشین‌فر)

شرکت تراشکاری دقیق پارسه‌نیرو در شهرک صنعتی نارون‌دشت، سه دستگاه تراش سنگین برای تراشکاری قطعات بزرگ با قطر بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر خریداری کرد. هدف، کاهش زمان تولید قطعات یدکی توربین‌های آبی و بخارهای صنعتی بود. اما ظرف شش ماه، بیش از ۳۰ درصد قطعات تراشکاری‌شده ابعاد خارج از تلرانس داشتند. مشکل نه در دستگاه‌ها، بلکه در چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت و یاتاقان‌های نگهدارنده بود که لرزش را به قطعه منتقل می‌کردند. این گزارش تجربه اجرای پروژه بازسازی سیستم تراشکاری را تا پایان سال ۱۴۰۲ دنبال می‌کند و نشان می‌دهد چرا خرید ماشین‌آلات سنگین بدون طراحی دقیق سیستم انتقال قدرت، سرمایه‌گذاری پرخطر است.

پارسه‌نیرو تولید قطعات یدکی برای نیروگاه‌های آبی و بخارهای صنعتی را از سال ۱۳۹۸ آغاز کرد. پیش از آن، کارگاه تراشکاری با سه دستگاه قدیمی کار می‌کرد که بیشتر برای قطعات کوچک طراحی شده بود. قطعات بزرگ را به کارگاه‌های پیمانکاری می‌دادند و هزینه حمل و زمان انتظار بالا بود. مدیر عامل، مهندس کامران صدری‌نژاد، تصمیم گرفت تا ۱۸ ماه آینده تمام فرایند تراشکاری را در کارگاه خود انجام دهد. برای این کار، سه دستگاه تراش افقی با قطر کار تا ۱۲۰۰ میلی‌متر خریداری شد و قرار بود ظرفیت تولید ماهانه از ۴۰ قطعه به ۱۵۰ قطعه برسد. هزینه کل طرح حدود ۴۲۰ میلیارد ریال برآورد شد و بخشی از آن با وام بانکی تأمین شد.

مشکل از همان روز نصب آشکار شد. دستگاه‌ها روی فونداسیون بتنی نصب شده بودند و تراز دقیق داشتند، اما وقتی اپراتور شروع به تراشکاری قطعه ۲۰۰ میلی‌متری کرد، لرزش محسوسی در بدنه دستگاه احساس شد. صدا از حالت یکنواخت به صدای ناهموار تبدیل شد و سطح قطعه خراشیده شد. تیم فنی ابتدا فکر کرد یاتاقان‌های اسپیندل معیوب‌اند و آن‌ها را تعویض کرد. اما لرزش ادامه داشت. سپس سراغ چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت رفتند و دندانه‌های چرخ‌دنده اصلی را بررسی کردند. معلوم شد دقت ساخت چرخ‌دنده‌ها در حد استاندارد صنعتی نیست و خطای گام در برخی دندانه‌ها به ۰٫۴ میلی‌متر می‌رسد، در حالی که برای این کار حداکثر ۰٫۱۵ میلی‌متر مجاز است.

تصمیم گرفته شد تا چرخ‌دنده‌ها تعویض شوند. تأمین‌کننده قبلی ۶ هفته زمان برد و هزینه آن ۱۸۰ میلیارد ریال شد. در این مدت، کارگاه مجبور شد بخش بزرگی از سفارش‌ها را به رقبا واگذار کند. مدیر فنی، مهندس بهروز کاظمی‌نژاد، گزارش داد که تیم نگهداری باید یاد بگیرد چگونه دقت چرخ‌دنده را با ابزار ساده کنترل کند تا وابستگی به پیمانکار کاهش یابد. این بخش از پروژه، هزینه آموزش ۶۰ کارشناس را به طرح اضافه کرد و نشان داد که بخش بزرگی از مشکل نه در ماشین‌آلات، بلکه در دانش نگهداری بود.

پس از رفع مشکل چرخ‌دنده‌ها، نوبت به یاتاقان‌های نگهدارنده رسید. این یاتاقان‌ها وزن شفت را تحمل می‌کنند و باید لرزش را جذب کنند. اما در آزمایش‌های ارتعاش، فرکانس غالب لرزش دقیقاً با فرکانس چرخش شفت یکی شد و پدیده تشدید رخ داد. این پدیده باعث می‌شود دامنه لرزش چند برابر شود و به سرعت به دستگاه آسیب برساند. تیم فنی با تغییر فاصله یاتاقان‌ها و افزودن یک میراگر ساده توانست فرکانس طبیعی سیستم را از محدوده کار دور کند. هزینه این بخش ۴۵ میلیارد ریال بود و مدت آن ۲۱ روز طول کشید.

پس از اصلاح مکانیکی، کیفیت قطعات به سطح قابل قبول رسید. میانگین انحراف از تلرانس به ۰٫۰۸ میلی‌متر رسید و نرخ قطعات معیوب از ۳۰ درصد به ۴ درصد کاهش یافت. تولید ماهانه به ۱۴۰ قطعه رسید و تحویل به موقع از ۴۰ درصد به ۹۲ درصد رسید. درآمد ماهانه از ۲۸۰ میلیارد ریال به ۶۳۰ میلیارد ریال رسید. سود خالص سه ماهه پس از کسر هزینه‌ها، ۱۱۲ میلیارد ریال شد. مدیر عامل گزارش داد که اگر همان مبلغ صرف خرید ماشین جدید می‌شد، بازگشت سرمایه حداقل دو سال طول می‌کشید. اما با اصلاح موجود، همان سرمایه ظرف ۱۰ ماه برگشت.

هزینه کل طرح، شامل خرید دستگاه‌ها، تعویض یاتاقان‌ها، اصلاح فونداسیون و آموزش کارشناس