

فرسنگ های نوین تعمیر و نگهداری

و تکنیک های مورد استفاده در آن

مهندس احمد کاویانی

انتشارات نصیر بصیر

سرشناسه	: کاویانی، احمد. ۱۳۳۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: فرهنگ های نوین تعمیر و نگهداری و تکنیک های مورد استفاده در آن / احمد کاویانی
مشخصات نشر	: تهران: نصیر بصیر. ۱۳۹۰
مشخصات ظاهری	: ۲۰۶ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۰۲۱-۱-۶
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: ماشین آلات - نگهداری و تعمیر
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ : ۴۲ ک/۱۵۳ TJ
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۸۱۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۷۰۷۲۴۲

عنوان کتاب:

فرهنگ های نوین تعمیر و نگهداری و تکنیک های مورد استفاده در آن (با CD)

مؤلف: احمد کاویانی

ناشر: نصیر بصیر

تایپ و صفحه آرایی: گروه فنی تابناز ۶۶۹۷۲۰۵۲

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱

ناظر فنی چاپ: مرتضی کرباسی

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۰۲۱-۱-۶

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب برای ناشر محفوظ است.

تکثیر تمام یا قسمتی از این اثر به هر شکلی ممنوع بوده و پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش

انتشارات نصیر بصیر (پخش نسیم): انقلاب - روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران - ساختمان ۳۱۰ ط ۳ واحد ۱۱۱

تلفن: ۶۶۹۵۵۸۴۵-۶۶۹۵۵۸۴۴-۶۶۹۶۲۲۳۱-۶۶۶۹۷۵۹۸۲

کتابفروشی گلریزان: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب - پلاک ۱۱ تلفن ۶۶۹۷۶۲۳۰-۶۶۹۷۶۲۳۲

کتابفروشی دانش هنر: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب - بازار بزرگ کتاب - پلاک ۴۳ - تلفن ۶۶۹۷۶۲۳۱

پیشگفتار

نزدیک به ۳۵ سال است که به عنوان کارشناس فنی، مدیر تعمیر و نگهداری، مدیر طراحی مهندسی، مشاور پروژه و مدرس دوره‌های تعمیر و نگهداری و ... با بیش از یکصد شرکت در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، مس، فولاد، سیمان، خمیر و کاغذ، تولید و بازیافت گاز CO₂ و ... همکاری داشته و دارم.

در طی این مدت با هزاران مورد خرابی و توقف ماشین‌آلات صنعتی چه از نوع دینامیکی (پمپ، کمپرسور و ...) و چه استاتیکی (مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده، شیرآلات صنعتی، سیستم‌های بریز و ...) را شاهد آن بودهام. در یک جمع‌بندی کلی شرایط موفقیت یک واحد تولیدی در امر بهره‌گیری مناسب از ماشین‌آلات را موارد زیر می‌دانم:

(۱) دانایی سازمانی (مدیریت - نیروی انسانی - نرم‌افزارها - قدمت و سازمندی)

(۲) انتخاب صحیح تجهیزات

(۳) نصب مناسب

(۴) بهره‌برداری صحیح از ماشین‌آلات

(۵) سرویس و نگهداری مناسب

(۶) تعمیرات مطلوب

هر واحد تولیدی را باید یک بنگاه اقتصادی و خدماتی دانست که مهم‌ترین اهداف آن افزایش درآمد و تامین نیازهای جامعه می‌باشد. برای نیل به اهداف فوق، بالا بردن میزان تولید، بهبود کیفیت محصولات و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری از اولویت خاصی برخوردار می‌باشند.

هزینه‌های تعمیر و نگهداری یکی از بخش‌های اصلی قیمت تمام شده محصولات صنعتی می‌باشد که برحسب نوع محصول سهم آن می‌تواند بین ۴۰ - ۱۵ درصد هزینه کل تولید باشد. به عنوان مثال در صنایع غذایی سهم هزینه‌های تعمیر و نگهداری به طور متوسط حدود ۱۵ درصد بوده در حالی که در صنایع فولاد، خمیر و کاغذ و سایر صنایع سنگین ممکن است به ۴۰ درصد قیمت تمام شده محصول نیز برسد.

بر این اساس برای بهبود شرایط بهره‌برداری، کاهش توقفات، کاهش هزینه‌های تعمیر و

نگهداری، کاهش قیمت تمام شده و بهبود کیفیت محصول، انتخاب استراتژی مناسب برای انجام تعمیر و نگهداری از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد. متأسفانه کمتر واحد تولیدی را دیدم که دارای یک استراتژی و خط مشی مناسب برای انجام تعمیرات ماشین‌آلات خط تولید باشند، که نشانگر ضعف دانایی سازمان در امور تعمیر و نگهداری می‌باشد.

در طی چند سال اخیر کتاب‌های متعددی در زمینه مهندسی تعمیر و نگهداری توسط اساتید و کارشناسان محترم دانشگاهی و صنعتی در ایران ترجمه و یا تالیف گردیده است. ضمن احترام به تمامی آن بزرگواران، اکثر این کتاب‌ها و مقالات دارای دیدگاه مهندسی صنایع در برنامه‌ریزی و اجرا تعمیر و نگهداری بوده که در جایگاه خود یک شرط لازم و ضروری بوده ولی کافی نمی‌باشد.

احساس بر این است که در کنار دیدگاه فوق باید کارشناسانی که در زمینه‌های عملیاتی تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات صنعتی و به‌الخص در مورد ماشین‌های دینامیکی (نظیر پمپ‌ها، کمپرسورها، توربین‌ها و ...) دارای تجربیات گران قدری می‌باشند وارد میدان شده و خلاء اجرایی فرآیند تعمیر و نگهداری را با نظرات و پیشنهادات خود در قالب کتاب و یا مقاله بهبود ببخشند.

بر این اساس وظیفه خود دانستم تا سهم کوچکی از این رسالت بزرگ را به انجام رسانیده و با تدوین این مجموعه به دانشجویان، تکنسین‌ها، کارشناسان و مدیرانی که به نحوی با امور تعمیر و نگهداری درگیر می‌باشند کمکی هر چند ناچیز بشود.

این مجموعه در ۴ فصل تدوین گردیده که فصل اول آن به آشنایی با استراتژی‌های تعمیر و نگهداری و بررسی هر یک و یافتن نقاط ضعف و قدرت آن‌ها و کاربری مناسب از آن در امر تعمیر و نگهداری اختصاص داده شده است. عمده مطالب این مجموعه به فرهنگ‌های رایج در امر تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات دینامیکی اختصاص داده شده است.

از آن جایی که تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات دینامیکی به تکنیک‌های خاصی نظیر اندازه‌گیری و آنالیز لرزش، آنالیز روغن و سایر تکنیک‌های مرسوم در زمینه عیب‌یابی وابسته می‌باشد، لذا بخش‌های دوم، سوم و چهارم به موارد فوق اختصاص داده شده است.

جهت گسترش دامنه کاربردی این مجموعه سعی گردیده که تکنیک‌های فوق در زبانی ساده بررسی و ارائه گردد.

برای جمع‌آوری و تدوین این مجموعه بزرگوارانی در سطوح دانشگاهی و صنعتی مرا یاری رساندند که در این جا وظیفه خود می‌دانم از کمک‌های فکری و معنوی آنان تقدیر و تشکر بنمایم.

راهنمایان آقایان مهندس بهروز سلیمی، بهنام سلیمی، دکتر بیژن دیبائی‌نیا و بسیاری از دوستان عزیز دیگر در این زمینه بسیار موثر بوده که نیازمند سپاس و تشکر ویژه را دارد. از صبر و حوصله همسر عزیزم پوران و همکاری فرزندانم آنیثا و علیرضا و کمک‌های دکتر میثم منیری، مهندس موحی‌چهر ملانی، مهندس مهدی آشوری، خانم مهندس صفیه کریمی، مهندس علی پگاه، مهندس محمد باج‌دین، مهندس محمد جواهری، مهندس مرتضی کرباسی مدیریت انتشارات نصیر بصیر کمال تشکر را دارم.

احمد کاویانی

مدیر طراحی مهندسی

شرکت ماشین‌سازی گاز کربنیک شهرکرد

بهمن ۱۳۹۰

فهرست مندرجات

۹	۱ فرهنگ‌های تعمیراتی
۱۰	۱.۱ مقدمه
۱۰	۲.۱ تاریخچه و سیر تکاملی فرهنگ‌های تعمیراتی
۱۷	۳.۱ دسته بندی ماشین آلات بر حسب جایگاه آنها در امر تولید
۱۸	۱.۳.۱ ماشین آلات حساس
۱۸	۲.۳.۱ ماشین آلات اساسی
۱۹	۳.۳.۱ ماشین‌های عمومی
	۴.۱ تعمیرات بعد از خرابی
۲۰	Breakdown Maintenance (B.D.M)
۲۱	۱.۴.۱ معایب B.D.M
۲۲	۲.۴.۱ محاسن B.D.M
	۵.۱ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه
۲۳	PM (Preventive Maintenance) یا PM
۲۶	۱.۵.۱ فرم‌های مختص گردآوری اطلاعات
۲۷	۲.۵.۱ فرم‌های انجام برنامه‌ها و درخواست‌های تعمیراتی
۲۷	۳.۵.۱ فرم‌های تحلیل اطلاعات حاصل از انجام فعالیت‌های نت

۲۷	.....	معایب PM	۴.۵.۱
۲۸	.....	محاسن PM	۵.۵.۱
		نگهداری و تعمیرات به روش پیشگویانه	۶.۱
۲۹	.....	(Predictive Maintenance)	
۳۳	.....	محاسن	۱.۶.۱
۳۵	.....	معایب	۲.۶.۱
۳۶		نگهداری و تعمیرات به روش پیشگیری فعالانه Proactive Maintenance	۷.۱
۳۸	.....	جایگاه تحلیل پارامترها در فرهنگ‌های نوین تعمیرات و نگهداری	۸.۱
۳۹	.....	برنامه تعمیر و نگهداری	۹.۱
۴۱	.....	دستورالعمل‌های تعمیر و نگهداری	۱۰.۱
۴۲	.....	تعمیرات کلی Overhaul	۱۱.۱
۴۳	.....	دانش پایه‌ای مورد نیاز	۱۲.۱
۴۵	.....	مرحله عیب‌یابی و رفع عیب	۱۳.۱
۴۶	.....	نقش واحد بهره‌برداری در عملکرد ماشین و تعمیر و نگهداری	۱۴.۱
۴۷	.....	جمع‌بندی در زمینه تعمیر و نگهداری ماشین‌ها	۱۵.۱
۵۱		لرزش در ماشین‌ها	۲
۵۲	.....	مقدمه	۱.۲
۵۲	.....	مراقبت وضعیت (Condition Monitoring) یا CM	۲.۲
۵۴	.....	جایگاه لرزش در مراقبت وضعیت	۳.۲
۵۶	.....	ارتعاش چیست؟	۴.۲
۶۱	.....	آنالیز فوری (Fourier Analysis)	۵.۲
۶۱	.....	علل ارتعاش ماشین آلات	۶.۲
۶۴	.....	تاریخچه ماشین	۷.۲
۶۴	.....	لرزش در ماشین‌ها سعی در افزایش دارد.	۸.۲

۶۵	 اندازه گیری لرزش در یک ماشین	۹.۲
۶۵	 انتخاب جابجایی، سرعت و یا شتاب	۱.۹.۲
۶۶	 جابجایی	۲.۹.۲
۶۷	 سرعت	۳.۹.۲
۶۷	 شتاب	۴.۹.۲
۶۸	 حد مجاز لرزش در ماشین ها	۱۰.۲
۷۰	 مقدمات اندازه گیری های دوره ای	۱۱.۲
۷۳	 محل اندازه گیری لرزش در ماشین	۱۲.۲
۷۴	 جهت های اندازه گیری لرزش	۱۳.۲
۷۶	 دسته بندی ماشین ها بر اساس استاندارد ISO 2372	۱۴.۲
۷۹	 محدودیت ها و استانداردهای لرزش	۱۵.۲
۸۰	 گردآوری اطلاعات Data-Acquisition	۱۶.۲
۸۰	 تجهیزات اندازه گیری لرزش	۱۷.۲
۸۳	 ترانسدیوسر جابجایی سنج	۱۸.۲
۸۴	 پیک اپ های سرعت لرزش	۱۹.۲
۸۷	 نصب پیک اپ Pick-Up Mounting	۱.۱۹.۲
۸۷	 حساسیت Sencitivity	۲.۱۹.۲
۸۷	 پاسخ فرکانسی Frequency Response	۳.۱۹.۲
۸۸	 کالیبراسیون	۴.۱۹.۲
۸۸	 محاسن و معایب	۵.۱۹.۲
	ترانسدیوسر (پیک اپ) شتاب	۲۰.۲
۸۸	 Acceleration Transducers (Pick-Up)	
۸۹	 تئوری عملکرد	۱.۲۰.۲
۹۰	 نصب	۲.۲۰.۲

۳.۲۰.۲	حساسیت	۹۱
۴.۲۰.۲	دامنه فرکانس	۹۱
۵.۲۰.۲	کالیبراسیون	۹۲
۲۱.۲	لرزه نگار و آنالیزورهای دستی	۹۲
۲۲.۲	تجهیزات سیار (Portable) اندازه گیری و آنالیز لرزش	۹۶
۲۳.۲	تجهیزات اندازه گیری پیوسته (On-line) لرزش	۹۷
۲۴.۲	بررسی نتایج اندازه گیری لرزش	۹۹
۲۵.۲	تحلیل خرابی ماشین	۱۰۲
۲۶.۲	دامنه لرزش در مقابل آنالیز فرکانس	۱۰۴
۲۷.۲	تعیین علت لرزش	۱۰۶
۲۸.۲	ریشه‌یابی لرزش	۱۱۲
۲۹.۲	عوامل بروز لرزش در ماشین‌های دینامیکی	۱۱۳
۳۰.۲	نابالانسی Unbalancing	۱۱۴
۱.۳۰.۲	نابالانسی استاتیکی	۱۱۵
۲.۳۰.۲	نابالانسی کوپل	۱۱۶
۳.۳۰.۲	نابالانسی دینامیکی (روتور آویزان) Overhung	۱۱۷
۳۱.۲	بالانس کردن Balancing	۱۱۷
۱.۳۱.۲	فرآیند بالانس کردن	۱۱۸
۲.۳۱.۲	تأثیر وزنه آزمون	۱۱۹
۳.۳۱.۲	دستورالعمل بالانس کردن	۱۲۰
۴.۳۱.۲	بالانس کردن در دو صفحه - روش برداری	۱۲۲
۵.۳۱.۲	بالانس در محل یا در کارگاه؟	۱۲۲
۶.۳۱.۲	ماشین بالانس کننده	۱۲۳
۳۲.۲	ناهم‌راستایی (Misalignment)	۱۲۵

۱۲۹	ناهم‌راستایی موازی (Parallel Misalignment)	۱.۳۲.۲
۱۳۰	ناهم‌راستایی زاویه‌ای (Angular Misalignment)	۲.۳۲.۲
۱۳۲	خمش (تاب) محور Shaft Deflection (Bent)	۳۳.۲
۱۳۳	خرابی یاتاقان‌های ضد اصطکاک (Antifriction Bearing)	۳۴.۲
۱۳۴	خروج از مرکز Eccentricity	۳۵.۲
۱۳۵	خرابی چرخ دنده	۳۶.۲
۱۳۶	شل بودن مکانیکی (پایه یاتاقان‌ها، فوندانسیون و غیره) Loosness	۳۷.۲
۱۳۸	خرابی تسمه	۳۸.۲
۱۳۹	عیب الکتریکی	۳۹.۲
۱۳۹	ضربه‌های آنروودینامیکی و میدروودینامیکی	۴۰.۲
۱۳۹	نیروهای رفت و برگشتی (Reciprocating)	۴۱.۲
۱۴۰	تشدید (Resonance)	۴۲.۲
۱۴۱	چرخش روغن Oil Whirl	۴۳.۲
۱۴۱	پدیده موج‌دار شدن	۴۴.۲
۱۴۲	کاویتاسیون Cavitation	۴۵.۲

۱۴۷	۳ آنالیز روغن	
۱۴۸	مقدمه	۱.۳
۱۵۲	برنامه ریزی جهت آنالیز روغن	۲.۳
۱۵۲	ممیزی ماشین آلات	۱.۲.۳
۱۵۵	ممیزی روانکار Lubricant Audit	۳.۳
۱۵۸	پردازش	۴.۳
۱۶۱	نمونه‌گیری	۵.۳
۱۶۲	محل نمونه برداری	۶.۳
۱۶۳	روش‌های نمونه‌گیری	۷.۳

۱۶۲	نمونه‌گیری با شیلنگ	۱.۷.۳
۱۶۵	نمونه برداری از محل تخلیه	۲.۷.۳
۱۶۶	شیرهای نمونه‌گیری	۸.۳
۱۶۷	بطری نمونه برداری	۹.۳
۱۶۸	آنالیز روغن	۱۰.۳
۱۶۸	ظاهر، رنگ، بو	۱.۱۰.۳
۱۶۹	اسیدپته معدنی	۲.۱۰.۳
۱۶۹	اسیدپته آلی	۳.۱۰.۳
۱۶۹	اسیدپته کل	۴.۱۰.۳
۱۶۹	ورن مخصوص	۵.۱۰.۳
۱۶۹	ویسکوزیته سیمانتیکی	۶.۱۰.۳
۱۷۰	اندیس ویسکوزیته	۷.۱۰.۳
۱۷۱	سایر آزمون‌ها	۸.۱۰.۳
۱۷۲	آلودگی در روغن	۱۱.۳
۱۷۲	آلودگی‌های بیرونی	۱۲.۳
۱۷۳	آلودگی‌های داخلی	۱۳.۳
۱۷۳	فرسایش خراشی	۱.۱۳.۳
۱۷۳	کاویتاسیون	۲.۱۳.۳
۱۷۴	فرسایش چسبیدگی	۳.۱۳.۳
۱۷۵	فرسایش ناشی از خوردگی	۴.۱۳.۳
۱۷۵	فرسایش برشی	۵.۱۳.۳
۱۷۶	فرسایش خستگی	۶.۱۳.۳
۱۷۶	فرسایش لغزشی	۷.۱۳.۳
۱۷۷	فرسایش الکتریکی	۸.۱۳.۳

۱۴.۳	تکنیک‌های آنالیز ذرات	۱۷۷
۱.۱۴.۳	اسپکترومتری	۱۷۸
۲.۱۴.۳	آنالیز مادون قرمز (IR)	۱۸۱
۱۵.۳	شمارش ذرات	۱۸۱
۱۶.۳	آنالیز ذرات ناشی از سایش (فروگرافی)	۱۸۲
۴	سایر تکنیک‌های مراقبت وضعیت (CM)	۱۸۵
۱.۴	مقدمه	۱۸۶
۲.۴	آزمون فراصوت	۱۸۶
۱.۲.۴	مقدمه	۱۸۶
۲.۲.۴	حسگر فراصوت	۱۸۸
۳.۲.۴	کاربردهای فراصوت	۱۸۹
۳.۴	ترموگرافی مادون قرمز (IR)	۱۹۱
۱.۳.۴	مقدمه	۱۹۱
۲.۳.۴	تجهیزات ترموگرافی	۱۹۳
۳.۳.۴	عیب یابی توسط ترموگرافی	۱۹۴
۴.۴	رادیوگرافی	۱۹۵
۵.۴	آزمون کارایی	۱۹۵
۶.۴	تست نفوذ رنگ	۱۹۵
۷.۴	استفاده از حواس پنجگانه	۱۹۶
	مراجع	۱۹۹