

## بررسی علت شکست چرخ دنده گیربکس کمپرسور فرآیند cp-xa4ba شرکت آهن و فولاد ارفع

سید علی گله داری<sup>1</sup>، مهدی ابراهیم زاده<sup>2</sup>

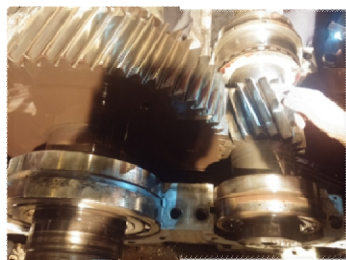
1 و 2- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

### چکیده

بررسی دینامیکی بارهای وارد بر چرخ دنده‌های مارپیچ در بررسی عددی موضوع شکست و تغییر پارامترهای دینامیکی چرخ دنده ها تحت اثر اصطکاک در این مقاله انجام شده است.

### بیان مسئله

ساختار جعبه دنده در شکل (1) نشان داده شده است. جعبه دنده معرفی شده مربوط به واحد احیا شرکت آهن و فولاد ارفع شامل یک گی‌یر با 67 دندانه و پی‌نیون با 18 دندانه می‌باشد. گی‌یر از طریق شفت به کمپرسور متصل و پی‌نیون از طریق شفت به یک موتور 2030 کیلو وات متصل است.



شکل 1: جعبه دنده کمپرسور

در سال 91 گیربکس مربوط به دو کمپرسور نصب شده و مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. در سال 94 گیربکس یکی از کمپرسورها دچار آسیب شده و از مدار خارج می‌گردد. بیرینگ این گیربکس تعویض می‌شود و عیب خاصی درگیربکس دیده نشد. در سال 95 این جعبه دنده دچار آسیب می‌شود. اتفاق مشابهی نیز برای گیربکس کارخانه فولاد غدیر ایرانیان (که در اسفند 89 مورد بهره‌برداری قرار گرفته بود) رخ می‌دهد که دقیقاً مشخصات یکسانی دارند. با توجه به اختلال ایجاد شده در عملکرد کمپرسور در این پژوهش علت وقوع شکست در جعبه دنده بررسی شده است.

معرفی انواع خرابی‌های چرخ دنده و محور

انجمن چرخ دنده سازان آمریکا [3] (AGMA) خستگی های چرخ‌دنده‌را شامل: الف) سایش، ب) خستگی سطحی، پ) تغییر شکل پلاستیک، ت) شکست دندانه و ث) شکست‌های خستگی معرفی نموده است. بر این اساس عوامل احتمالی شکست دندانه (در مورد این گیربکس) به قرار زیر می‌باشد:

گیربکس‌ها از اجزای مهم صنعت به شمار می‌روند. در گیربکس مورد مطالعه که شامل یک گی‌یر و یک پی‌نیون می‌باشد در طول مدت چهار سال کاری دنده های پی‌نیون و گی‌یر به انضمام شفت متصل به گی‌یر دچار شکست شده اند. شکست به صورت ناگهانی و همراه با سر و صدای زیاد اتفاق افتاده است. شکست گی‌یر و پی‌نیون در دنده ها و شکست شفت در جا خار اتفاق افتاده است. در این مقاله ابتدا سعی شده با مطالعه همه پارامترهای دخیل در شکست این چرخ دنده ها و به کمک روش‌های مکانیکی و متالورژیکی به علت واقعی تخریب قطعات اشاره شده پی برده شود. ایجاد ارتباط بین علت های مکانیکی و متالورژیکی شکست چرخ دنده و ارائه راهکارهای مهم برای جلوگیری از شکست های مشابه از ویژگی های این مقاله می باشد.

واژه های کلیدی: کمپرسور- جعبه دنده- شکست گی‌یر و پی‌نیون-

تحلیل شکست

### مقدمه

چرخ دنده‌ها از اجزای مهم قطعات دوار به شمار می‌روند. پدیده شکست در چرخ دنده‌ها نیز از معضلات صنعت به شمار می‌ورد. بررسی علت شکست و ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش تخریب آنها می‌تواند به بهبود عملکرد دستگاه‌ها و به تبع آن افزایش تولید محصول و سود مجتمع می‌شود. برای آنالیز شکست جعبه دنده‌ها از تمامی عوامل دخیل در تخریب آنها باید کمک گرفت. بررسی صحت عملکرد یاتاقان‌ها (که بار اصلی جعبه دنده‌ها بر روی آنها سوار است)، بررسی شرایط کارکرد جعبه دنده مثل دمای محیطی عملکرد و بررسی دیگر عامل می‌تواند ما را به هدفمان نزدیک کند. میلویتینوویچ و همکاران [1] شکست دنده تعبیه شده در جعبه دنده های دستی را مورد بررسی قرار داده اند در این مقاله بحث چگونگی ایجاد حفره روی دنده ها و خوردگی در چرخ دنده ها مورد مطالعه قرار گرفته است در همین راستا یانگ و همکاران [2] تغییر ویژگی های دینامیکی چرخ دنده های مارپیچ تحت اثر اصطکاک بررسی نموده‌اند.

1- استادیار، 09399238836@pmc.iaun.ac.ir (نویسنده مخاطب) ali.galehdari

2- دانشجوی کارشناسی ارشد

الف) شکست در اثر ضربه یا بار غیرمجاز نسبت به تنش تسلیم (ب) خستگی خمشی دندانه (پ) خوردگی مخرب (ت) عیوب ساختاری مواد (ث) عیوب ساخت مانند ترک‌های ناشی از عملیات حرارتی، سنگ زنی و... (ج) جنس نامناسب (چ) مشکلات طراحی و ح) پروسه ساخت.

بر اساس تئوری شکست، شکست چرخنده می‌تواند به سه طریق اتفاق افتاده باشد:

الف) ابتدا چرخ دنده شکسته شده است: در صورت بروز چنین اتفاقی می‌بایست ضربه زدن، صدای اضافی، بالا رفتن ارتعاش و... رخ داده باشد که در این مورد تا لحظه بروز حادثه هیچگونه علامتی که نشان دهنده شکست دنده (تا قبل از لحظه حادثه) باشد مشاهده نشده است.

ب) ابتدا شفت دچار شکستگی شده است: در صورت شکستگی شفت دو حالت می‌تواند اتفاق بیفتد (1) شفت شکسته و دنده روی آن دچار جابه‌جایی می‌شود. (2) شفت شکسته و دنده روی آن به میزان بسیار ناچیز جابجا می‌شود در اینصورت میزان زاویه درگیری اندکی تغییر می‌کند و دنده و پینیون شروع به سایش یکدیگر می‌کنند این درگیری و تغییر زاویه فشار باعث افزایش میزان تنش در پای دنده شده و به مرور زمان به علت خستگی خمشی دندانه دچار شکست و جدایش می‌شود. با توجه به آثار فرسایش روی مقاطع شکست شفت این احتمال محتمل‌ترین حالت ممکن به نظر می‌رسد.

ج) شکست هم‌زمان اتفاق افتاده است که تنها حالتی که می‌تواند منجر به شکست هم‌زمان شفت و دنده شود ضربه ناگهانی است.

با توجه به علل فوق باید بررسی شود کدامیک یک از آنها دارای سهم اصلی در شکست دندانه می‌باشد.

### بررسی علت شکست با استفاده از روش تجربی

به منظور یافتن علت اصلی شکست باید مقطع شکست مورد مطالعه قرار گیرد. پس از انجام بررسی‌های متعدد نمونه‌ای از مقطع شکست چرخنده اصلی و پینیون در شکل (2) نشان داده شده است. با توجه به مقاطع شکست، به صورت چشمی بازرسی اولیه به منظور یافتن علت شکست انجام گرفت. با این روش نتیجه خاصی حاصل نگردید. به منظور بررسی دقیق‌تر مقرر شد از تحلیل متالورژیک استفاده شود. برای انجام این نوع بررسی باید از روش SEM استفاده شود.

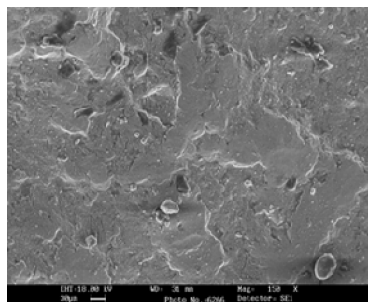


(الف)

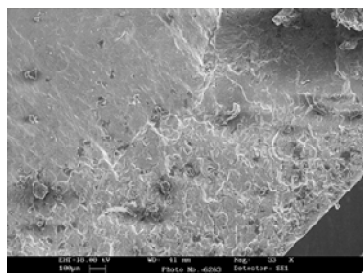
(ب)

شکل 2: مقطع شکست الف) چرخنده اصلی و ب) پینیون

نتایج حاصل از انجام روش SEM برای مقطع شکست چرخنده اصلی و پینیون در شکل (3) نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل 3: تصاویر SEM از مقاطع شکست الف) گی‌بر و ب) پینیون

با توجه به تصاویر میکروسکوپ الکترونی شکست چرخ دنده‌ها ناشی از شکست ترد ناشی از بار اضافی و غیر مجاز دلالت می‌کند. که جزو شکست های رایج [4,5] در این نوع ماده یعنی (17CrNiMo6) می باشد.

### نتیجه گیری

در این پژوهش هدف بر این است که علل احتمالی و سناریوهای مختلف شکست مورد بررسی قرار گیرند. با استفاده از روش SEM علت اصلی شکست بار اضافی تشخیص داده شده است. بر این اساس می‌توان با ارائه راهکار مناسب و مقرون به صرفه از بروز حوادث مشابه جلوگیری به عمل آورد. راهکارهای ارائه شده شامل طراحی ابعادی مجدد، تغییر جنس، تغییر تیپ گیربکس، تغییر نوع دنده ها می‌باشد. بدست آوردن علت شکست باعث ارائه راهکارهای مناسب برای جلوگیری از تکرار چنین حوادثی در صنعت خصوصا در صنعت فولاد می‌باشد.

### 5- مراجع

- [1] Milutinovic, M., Trifkovic, S., Duric, A. and Vucetic, N., 2016. "Gear failures embedded in manual gearboxes". bulletin of engineering, 1, march, pp. 83-84.
- [2] Jiang, H. and Liu, F., 2016. "Dynamic features of three-dimensional helical gears under sliding friction with tooth breakage". Engineering failure analysis, 70, September, pp. 305-322.
- [3] Dudley, D., 1993. Gear Hand book, Mc Graw-Hill.
- [4] Liu, W., 2014. "The failure analysis of the repeat gear tooth breakage in a 40 MW steam turbine load gearbox and the butterfly in the carburized case". Engineering failure analysis, 46, July, pp. 9-17.
- [5] Ost, W., Baets, P., Quintelier, J., 2007. "Investigation of a failed axle of a reduction gearbox". Engineering failure analysis, 14, January, pp. 1194-1203.