

Dr.-Ing. Axel Rückert

Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG, Pfungstadt/Germany

Erhöhung der Verfügbarkeit von Industrieventilatoren durch aktive Auswuchtssysteme

Zusammenfassung: Die Verschmutzung des Laufrades durch den hohen Staubanteil in der geförderten Luft ist ein wesentliches Problem beim Einsatz von Ventilatoren in Anlagen zur Zementherstellung. Dabei entstehen sehr große Unwuchten, die das Ventilatorsystem durch Schwingungen stark belasten. Im vorliegenden Aufsatz wird gezeigt, wie diese Unwuchten während des Betriebs durch den Einsatz aktiver Auswuchtssysteme automatisch korrigiert und so Anlagenstillstand und Produktionsausfall vermieden werden.

Increasing the availability of industrial fans by using active balancing systems

Summary: The formation of incrustations on the fan impeller due to the high dust content in the conveyed air is a significant problem when using fans in cement manufacturing plants. Such incrustations cause serious unbalances, which can result in severe vibrations and place a great strain on the fan system. This article will show how these unbalances can be automatically corrected during operation by using active balancing systems, thus preventing plant stoppage and loss of production.

Augmentation de la disponibilité des ventilateurs industriels grâce aux systèmes d'équilibrage actifs

Résumé: La pollution de la turbine due au taux élevé de poussière dans l'air véhiculé est un problème essentiel de l'exploitation des ventilateurs dans les installations de production de ciment. Il en résulte d'importants balourds qui constituent une forte sollicitation du système de ventilateur. La présente étude montre comment ces balourds peuvent être corrigés automatiquement en cours d'exploitation par l'emploi de systèmes d'équilibrage actifs, évitant ainsi les arrêts et pertes de production.

Aumento de la disponibilidad de los ventiladores industriales mediante sistemas de equilibrado activos

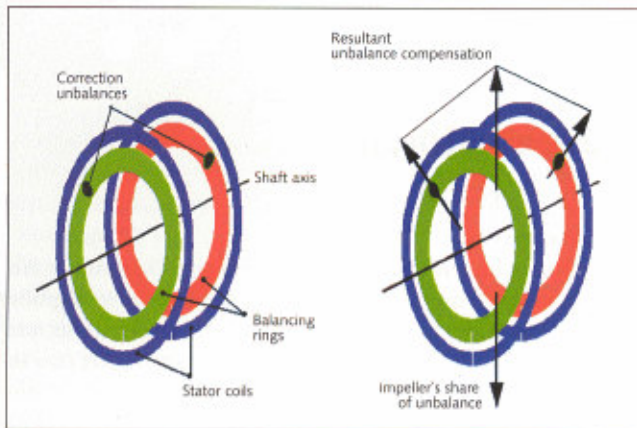
Resumen: El ensuciamiento del rotor, debido al alto contenido en polvo en el caudal de aire transportado, es un problema fundamental a contemplar en la instalación de ventiladores en las plantas de producción de cemento. Se crean fuertes desequilibrios que provocan oscilaciones perjudiciales para el ventilador. Este artículo muestra como puede corregirse automáticamente este fenómeno durante la operación mediante la instalación de sistemas activos de equilibrado, evitando así tiempos de parada y pérdidas de producción.

1 Einleitung

In vielen industriellen Prozessen müssen staubbeladene Gase oder Luft gefördert werden. Dies führt insbesondere bei der Zement- und Kalkherstellung zu Ablagerungen in den Förderkanälen und Ventilatoren. Damit verbunden sind eine Verringerung des Kanalquerschnitts und eine unerwünschte Reduzierung des Volumenstroms. Besonders drastisch wirken sich Ablagerungen oder Anbackungen durch die mit hoher Geschwindigkeit auftreffenden Staubteilchen auf den Laufrädern von Ventilatoren aus. Da sich die Staubpartikel nie gleichmäßig auf den Flügeln und Seitenblechen aufschichten und oft große Bereiche abgelagerter Schichten wieder abplatzen, entstehen sehr große Unwuchten, die das Ventilatorsystem zum Schwingen anregen. Extreme Belastungen für Lagerungen, Gehäuse, Fundamente und die angeschlossenen Förderkanäle sind die

1 Introduction

In many industrial processes gases or air containing dust have to be conveyed. Particularly in the case of cement and lime manufacturing plants deposits of material form in the ducts and fans. This leads to a reduction in the duct cross section and to an undesirable reduction in flow rate. Deposits or incrustations are due to dust particles impinging at high velocity have drastic results particularly at the impellers of fans. As the dust particles never form a uniform layer on the vanes and side plates and large sections of the deposited layers often break off again, serious unbalances occur. These cause vibrations in the fan system which place an extreme strain on the bearings, the housing, the foundations and the connected ducting. For this reason, fans which are important for the operation of a plant are equipped with a permanent vibration monitoring device.



1 Funktionsprinzip
1 Principle of functioning

Folge. Deshalb werden die für den Betrieb einer Anlage wichtigen Ventilatoren mit einer fest installierten Schwingungsüberwachung ausgestattet.

Die Grenzwerte für die Schwingungsüberwachung werden z. B. nach [1, 2] festgelegt. Liegen die durch die Anbackungen hervorgerufenen Schwingungen oberhalb der Abschaltgrenze, muss der Ventilator und damit die Anlage heruntergefahren werden. Nach dem Abkühlen kann der Ventilator dann geöffnet und gereinigt werden. Um eine gute Laufruhe zu erhalten, wird das Laufrad noch mit einem Betriebsauswuchtgerät ausgewuchtet. Danach kann der Prozess wieder angefahren werden.

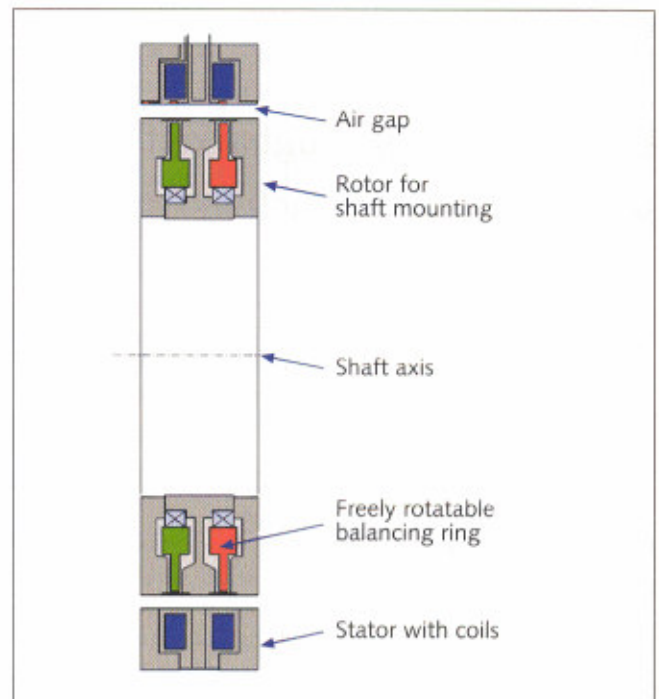
Während die Intervalle für die Reinigung des Ventilators u.a. mit Hilfe der Schwingungsüberwachung planbar sind, können die Zeiten für Reinigung und Auswuchten je nach Verschmutzungsgrad und Verschleiß stark variieren. In jedem Fall ergibt sich neben den Wartungskosten ein erheblicher Produktionsausfall.

Je nach Prozess neigen Anlagen mehr oder weniger zu Anbackungen. Selbst bei optimal eingestellten Parametern lassen sich diese nicht vermeiden. Um trotzdem eine höhere Anlagenverfügbarkeit zu erreichen, versucht man die Ventilatoren während des Laufs z. B. durch Druckluft, Einsprühen von Wasser oder durch Schallwellen zu reinigen. Dabei wird aber nicht wieder das niedrige Schwingungsniveau eines sauberen Ventilators erreicht. Dies kann nur durch den Einsatz von aktiven Auswuchtsystemen gewährleistet werden, die in der Lage sind, die durch Anbackungen entstehenden Unwuchten unmittelbar auf der Ventilatorwelle im Betrieb auszugleichen. Im Folgenden wird von Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG ein neues aktives Auswuchtsystem vorgestellt, das aufgrund seiner günstigen Bauform auch für die Nachrüstung an vorhandenen Maschinen geeignet ist.

2 Aktive elektromagnetische Auswuchtsysteme

2.1 Funktionsprinzip

Das aktive Auswuchtsystem EMB 7000 arbeitet nach dem so genannten Spreizwinkelverfahren (Bild 1). Dazu sind im mitrotierenden Teil des Auswuchtkopfes zwei Auswuchtringe frei drehbar auf der Spindelachse angeordnet (Bild 2). Stehen sich die Unwuchten dieser Ringe gegenüber, hebt sich ihre Wir-



2 Auswuchtkopf im Schnitt, schematische Darstellung
2 Section through balancing head, schematic representation

The limit values for the vibration monitor are defined for example in accordance with [1, 2]. If the vibrations caused by the incrustations are above a certain limit, the fan and thus the plant have to be shut down. After cooling down, the fan can then be opened and cleaned. In order to ensure smooth running, the impeller is balanced with a field balancing device. The process can subsequently be started up again.

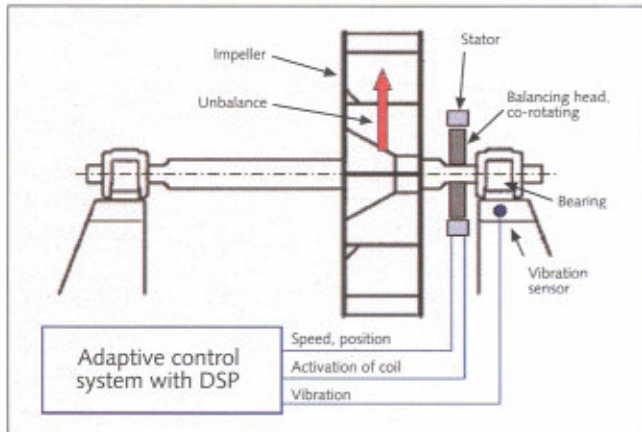
While it is possible to plan the intervals for cleaning the fan, thanks partly to the vibration monitoring system, the time required for cleaning and balancing varies greatly, depending on the amount of incrustation and wear. At any rate, in addition to the maintenance costs there is a considerable loss of production.

The severity of deposits and incrustations in a plant depends on the respective process. Even with optimally set parameters they cannot be avoided. In order to achieve a higher plant availability despite incrustations, attempts have been made to keep fans clean during operation, e. g. with compressed air, water jets or sound waves. However, such measures do not achieve the low vibration level of a clean fan. This can only be ensured by using active balancing systems which are capable of compensating unbalances caused by incrustations by acting directly on the fan shaft during operation. In the following, a new active balancing system produced by Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG is described. Because of its favourable design, this system is also suitable for retrofitting on installed machines.

2 Active electromagnetic balancing systems

2.1 Principle of functioning

The EMB 7000 active balancing system operates by the so-called spread angle method (Fig. 1). In the rotating part of the balancing head there are two balancing rings arranged freely rotatable on the spindle shaft (Fig. 2). If the unbalances of these



3 Systemkomponenten
3 System components

kung auf. Die volle Auswuchtkapazität ist erreicht, wenn beide Unwuchten unter dem gleichen Winkel wirken. Durch Einstellen der Auswuchtringe auf spezielle Winkel kann innerhalb der vorgenannten Grenzen jede Korrekturunwucht nach Größe und Richtung erzeugt werden.

Die Verstellung der Auswuchtringe während der Rotation des Ventilators erfolgt über das Schrittmotorenprinzip. Dazu werden um die Auswuchtringe fest stehende Spulen angeordnet. Sie erzeugen die Antriebsenergie in Form elektromagnetischer Felder, die berührungslos über den Luftspalt vom Stator auf den Rotor übertragen werden. Magnetische Haltekräfte sorgen für das Verharren der Auswuchtringe in ihrer Position beim Beschleunigen oder Abbremsen des Ventilators. Sensoren, die im Stator integriert sind, erlauben die Messung der Drehzahl und der absoluten Winkelposition der Auswuchtringe.

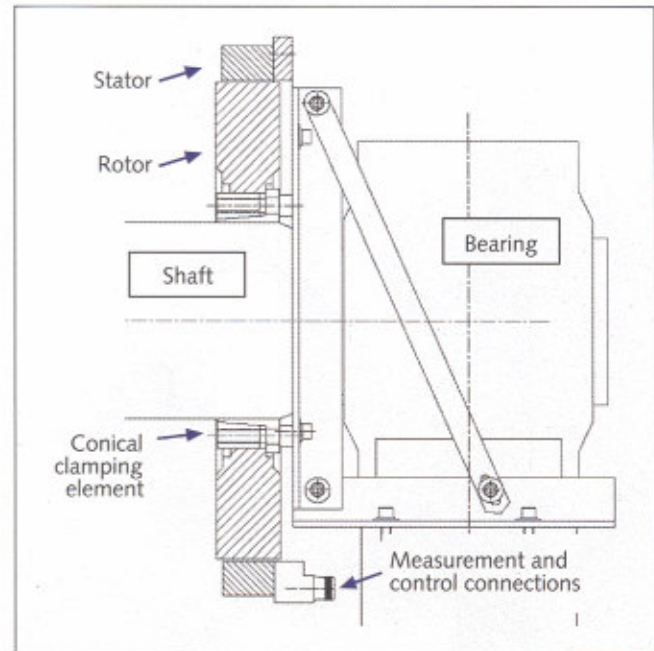
2.2 Systemaufbau

Bild 3 zeigt die erforderlichen Komponenten für ein funktionsfähiges 1-Ebenen-System. Der Auswuchtkopf (bestehend aus Rotor und Stator) ist zwischen Laufrad und Loslager auf der Welle befestigt. Ein Beschleunigungssensor erfasst die Schwingungen des Loslagergehäuses in horizontaler Richtung.

Die Messinformationen – Drehzahl des Ventilators, Winkelpositionen der Auswuchtringe und Lagergehäuseschwingung – werden von einer schnellen, mit adaptiven Algorithmen ausgestatteten Messelektronik erfasst. Liegt die Schwingung oberhalb vorgegebener Grenzen, wird automatisch ein Auswuchtvorgang gestartet. Die Verstellung der Auswuchtringe erfolgt dabei über die Ansteuerung der Statorspulen.

3 Systemeigenschaften

Durch sein Ringdesign lässt sich das aktive Auswuchtsystem EMB 7000 problemlos in Ventilatoren integrieren; **Bild 4** zeigt eine Anordnung des Auswuchtkopfes zwischen Laufrad und Lagereinheit. Dabei wird der Rotor an einen Flansch geschraubt, der z. B. über Schrumpfscheiben auf die Welle geklemmt wird. Der Stator wird zur genauen Positionierung über eine einstellbare Rahmenkonstruktion am Lagergehäuse befestigt. Für den Einsatz bei Ventilatoren ist der Auswuchtkopf auf Umgebungstemperaturen von über 100 °C ausgelegt. Um die Temperatur im Bereich des Auswuchtkopfes und des Wälzlagers auf zulässige Werte zu begrenzen, wird der Rotorflansch zusätzlich mit



4 Integration des Auswuchtkopfes in einen Ventilator
4 Integration of the balancing head into a fan unit

rings are opposite each other, the effects cancel each other out. The full balancing capacity is attained when both unbalances act at the same angle. By setting the balancing rings to certain angles, any corrective unbalance can be created according to size and direction within the aforementioned limits.

Adjustment of the balancing rings during rotation of the fan takes place by the stepping motor principle. For this purpose, non-rotating coils are arranged around the balancing rings. These generate the drive energy in the form of electromagnetic fields, which are transferred without contact from the stator to the rotor via the air gap. Magnetic retention forces keep the balancing rings in position when the fan is accelerating or braking. Sensors integrated in the stator measure the speed and the absolute angular position of the balancing rings.

2.2 System structure

Figure 3 shows the components that are required for a functional single plane system. The balancing head (consisting of rotor and stator) is attached to the shaft between the impeller and the floating bearing. An acceleration sensor captures the vibrations of the floating bearing housing in horizontal direction.

The measured information – speed of the fan, angular position of the balancing rings and bearing housing vibrations – are acquired by fast acting electronic measuring equipment equipped with adaptive algorithms. If the vibration is above set limits, a balancing operation is automatically started. This involves adjustment of the balancing rings through activation of the stator coils.

3 System characteristics

Thanks to its ring design, the EMB 7000 active balancing system can be incorporated in fans without any problem; **Figure 4** shows an arrangement of the balancing head between the impeller and the bearing unit. The rotor is bolted onto a flange which is clamped onto the shaft, e. g. by shrunk-on discs.



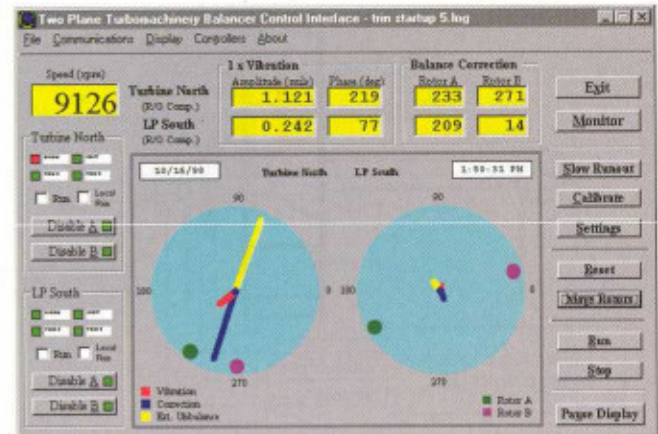
5 Auswuchtkopf für einen Großventilator
5 Balancing head for a large fan

Lüfterflügeln ausgeführt. Die thermische Längenänderung der Ventilatorwelle wird ebenfalls berücksichtigt.

Das automatische Auswuchten erfolgt beim EMB 7000 nach einem adaptiven Verfahren. Die für den Unwuchtausgleich erforderlichen Auswuchtringpositionen werden dabei direkt aus den aktuellen Messdaten berechnet. Durch neue Anbackungen entstandene Unwuchten werden so schnell wieder ausgeglichen. Verändern sich die dynamischen Übertragungseigenschaften des Ventilators, z. B. aufgrund von Temperatur oder Drehzahländerungen, stellt sich das EMB 7000 nach jedem Korrekturschritt automatisch auf die veränderten Randbedingungen ein.

Das Auswuchten in zwei Ebenen, z. B. bei symmetrisch aufgebauten Ventilatoren, stellt auch kein Problem dar, da sämtliche Schritte eines Auswuchtvorgangs berechnet werden. Das EMB 7000 ermittelt ständig, inwieweit die vorhandene Auswuchtkapazität verbraucht ist, damit rechtzeitig eine Wartung eingeplant werden kann. Müssen dabei größere Bereiche eines Ventilators z. B. aufgrund von Verschleiß ersetzt werden, empfiehlt sich ein erneutes Betriebsauswuchten des Ventilators – eine Aufgabe, die mit der gleichen Messelektronik erledigt wird. Dazu werden die aktiven Auswuchtsysteme in Neutralstellung gebracht, damit nur die Rotorunwucht ausgeglichen und nicht bereits ein Anteil der Auswuchtkapazität verbraucht wird.

Die Auswuchtköpfe des EMB 7000 sind in unterschiedlichen Größen und Auswuchtkapazitäten verfügbar. Bild 5 zeigt einen Auswuchtkopf mit 1,55 kgm Auswuchtkapazität für einen Wellendurchmesser von 350 mm. Die Zeit für einen Auswuchtvorgang liegt bei diesem System zwischen 50 und 150 Sekunden. Die Einstellung und Bedienung des EMB 7000, die Visualisierung des automatischen Auswuchtprozesses und das Betriebsauswuchten erfolgen über eine PC-Software (Bild 6). Die Software läuft auf einem PC/Laptop oder wird direkt auf dem PC einer Anlagensteuerung installiert. Die Kommunikation mit der Elektronik läuft über eine serielle Schnittstelle.



6 Bedien- und Visualisierungssoftware
6 Operating and visualization software

The stator is mounted on the bearing housing via an adjustable frame, to allow precise positioning. For application on fans, the balancing head is designed for ambient temperatures exceeding 100 °C. In order to limit the temperature in the area of the balancing head and the antifriction bearing to permissible values, the rotor flange is additionally fitted with fan blades. The thermal expansion of the fan shaft is also taken into account.

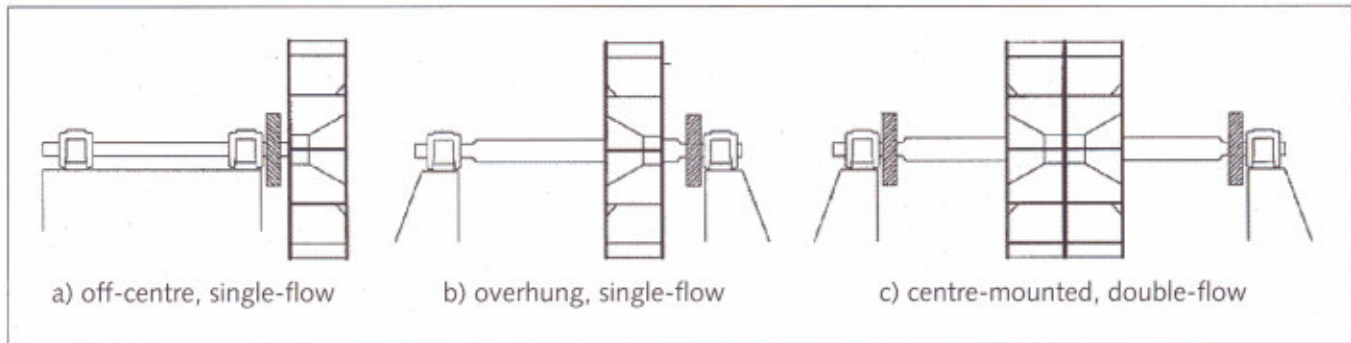
The automatic balancing is performed by the EMB 7000 according to an adaptive method. The necessary balancing ring positions for compensating the unbalance are calculated directly from the current measurement data. This enables quick compensation of unbalances caused by new incrustations. If the dynamic transfer characteristics of the fan change, e.g. due to temperature or speed alterations, the EMB 7000 automatically adapts to the changed boundary conditions after every correction step.

Balancing in two planes, e.g. in the case of symmetrically arranged fans, also presents no problems, because all the steps of a balancing operation are calculated. The EMB 7000 constantly calculates the extent to which the available balancing capacity is exhausted, so that maintenance can be planned in good time. If large sections of a fan have to be replaced, e.g. due to wear, it is recommendable to carry out again a field balancing of the fan – a task which can be performed with the same electronic measuring equipment. For this purpose, the active balancing systems are placed in neutral position so that only the rotor unbalance is compensated and none of the balancing system's balancing capacity is used up.

Balancing heads for the EMB 7000 are available in different sizes and balancing capacities. Figure 5 shows a balancing head with 1.55 kgm balancing capacity for a shaft diameter of 350 mm. The required time for a balancing run is ranging from 50 to 150 seconds for such a systems. The setup and operation of the EMB 7000, the visualization of the automatic balancing process and the field balancing is effected by a PC software (Fig. 6). This software runs on a PC/laptop or is installed directly on the PC of a plant control system. Communication with the electronic unit takes place via a serial interface.

4 Possible applications with different fan versions

In cement plants large radial fans are generally used for conveying dust-contaminated gases, e.g. from the rotary kiln.



7 Typische Ausführungen von Radialventilatoren

7 Typical radial fan versions

4 Einsatzmöglichkeiten bei unterschiedlichen Ventilatorkonfigurationen

In Anlagen zur Zementherstellung werden zum Transport staubbelasteter Gase, z.B. aus dem Drehofen, hauptsächlich große Radialventilatoren eingesetzt. Dabei können drei unterschiedliche Ausführungen mit a) außermittig oder b) überhängend gelagertem, einflutigem Laufrad oder mit c) mittig gelagertem, doppelflutigem Laufrad auftreten (**Bild 7**).

Im Fall c) des symmetrisch aufgebauten Ventilators ist der Einbau von zwei Auswuchtköpfen innerhalb der Lagerung vorzusehen. Nur so können die Unwuchtschwingungen an beiden Lagerstellen gleichermaßen reduziert werden. Läuft der Ventilator in der Nähe seiner kritischen Drehzahl, ist es vorteilhaft, die Auswuchtköpfe möglichst in Laufradnähe zu platzieren. Bei einflutigen, unsymmetrisch angeordneten Laufrädern reicht normalerweise ein Auswuchtkopf aus, um akzeptable Schwingungen in beiden Lagerebenen zu erhalten. Um zu ermitteln, welche Korrekturunwuchten dazu erforderlich sind und welche Restschwingungen dabei verbleiben, gehen die weiteren Überlegungen von dem in **Bild 8** dargestellten mechanischen Modell aus [3]. Am Laufrad wirkt die Unwuchtkraft U , die durch die Korrekturunwuchtkraft U_K kompensiert werden soll. Durch das Auswuchten sollen die durch U und U_K hervorgerufenen Lagerreaktionen F_A und F_B möglichst klein werden. Der Abstand zwischen Laufrad und Lager A beträgt a , zwischen Laufrad und Auswuchtkopf ist der Abstand b .

In **Bild 9** ist nun der Einfluss der relativen Laufradposition a/l auf die erforderliche relative Unwuchtkorrektur $U_{K/U}$ und die resultierende relative Lagerkraft $F_{A,B/U}$ dargestellt. Dabei wird angenommen, dass der Auswuchtkopf in einem Abstand von $b/l = 0,15$ zum Laufrad auf der Ventilatorwelle sitzt. Die durchgezogenen Kurven gelten für den Fall, dass durch das automatische Auswuchten die Reaktion des Lagers B auf die Laufradunwucht ausgeglichen werden soll. Wie man erkennt, bewegt sich die erforderliche Unwuchtkorrektur dabei in der Größe der Unwuchtkraft selbst, liegt also um den Wert 1 herum. Die am Lager A dadurch entstehende Kraft liegt selbst bei mittlerer Laufradanordnung $a/l = 0,5$ nur noch bei ca. 23 % der am Laufrad wirkenden Unwuchtkraft. Sitzt das Laufrad außermittig, z. B. mit $a/l = 0,7$, reduziert sich dieser Wert auf ca. 18 %. Ist das Laufrad überhängend ($a/l > 1$) verbessern sich diese Verhältnisse weiter.

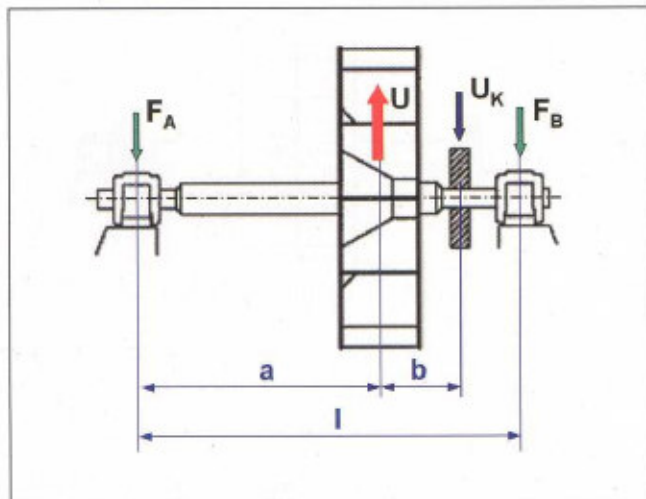
Die gestrichelten Kurvenverläufe in **Bild 9** gelten für den Fall, dass die Messelektronik die Schwingungen am Lager A ausgleichen soll. Es zeigt sich, dass die dazu erforderliche Un-

Three different designs may be used: a) with off-centre or b) overhung single-flow impeller or c) with centre-mounted, double-flow impeller (**Fig. 7**).

In case c) of the symmetrically setup fan, two balancing heads have to be installed inside the bearing. This is the only way to achieve equal reduction of the vibrations due to unbalances at both bearings. If the fan is running close to its critical speed, it is best to place the balancing head as close as possible to the impeller. In the case of single-flow, asymmetrically arranged impellers, one balancing head is normally sufficient for achieving acceptable vibrations in both bearing planes. In order to determine what correction unbalances are required for this purpose and what residual vibrations remain, the further considerations proceed from the mechanical model depicted in **Figure 8** [3]. The unbalance force U acts on the impeller and should be compensated by the correction unbalance force U_K . The balancing should minimize the bearing reactions F_A and F_B that are caused by U and U_K . The distance between impeller and bearing A is a , while that between impeller and balancing head is distance b .

Figure 9 shows the influence of the relative impeller position a/l on the necessary relative unbalance correction $U_{K/U}$ and on the resulting relative bearing force $F_{A,B/U}$. This calculation assumes that the balancing head is located on the fan shaft at a distance of $b/l = 0.15$ from the impeller. The continuous-line curves apply for the case that the automatic balancing is intended to compensate the reaction of bearing B on the impeller unbalance. It is noticeable that the required unbalance correction is approximately the same value as the unbalance force itself, i. e. is around one. Even in the case of the centre-mounted impeller $a/l = 0.5$ the resultant force occurring at bearing A is only approx. 23 % of the unbalance force acting on the impeller. If the impeller is located off-centre, e.g. with $a/l = 0.7$, this value decreases to approx. 18 %. And if the impeller is overhung ($a/l > 1$), there is a further improvement in conditions.

The dashed curves in **Figure 9** apply for the case that the electronic measuring equipment has to compensate the vibrations at bearing A. The course of these curves shows that the unbalance correction necessary for this purpose and the force then acting on bearing B increase greatly the closer the impeller is located to bearing B. For this reason, if only one balancing head is used, care must be taken that the sensor for capturing the vibrations due to unbalances must always be fitted at the directly neighbouring bearing.



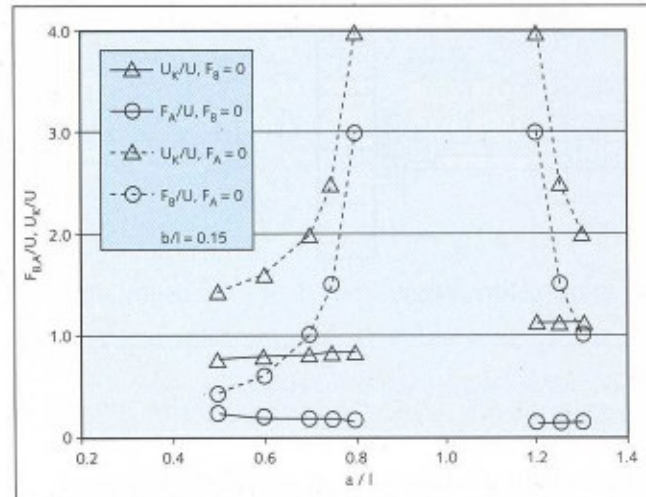
8 Mechanisches Ventilatormodell
8 Mechanical fan model

wuchtkorrektur und die sich dann am Lager B ergebende Kraft stark ansteigen, je näher das Laufrad am Lager B sitzt. Deshalb ist beim Einsatz nur eines Auswuchtkopfes darauf zu achten, dass der Aufnehmer zur Erfassung der Unwuchtschwingung immer am unmittelbar benachbarten Lager angebracht wird.

In Bild 10 ist für die relative Laufradposition $a/l = 0,7$ und Minimierung der Schwingung am Lager B der Einfluss der Position b/l des Auswuchtkopfes auf Unwuchtkorrektur und verbleibende Kraft am Lager A dargestellt. Man erkennt, dass der Auswuchtkopf so nah wie möglich am Laufrad montiert werden sollte, so weit dies konstruktive und thermische Gegebenheiten erlauben. Die beste Laufruhe erhält man allerdings nur durch den Einsatz von zwei Auswuchtköpfen. Dann und nur dann können die Schwingungen an beiden Lagern gleichzeitig minimiert werden.

5 Anwendungsbeispiel

Ein in einem Zementwerk eingesetzter Radialventilator entsprechend Ausführung a) in Bild 7 zeigte einen deutlichen Anstieg der Lagerschwingungen bereits nach kurzer Betriebszeit. Das ca. 2,5 t schwere Laufrad der Maschine wird beim Hersteller auf eine gesamte Restunwucht von ca. 150 000 gmm (0,15 kgm) ausgewuchtet. Nach einer Reinigung lag die am Lager B gemessene Schwingung knapp unter 2 mm/s (Bild 11). Im Laufe des Betriebs stieg die Schwingung infolge von Staubanbackungen deutlich an und erreichte Werte von bis zu 14 mm/s, die als unzulässig hoch eingestuft werden müssen und zu massiven Schäden im Bereich des Ventilators führen können. Die zwischenzeitlichen Rückgänge im Schwingungsverlauf werden dadurch verursacht, dass sich Anbackungen zufällig aufschichten und wieder abplatzen und so auch die vorhandene Unwucht zeitweise wieder ausgleichen. Nachdem ein mittleres Schwingungsniveau von 8 mm/s erreicht wurde und sich auch die Schwingungsveränderungen in der gleichen Größe bewegten, wurde erneut – nach nur zehn Tagen Betrieb – für eine Reinigung abgeschaltet. Nach zwei Tagen konnte die Maschine wieder angefahren werden. Dieses Mal währte der Betrieb neun Tage.



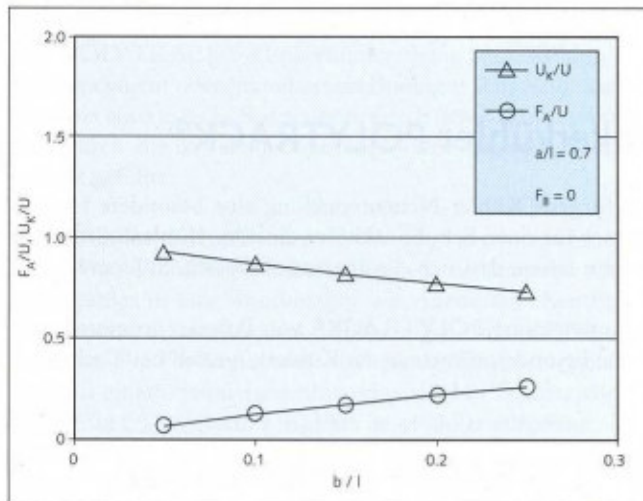
9 Unwuchtkorrektur und resultierende Lagerkraft in Abhängigkeit von der Laufradposition
9 Unbalance correction and resulting bearing force as a function of the impeller position

Figure 10 shows the influence of the balancing head position b/l on the unbalance correction and on the remaining force at bearing A for the relative impeller position $a/l = 0,7$ and minimization of the vibration at bearing B. It demonstrates that the balancing head must be placed as close as possible to the impeller, to the extent that this is permitted by constructive and thermal conditions. The best running smoothness can, however, only be achieved by using two balancing heads, as this is the only way to minimize vibrations at both bearings simultaneously.

5 Application examples

A radial fan installed in a cement plant in accordance with version a) of Figure 7 showed a significant increase in bearing vibrations after just a brief period of operation. The fan's impeller, which weighs approx. 2.5 tonnes, is balanced by the manufacturer to a total residual unbalance of approx. 150 000 gmm (0.15 kgm). After cleaning, the vibration measured at bearing B was just below 2 mm/s (Fig. 11). However, in the course of subsequent operation the vibration increased significantly due to dust incrustations and reached values of up to 14 mm/s, which must be regarded as impermissibly high and which could lead to massive damage of the fan and adjacent parts. The interim decreases in vibration level were caused by the chance formation and breaking off of incrustations which partially compensated the existing unbalance. After an average vibration amplitude of 8 mm/s had been reached and the vibration fluctuations were also of the same order of magnitude, the fan was again shut down for cleaning – after only ten days of operation. It took two days for the machine to be returned to service. This time it remained in operation for just nine days.

A balancing system designed for this application must be able to reduce unbalance vibrations of up to 14 mm/s. These vibrations are caused by an unbalance of a magnitude amounting to seven times the balancing tolerance of the impeller. The corresponding balancing head therefore has to be given a balancing capacity of 1.5 kgm, which includes a safety reserve. In the presented example the fan was only available to approx. 90 %. The installation of an active balancing system at least



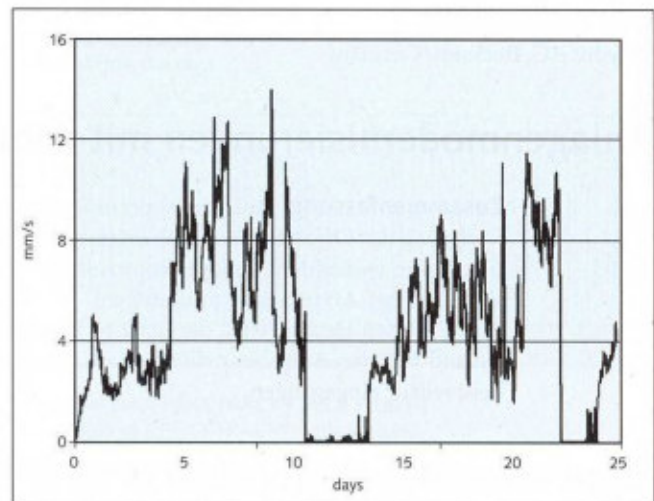
10 Einfluss der Auswuchtkopfposition auf Unwuchtkorrektur und resultierende Lagerkraft
10 Influence of the balancing head position on the unbalance correction and resulting bearing force

Ein auf diese Anwendung ausgelegtes Auswuchtsystem muss in der Lage sein, die bis zu 14 mm/s hohen Unwuchtschwingungen zu reduzieren. Diese Schwingungen werden von einer Unwucht in der Größe des Siebenfachen der Auswuchtteranz des Laufrades verursacht. Das heißt, der entsprechende Auswuchtkopf wird mit einer Auswuchtkapazität von 1,5 kgm ausgestattet, wobei eine Sicherheitsreserve eingerechnet ist.

Im vorgestellten Beispiel war der Ventilator nur zu etwa 90 % verfügbar. Die Installation eines aktiven Auswuchtsystems verdoppelt aber die Betriebszeit zwischen zwei Reinigungen zumindest und erhöht die Verfügbarkeit auf 95 %. Berücksichtigt man nicht nur die Reinigungskosten, sondern auch den Produktionsausfall, amortisiert sich die Investition in ein aktives Auswuchtsystem in wenigen Monaten.

6 Zusammenfassung

Mit dem innovativen, aktiven Auswuchtsystem EMB 7000 steht ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem sich sehr effektiv die durch Anbackungen verursachten Unwuchtschwingungen von Ventilatoren reduzieren lassen. Dadurch werden die Verfügbarkeit der jeweiligen Maschinen deutlich erhöht und kostspieliger Produktionsausfall vermieden. Das System bietet aufgrund seiner Ringform sehr gute Möglichkeiten der Integration in vorhandene Maschinenkonzepte. Durch die Implementierung adaptiver Algorithmen in eine schnelle DSP-basierende Elektronik dauert ein kompletter Auswuchtvorgang auch bei sehr großen Systemen nur wenige Minuten. Das System wird bereits erfolgreich bei Ventilatoren eingesetzt.



11 Zeitverlauf der Lagerschwingung eines Radialventilators
11 Variation in time of the bearing vibration of a radial fan

doubled the operating time between two cleaning stoppages and raised the availability to 95 %. If one takes not only the cleaning costs but also the production loss into consideration, the investment in an active balancing system is paid back within only a few months.

6 Summary

The innovative, active balancing system EMB 7000 is a device which very effectively reduces fan vibrations due to unbalances caused by incrustations. This significantly increases the availability of the respective machines and prevents expensive production losses. Because of its annular form, the system can easily be integrated into existing machine concepts. Thanks to the implementation of adaptive algorithms in a fast DSP-based electronic unit, a complete balancing operation – even in very large systems – only takes a few minutes. The system has already been installed with success on fans.

Literaturverzeichnis/Literature:

- [1] DIN ISO 10816-3: Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht rotierenden Teilen – Teil 3: Industrielle Maschinen mit Nennleistungen über 15 kW und Nenndrehzahlen zwischen 120 min⁻¹ und 15 000 min⁻¹ bei Messungen am Aufstellort. 1997.
- [2] VDI-Richtlinie 3839: Hinweise zur Messung und Interpretation der Schwingungen von Maschinen. Blatt 4 – Typische Schwingungsbilder von Ventilatoren und Gebläsen.
- [3] Gasch, R.; Nordmann, R.; Pfützner, H.: Rotordynamik. 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 2002.

profil

Die Versandbuchhandlung
im Bauverlag

Neu – mehr Inhalt!
Der Shop der Shops für Bauprofis

www.profil-medien.de

Zement Kalk Gips Cement Lime Gypsum

Clinker production and storage – Clinker cooler

5-2005

10,000 t/d
Kiln Line for
JAL Himachal, India

