

موضوع : روش نوین بالانس در حین کارکرد فن ها

گردآوری : امین هنرمند راد (کارشناس برنامه ریزی) - محمد ثانی کرمانی (سرپرست
کارگاه تعمیرات)

سیمان ممتازان کرمان - کیلومتر ۳۲ اتوبان کرمان - تهران

فهرست مطالب :

صفحه	عنوان
۱.....	چکیده
۱.....	مقدمه
۱.....	معرفی روش Active Balance
۱.....	روش های مختلف Active Balance
۲.....	سیستم بالانس HB6000
۳.....	سیستم بالانس MB4002
۴.....	سیستم بالانس AB9000
۵.....	نحوه عملکرد سیستم EMB7000
۶.....	اجزاء سیستم EMB 7000
۶.....	ویژگی های سیستم EMB7000
۸.....	کارکرد سیستم بالانس EMB7000 با انواع فن
۱۰.....	نتیجه گیری
۱۰.....	منابع

مقدمه :

امروزه با توجه به کاربرد گسترده انواع فن در صنایع و کارخانجات مختلف و نقش مهمی که در فرآیند تولید دارند ، توجه خاصی به عملیات نگهداری و تعمیرات این تجهیزات می شود و اکثر کارخانجات با صرف هزینه در جهت بهبود کارآیی این تجهیزات تلاش می کنند . در صنعت سیمان با توجه به اینکه جهت انتقال مواد و یا خنک سازی تجهیزات از فن ها استفاده می شود لذا توجه به این تجهیز از اهمیت خاصی برخوردار می باشد و لذا صرف هزینه نگهداری و تعمیرات جهت جلوگیری از خرابی های زودرس، ناپهنگام و هزینه بر برای این تجهیزات ، مقرون به صرفه می باشد .

در تعداد زیادی از فرآیند های تولید سیمان فن با گردو خاک و مواد پروسه در تماس مستقیم می باشد که این امر باعث ایجاد مشکلاتی از جمله نشست مواد روی پره ها ، ساییدگی قطعات مرتبط و یا کم شدن سطح مقطع کانال و نتیجتاً کاهش حجم هوای مورد نیاز می گردد که در این مقاله سعی بر آن شده است که در مورد نشست مواد روی پره ها و بر هم زدن بالانس فن ها و چگونگی رفع این مشکل بصورت آنلاین توضیحاتی آورده شود .

با توجه به اینکه ذرات گرد و غبار و مواد مرتبط با سرعت بالا به پره ها برخورد می کند و این برخورد یکنواخت نمی باشد لذا نشست مواد در نقاط مختلف ، متفاوت می باشد که این امر باعث ایجاد مشکل نابالانسی و افزایش ارتعاش سیستم و در نهایت خرابی تجهیزات می شود ، در این خصوص در اکثر کارخانجات سیمان با نصب سنسورهای لرزه نگار روی فن های بزرگ و اندازه گیری دستی برای فن های کوچک تر ، وضعیت فن ها کنترل می گردد و در مواقع لزوم و با بالا رفتن میزان ارتعاشات فن جهت جلوگیری از خرابی بیشتر تجهیز را متوقف و پس از انجام عملیات اصلاحی دوباره راه اندازی می کنند .

معرفی روش Active Balance :

بالانس فن بصورت معمول و روش های مشخصی که در کارخانجات توسط پرسنل نگهداری و تعمیرات انجام می شود با توجه به اینکه کمک شایانی به کم کردن هزینه تعمیرات می نماید ولی به علت اینکه نیاز به توقف تجهیز دارد باعث اعمال هزینه های مربوط به توقف تجهیزات می شود و لذا چنانچه بتوان هزینه توقف تجهیز را کاهش داد می توان در هزینه های مذکور صرفه جویی نمود در این خصوص روش هایی از جمله ایجاد فشار هوا ، اسپری کردن آب و امواج صوتی (جهت جلوگیری از نشیت مواد روی پره ها) انجام گردیده است ولی اینگونه روش ها تنها تا مدتی جوابگو هستند ولی در نهایت منجر به توقف فن می گردد .

یکی از راه های انجام این کار استفاده از روش های مدرن بالانس گیری می باشد ، یکی از شرکت های فعال و ارائه دهنده خدمات مربوط به عملیات بالانس شرکت آلمانی Hoffman Mess und Auswuchttechnik می باشد . این شرکت روش نوینی در خصوص بالانس فن بدون توقف تجهیز را ارائه داده است که در اصطلاح انگلیسی به آن Active Balance می گویند و به این ترتیب دیگر نیازی به توقف تجهیز نمی باشد ، به این ترتیب هزینه توقف ناخواسته تجهیزات حذف می گردد لازم بذکر میباشد که روش Active Balance شرکت مذکور چندین دهه در تجهیزات مختلف مکانیکی با موفقیت استفاده شده است .

روش های مختلف Active Balance :

از سوی شرکت Hofmann برای انجام عملیات Active Balance سه روش متفاوت ارائه گردیده است که بشرح ذیل می باشد :

۱ - سیستم HB 6000 : در این روش بالانس تجهیز با نهایت دقت و برای شافت های سرعت بالا با کمک سیال واسطه ، انجام می گردد .

۲ - سیستم MB 4002 : سیستم مکانیکی جهت بالانس برای تجهیزات نصب شده داخل یا خارج Spindle

۳ - سیستم AB 9000 : سیستم بالانس با رینگ الکترومغناطیسی و یک سیستم تطابق با شافت ، جهت بالانس تجهیزات سرعت بالا با دقت بسیار زیاد در زمان کوتاه استفاده می شود .

حال که با روش های مختلف Active Balance آشنا شدیم در مورد هر یک توضیحاتی جهت آشنایی بیشتر داده می شود :

سیستم HydroBalancer HB 6000 :



در این سیستم جهت بالانس از سیال و محفظه هایی حاوی رینگ ، که به چهار قسمت تقسیم شده است ، استفاده می گردد . از مزایای این روش می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- ۱ - بالانس یک یا دو صفحه ای در حین کارکرد تجهیز به همراه مانیتور کردن شرایط بالانس
- ۲ - بالانس از طریق سیال مورد استفاده در تجهیز ، برای مثال سیال خنک کن تجهیز
- ۳ - دستیابی به میزان بالانس رضایت بخش در سرعت های بالا در صورت استفاده از سیال مناسب و تمیز
- ۴ - عدم نیاز به فضای زیاد جهت نصب روی روتور تجهیز
- ۵ - مجهز به نرم افزار جهت بالانس دستی تجهیز

مشخصات فنی سیستم HydroBalancer HB 6000 :

Measuring electronics	
Balancing planes	1 / 2
Vibration sensor	1 / 2
Speed range	300 - 100,0001/min
Displacement range	0.01 - 100 μ m RMS
Control panel	Keyboard with tactile feedback, IP67
Display	4x20 LCD, illuminated
I/O interface	24 V, 25 pin D-Sub
Case	Case or 19" Rack
Ring container	
Number of chambers	4
Balancing capacity	depending on size
Dimensions	adaptable to the requirements of the spindle and/or the rotor

سیستم MecBalancer MB 4002 :



این روش یک شیوه استاندارد برای بالانس در حین کار تجهیزات می باشد که از طریق جابجایی الکترومکانیکی دو جرم بالانس که طبق روش تقسیم جرمی عمل می نماید ، انجام می گردد . مزایای این روش بشرح ذیل می باشد :

- ۱ - بالانس یک یا دو صفحه ای تجهیزات در حین کارکرد
- ۲ - انتقال انرژی بدون تماس و بدون سایش به موتور عملگر
- ۳ - چهار کانال جداگانه جهت چهار بالانس مستقل تجهیز

مشخصات فنی سیستم MecBalancer MB 4002 :

Measuring electronics	
Number of channels	1 / 4
Balancing planes	1 / 2
Vibration sensor	1 / 2 / 4
Speed range	300 - 100,000 1/min
Displacement range	0.01 - 100 μ m RMS
Control panel	Keyboard with tactile feedback, IP67
Display	4x20 LCD, illuminated
I/O interface	24 V, 25 pin sub-D
Housing	Case or 19" Rack
Balancing head	
Design	Flange mounting or spindle integration
Balancing capacity and dimensions	according to version
Energy and signal transmission	non-contact
Sensor	
Type	HMA 1130, 100 mV/g

سیستم Ring Balancer AB 9000 :



این سیستم یک روش نوین جهت بالانس در حین کارکرد می باشد که برای انواع روتور بکار می رود و از یک اصل ساده جهت بالانس استفاده می کند بدین معنی که ارتعاشاتی که در سیستم چرخان بعلت نابالانسی ایجاد می شود در کسری از ثانیه در حین چرخش حذف می گردد. دو عدد رینگ نابالانس توسط یک بیرینگ نازک بصورت دائمی روی شافت ماشین نصب می شود و یک سیستم کنترلی شرایط نابالانسی در شافت را هر لحظه دریافت کرده و از طریق محاسبات زاویه دو رینگ را تغییر داده و آن ها را در بهترین موقعیت برای جبران نابالانسی قرار می دهد، لازم بذکر می باشد که رینگ ها بصورت الکترومغناطیسی و در کسری از ثانیه توسط یک عدد استاتور در موقعیت محاسبه شده توسط سیستم کنترل، قرار می گیرند. مزایای استفاده از این روش بشرح ذیل می باشد:

- ۱ - بالانس اتوماتیک ماشین بصورت یک یا دو صفحه ای
- ۲ - واحد بالانس به شکل رینگ می باشد و بدین ترتیب فضای زیادی جهت نصب نیاز ندارد.
- ۳ - بالانس ماشین با سرعت های بسیار زیاد در مدت زمان بسیار کم توسط عملگر الکترومغناطیس
- ۴ - انتقال انرژی عملگر برای موقعیت دهی رینگ های بالانس بدون تماس و سایش قطعات
- ۵ - امکان پیش بالانس جهت بالانس دستی ماشین وجود دارد.
- ۶ - دارای نرم افزار قابل نصب روی کامپیوتر

مشخصات فنی سیستم Ring Balancer AB 9000 :

Controller	
Number of channels	2 / 4
Balancing planes	1 / 2
Speed range	200 - 120,000 1/min
Vibration	0.01 - 1,000 μ m
PC interface	RJ 45
PLC interface	D-Sub 25 and D-Sub 9
Case	Desktop housing or 19" Rack
Balancing unit	
Balancing capacity	depending on size, 100 gmm - 3.2 kgm
Inner diameter	38 - 355 mm
Outer diameter	100 - 700 mm
Width	28 - 94 mm
Pickup	
Type	HMA ,1830 ,100 , mV/g , PMG 81 , 42.4 mV/(mm/s)

چگونگی عملکرد سیستم بالانس EMB7000 (AB9000) :

سیستم بالانس EMB7000 همان روش بالانس سیستم AB9000 می باشد و با توجه به اهمیت ، تازگی ، سادگی و پر بازده بودن این روش در این مقاله سعی شده است که در مورد این سیستم توضیحاتی آورده شود. (شکل شماره ۱ سیستم EMB7000 با کلیه متعلقات را که روی شافت نصب شده است نشان می دهد.)

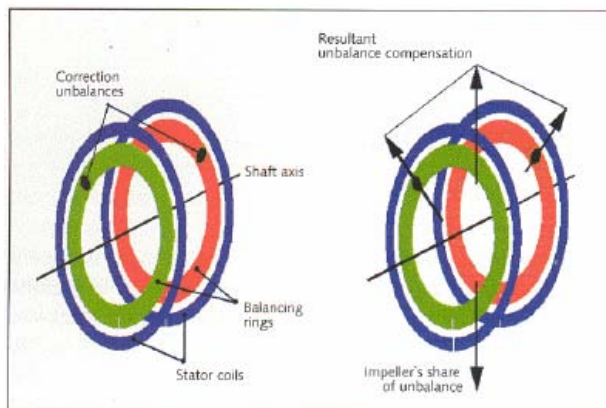


Large radial fan with installed balancing unit
1 Balancing ring, 2 Stator mounting adapter, 3 Bearing housing,
4 Vibration sensor

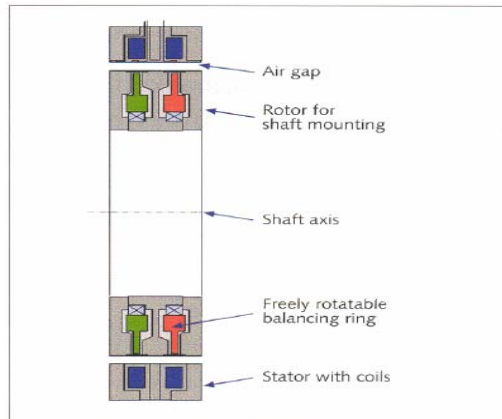
شکل شماره ۱- یک فن رادیال بزرگ مجهز به سیستم هد بالانس

سیستم EMB7000 بر اساس روش گسترش زاویه ای عمل می کند. (شکل شماره ۲) در قسمت چرخان هد بالانس ، دو عدد رینگ بالانس قابل چرخش بصورت کاملاً آزاد روی شافت قرار می گیرند (شکل شماره ۳) . اگر نابالانسی دو رینگ در جهت مقابل یکدیگر باشد اثرات یکدیگر را خنثی می کنند و حداکثر میزان ظرفیت بالانس زمانی اتفاق می افتد که نابالانسی در زاویه یکسان در دو رینگ رخ دهد حال در صورتیکه رینگ ها در زاویه مناسب از نظر جهت و اندازه نابالانسی موجود در فن مورد نظر قرار گیرند ، نابالانسی بوجود آمده در ماشین را جبران می نماید .

تنظیم زاویه رینگ ها روی شافت در حین چرخش فن توسط Step Motor صورت می پذیرد ، برای انجام این عمل از کوئل های غیر چرخشی که دور رینگ های بالانس قرار گرفته اند ، استفاده می شود. این کوئل ها در واقع نیروی الکترومغناطیسی ایجاد می کنند که بدون هیچگونه تماسی از استاتور به روتور و از طریق یک فاصله هوایی (Air Gap) به رینگ ها منتقل می شود. در هنگام شتاب گرفتن و یا ایستادن فن نیروی نگهدارنده مغناطیسی از حرکت رینگ ها جلوگیری می کند و سنسورهای تعبیه شده روی استاتور موقعیت و سرعت رینگ های بالانس را کنترل می نماید .



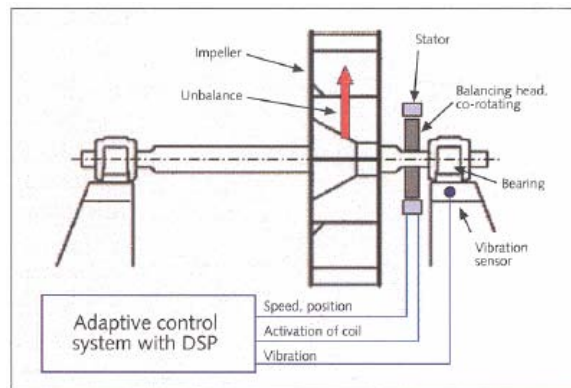
شکل شماره ۲- نحوه کارکرد سیستم بالانس



شکل شماره ۳ - طرح شماتیک سیستم هد بالانس

اجزاء سیستم EMB7000 :

شکل شماره ۴ اجزاء لازم برای عملیات بالانس یک صفحه ای را نشان می دهد. سیستم هد بالانس (شامل روتور و استاتور) روی شافت بین ایمپلر و بیرینگ Loose قرار می گیرد و یک سنسور شتاب سنج روی هوزینگ بیرینگ Loose برای اندازه گیری ارتعاشات در جهت افقی (Horizontal) تعبیه شده است .

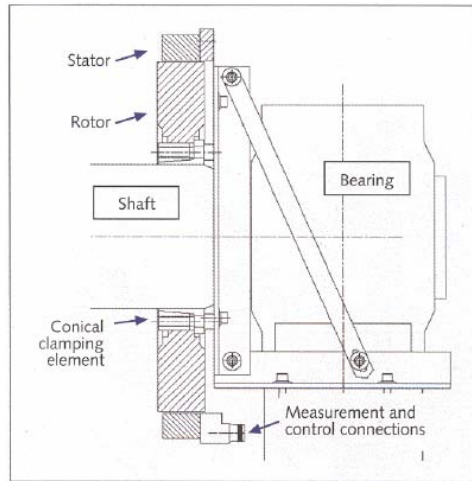


شکل شماره ۴ - اجزاء سیستم بالانس

پارامترهای اندازه گیری - سرعت فن ، موقعیت زاویه ای رینگ های بالانس و ارتعاشات هوزینگ بیرینگ - توسط یک تجهیز اندازه گیری الکتریکی که توسط یک الگوریتم تطابقی مجهز شده است ، بدست می آید و در صورتیکه ارتعاشات اندازه گیری شده از حدود تعریف شده بیشتر شود عملیات بالانس بصورت خودکار آغاز می شود که این عملیات توسط موقعیت دهی رینگ های بالانس توسط استاتور انجام می شود .

ویژگی های سیستم :

بعلت طراحی سیستم بصورت رینگ بالانس ، تطابق این سیستم روی فن با اندازه و شرایط متفاوت امکان پذیر می باشد . شکل شماره ۵ موقعیت سیستم هد بالانس بین ایمپلر و بیرینگ را نشان می دهد ، روتور که به وسیله یک عدد فلنج به شافت متصل شده است (به وسیله Shrink Disc) ، استاتور نیز توسط یک فریم قابل تنظیم - برای موقعیت دهی دقیق - روی هوزینگ بیرینگ قرار می گیرد .



شکل شماره ۵ - نحوه قرار گرفتن سیستم هد بالانس روی شافت فن

برای حالتی که این سیستم جهت فن بکار رود دمای محاسبه شده کاری برابر ۱۰۰ درجه سلسیوس می باشد که جهت کاهش دمای سیستم هد بالانس فلنج متصل به روتور به پره های خنک کننده مجهز شده است ، همچنین میزان انبساط حرارتی شافت فن نیز در طراحی این سیستم در نظر گرفته شده است .

موقعیت رینگ های بالانس برای جبران نابالانسی بطور مستقیم از اطلاعات لحظه ای فن محاسبه می شود و این امر باعث بالانس سریع فن در صورت ایجاد رسوب گرفتگی جدید فن می شود و در صورتیکه در شرایط دینامیکی فن از جمله دما و یا سرعت تغییری داده شود سیستم EMB7000 بصورت اتوماتیک شرایط را تغییر می دهد .

سیستم هد بالانس در اندازه و ظرفیت های بالانس متفاوت موجود می باشد ، شکل شماره ۶ یک سیستم هد بالانس با ظرفیت بالانس ۱/۵ kgm و اندازه قطر شافت ۳۵۰ میلیمتر می باشد و برای یک چنین سیستمی زمانی معادل ۵۰ تا ۱۵۰ ثانیه نیاز می باشد تا عملیات بالانس صورت گیرد . عملیات تنظیم ، راه اندازی و کنترل چشمی سیستم بالانس EMB7000 توسط نرم افزار کامپیوتری صورت می پذیرد .

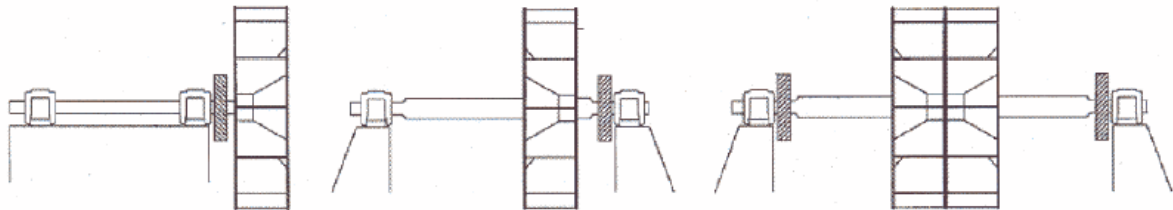


شکل شماره ۶ - سیستم هد بالانس برای یک فن بزرگ

کاربرد سیستم بالانس با انواع فن :

در صنایع سیمان معمولاً سه نمونه فن وجود دارد :

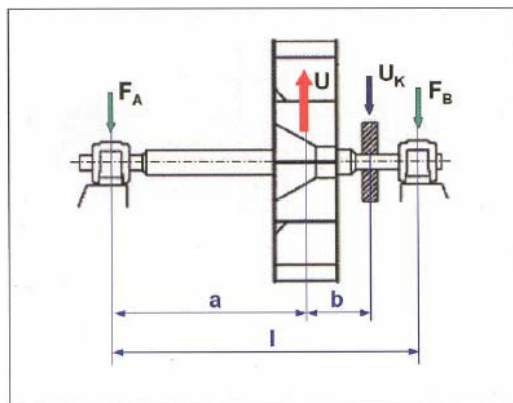
- ۱ - مدل Off Center با یک ورودی هوا
- ۲ - مدل Overhung با یک ورودی هوا
- ۳ - مدل Center Mounted با دو ورودی هوا



شکل شماره ۷ - انواع مدل های فن معمول در صنایع سیمان

برای حالت سوم برای بهترین نتیجه جهت کاهش ارتعاشات بایستی از دو عدد سیستم هد بالانس استفاده نمود که این بعلت تاثیر نابالانسی روی هر دو بیرینگ می باشد ، برای فن های تک ورودی یک عدد سیستم هد بالانس کافی می باشد و در صورتیکه فن در سرعتی نزدیک به سرعت بحرانی خود کار کند ، بهترین محل برای نصب سیستم هد بالانس در نزدیکترین محل به ایمپلر می باشد

برای بررسی میزان نابالانسی و اینکه پس از بالانس چه میزان ارتعاش در سیستم باقی می ماند می توان از مدل های مکانیکی مانند شکل شماره ۸ استفاده نمود .

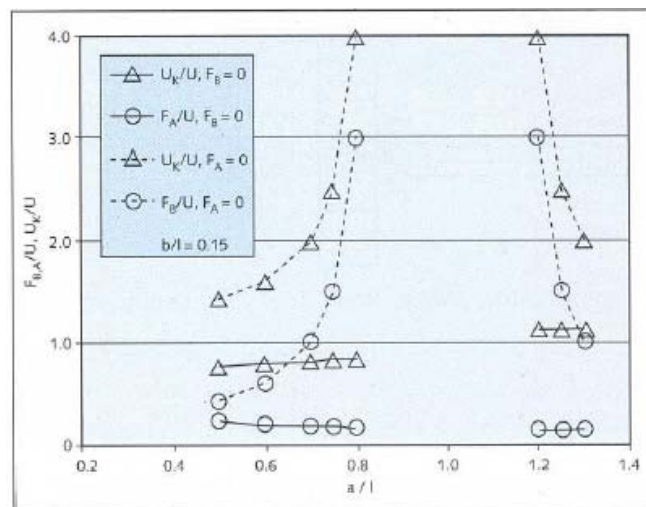


شکل شماره ۸ - مدل مکانیکی یک فن

نیروی نابالانسی U که روی ایمپلر بوجود آمده است باید توسط نیروی U_k خنثی شود و سیستم بالانس بایستی نیروهای عکس العمل بیرینگ های A و B را به کمترین حد ممکن برساند که این نیروها بعلت نیروهای U و U_k بوجود آمده اند لازم بذکر می باشد که فاصله بیرینگ A تا ایمپلر برابر a و فاصله بین ایمپلر و سیستم هد بالانس برابر b می باشد .

شکل شماره ۹ تاثیر موقعیت نسبی ایمپلر (a/l) روی میزان تصحیح نابالانسی (U_k/U) و در نتیجه نیروهای F_A/U و F_B/U را نشان می دهد ضمن اینکه باید توجه نمود که در این نمودار سیستم هد بالانس روی شافت فن در موقعیت $b/l = 0.15$ نسبت به ایمپلر قرار گرفته است . منحنی با خطوط ممتد زمانی نشان می دهد که بالانس اتوماتیک برای جبران نیروی وارد بر بیرینگ B (F_B) روی ایمپلر نابالانس اعمال می گردد . قابل توجه می باشد که میزان نیروی تصحیح نابالانسی معمولاً برابر نیروی نابالانسی بوجود آمده میباشد

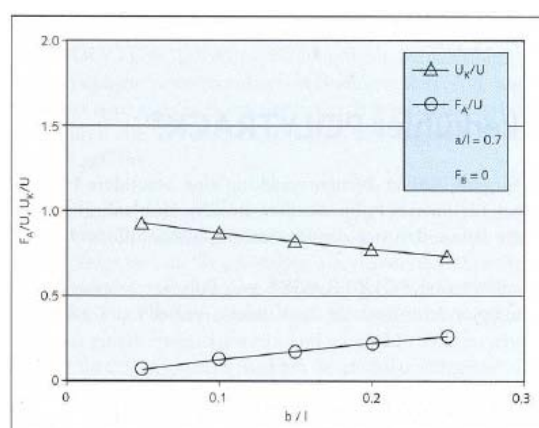
و نسبت آنها تقریباً برابر یک می باشد ، حتی در حالتی که ایمپلر دقیقاً در وسط شافت قرار گرفته باشد ($a/l = 0.5$) نیروی وارد آمده بر بیرینگ A برابر ۲۳٪ نیروی نابالانسی U می باشد و در صورتیکه ایمپلر به بیرینگ A نزدیک شود این میزان کمتر و در صورتیکه ایمپلر از بیرینگ A دور شود این نیرو (FA) افزایش می یابد .



شکل شماره ۹ - منحنی نیروی تصحیح نابالانسی و نیروهای منتجه بیرینگ ها بر اساس موقعیت ایمپلر

منحنی با خطوط غیر ممتد در شکل شماره ۹ برای حالتی می باشد که سیستم هد بالانس برای جبران نیروی بوجود آمده روی بیرینگ A عمل می کند . حالت نشاندهنده این منحنی ها بصورتی است که میزان تصحیح نابالانسی لازم برای جبران FA و سپس نیروی روی بیرینگ B (FB) در صورت نزدیک شدن ایمپلر به بیرینگ B افزایش می یابد ، به همین جهت در صورتیکه تنها از یک سیستم هد بالانس استفاده می گردد باید توجه نمود که سنسورهای نصب شده جهت اندازه گیری ارتعاشات مربوط به نابالانسی باید مستقیماً روی بیرینگ مجاور قرار گیرد .

شکل شماره ۱۰ تاثیر موقعیت سیستم هد بالانس (b/l) روی میزان نیروی تصحیح نابالانسی و نیروی باقیمانده در بیرینگ A برای موقعیت ایمپلر $a/l = 0.7$ و کاهش دادن ارتعاشات بیرینگ B به حداقل میزان ممکن را نشان می دهد .



شکل شماره ۱۰ - تاثیر موقعیت سیستم هد بالانس روی میزان نیروی نابالانسی و نیروهای بیرینگ منتجه

این شکل نشان می دهد که سیستم هد بالانس باید در نزدیکترین نقطه به ایمپلر نصب شود و در این راستا باید شرایط سازه ای و دمایی در نظر گرفته شود و در هر صورت برای عملکرد بهینه و روان و همچنین برای کاهش ارتعاشات در هر دو بیرینگ می توان از دو سیستم هد بالانس بصورت همزمان استفاده نمود .

نتیجه گیری :

با توجه به اینکه شرکت طراح و سازنده تجهیزات مربوط به Hofmann Mess-und Active Balance شرکت آلمانی Auswuchttechnik می باشد از طریق وب سایت اینترنتی این شرکت و همچنین آدرس پست الکترونیکی مربوطه اقدام به برقراری ارتباط با شرکت مذکور گردید که ضمن این تماس ها با آقای Wolfgang Luft (مدیر فروش شرکت Hofmann) از طریق پست الکترونیکی ارتباط برقرار شده و ایشان ضمن ارسال مدارک فنی بیشتر و راهنمایی در خصوص این طرح ، یادآور شدند که با توجه به نداشتن اطلاعات فنی کافی و لزوم حضور یک نفر پرسنل این شرکت در کارخانه جهت بررسی فن ها و برآورد کردن شرایط محیطی ، این شرکت حاضر است با قبول هزینه های احتمالی در کارخانه سیمان ممتازان حضور یافته تا بررسی های بیشتر در خصوص امکان و نحوه اجرای طرح مذکور و مشاوره در خصوص این طرح انجام پذیرد . لازم به ذکر می باشد که این شرکت از دادن قیمت تجهیزات مربوط به این طرح خودداری نمود .

با توجه به مباحث مطرح شده در این مقاله و در نظر گرفتن میزان توقفات فن های کارخانه بعلت لرزش بالا که در بیشتر اوقات نابالانسی علت اصلی توقف تجهیز بوده است و یا حداقل حدس اولیه نابالانسی فن ذکر شده است لذا با صرف هزینه اولیه می توان جلوی هزینه های بیشتر توقف تجهیز (حتی گاهی اوقات توقف خط تولید) ، هزینه نیروی انسانی بکار گرفته شده جهت بالانس فن و... را گرفت و در دراز مدت هزینه اعمال شده را جبران نمود .

منابع :

وب سایت اینترنتی www.hofmann-balancing.com

مجله اینترنتی [ZKG International No.5-2005 \(Volume58\)](#)