

Possible Effects of Dusts and Harmful Gases on Fans

Fans provide artificial air movement in mines. They are assigned to different applications. Whilst the main fans provide the total fresh air requirement for the mine workings, auxiliary fans provide pressure increases or relief and support the total ventilation system. Special fans form part of the primary haulage framework to bring fresh air to the workplaces and the working face. But often the application is not so simple and needs to fulfill a much more complex set of criteria than just “clean” and “fresh” ambient air. These crite-

ria demand equipment that is designed for such operating conditions. Visually, a mining fan may look very similar to an industrial fan, but the individual components of the mining fan must be capable of withstanding quite different conditions. Like an underground miner himself, it must be “fit for mining”. The paper serves to illustrate the necessary suitability or, in some cases, current non-suitability of fans for mining under practical conditions by way of actual examples of common problems underground.

Mögliche Auswirkungen von Stäuben und schädlichen Gasen auf Ventilatoren

Ventilatoren sorgen für die künstliche Wetterbewegung in Bergwerken. Dabei sind sie unterschiedlichen Einsatzzwecken zugeordnet. Während Hauptventilatoren die gesamten Wetter in das Grubengebäude bringen, sorgen Zusatzventilatoren für eine Druckerhöhung bzw. -entlastung und stützen das Gesamtwettersystem. Sonderventilatoren sind im Rahmen des primären Förderbetriebs zu finden, um Frischwetter zu den Arbeitsplätzen und an die Ortsbrust zu bringen. Doch oftmals ist der Einsatz nicht so trivial darstellbar und erfordert weitaus höhere Anforderungsbedingungen als eine „saubere“ und „fri-

sche“ Umgebungsluft. Diese Einsatzbedingungen erfordern Geräte, die für diese Gegebenheiten konzipiert sind. Ein Ventilator für den Bergbau ist dem Industrielüfter zwar optisch ähnlich, in den Einzelkomponenten muss der Bergwerkslüfter jedoch anderen Bedingungen standhalten. Er benötigt, wie auch der Bergmann unter Tage, eine „Bergbautauglichkeit“. An einigen Beispielen üblicher Problematiken unter Tage wird nachfolgend die vorhandene, oder bis dato nicht vorhandene, notwendige Bergbautauglichkeit für Ventilatoren unter Praxisbedingungen dargestellt.

Introduction

Fans provide artificial air movement in mines. They are assigned to different applications. Main fans provide the total fresh air requirement for the mine workings (Figure 1). Auxiliary fans provide pressure boosting or relief and support the overall ventilation system. Special fans are found around the primary haulage operation to bring fresh air to the workplaces and the working face. In doing so, they convey fresh and clean air. However, their use is often not so simple and the demands are much more than just a “clean” and “fresh” environment. Fans working in a negative-pressure operation ingest air that is already polluted. Special fans are located in places to dilute or transport emissions. Other fans are located in headings with blasting or mechanical excavation and are subjected to heavy mechanical loads. These operating conditions require suitably designed equipment. A mining fan may look similar to an industrial fan, but the individual components of the mining fan have to withstand quite different conditions. Like an underground miner himself, it needs to be “fit for mining”.

This suitability for mining applications is achieved if the unit meets all the requirements for mechanical, electrical and chemi-

Einführung

Ventilatoren sorgen für die künstliche Wetterbewegung in Bergwerken. Dabei sind sie unterschiedlichen Einsatzzwecken zugeordnet. Hauptventilatoren bringen die gesamten Wetter in das Grubengebäude (Bild 1). Zusatzventilatoren sorgen für Druckerhöhung bzw. -entlastung und stützen das Gesamtwettersystem. Sonderventilatoren sind rund um den eigentlichen Förderbetrieb zu finden, um Frischwetter an die Arbeitsstellen und an die Ortsbrust zu bringen. Dabei fördern sie frische und saubere Luft. Doch oftmals ist der Einsatz nicht so trivial darstellbar und erfordert weitaus höhere Anforderungsbedingungen als eine „saubere“ und „frische“ Umgebung. Ventilatoren im Unterdruckbetrieb saugen bereits vorbelastete Wetter an. Sonderventilatoren stehen an Orten, um Emissionen zu verdünnen oder weiter zu transportieren. Weitere Ventilatoren stehen in Spreng- oder maschinellen Vortrieben und werden starken mechanischen Belastungen ausgesetzt. Diese Einsatzbedingungen erfordern Geräte, die dafür konzipiert sind. Ein Ventilator für den Bergbau ist optisch vielleicht dem Industrielüfter ähnlich, in den Einzelkomponenten muss der Bergwerkslüfter jedoch anderen Bedingungen



Fig. 1. Main fan. // Bild 1. Hauptventilator. Photo/Foto: Korfmann

cal resistance. These requirements are not the same in every mine, so the equipment often needs to be adapted to suit.

Mechanical load

There are many different mechanical loadings that a fan is subjected to. Of course, the internal mechanical forces acting on the impeller, shaft, bearings, motor and housing must be taken into account in the internal design. Some of the loads that are not always considered are those that occur due to other external parameters such as transport or assembly and which do not fall under the usual design criteria. These include sea and land transport in areas with an inadequate infrastructure (Figure 2). Due to the topographic conditions, considerably higher forces than with a load of only 1g can act on the overall structure. If these forces are not taken into account, parts can be pre-damaged and considerably shorten the service life in operation. Underground transport and the underground use itself often require partial dismantling of the components and non-standard placement of the slinging points in order to bring the equipment safely to its place of use with the tools available.

Often, the handling and operation of special ventilation fans underground does not come close to the specifications in the op-



Fig. 3. Handling underground. // Bild 3. Handling unter Tage. Photo/Foto: Korfmann



Fig. 2. Transport damage. // Bild 2. Transportschaden. Photo/Foto: Korfmann

standhalten. Er benötigt, wie auch der Bergmann unter Tage, eine „Bergbautauglichkeit“.

Diese Bergbautauglichkeit erlangt das Gerät, wenn die Anforderungen an die Mechanik, die Elektrik und die chemische Beständigkeit gegeben sind. Diese sind nicht in jedem Bergwerk gleich, sodass auch die zu nutzenden Geräte oftmals angepasst werden müssen.

Mechanische Belastung

Mechanisch belastet wird ein Ventilator auf viele verschiedene Arten. Natürlich sind die inneren maschinellen Kräfte, die auf Flügelrad, Welle, Lager, Motor und Gehäuse wirken, in der internen Konstruktion zu berücksichtigen. Nicht beachtet werden teilweise Belastungen, die durch andere externe Parameter wie Transport oder Montage auftreten und die nicht unter die üblichen Konstruktionskriterien fallen. Dazu gehören See- und Landtransporte in Gegenden, die eine unzureichende Infrastruktur aufweisen (Bild 2). Durch die Landschaftsbedingungen können erheblich höhere Kräfte als mit einer Belastung von nur 1g auf die Gesamtkonstruktion wirken. Werden diese Kräfte nicht berücksichtigt, können Teile vorgeschädigt werden und verkürzen die Lebensdauer im Betrieb erheblich. Transporte nach unter Tage und der Einsatz unter Tage selbst erfordern oft eine Teilung der Komponenten und eine nicht herkömmliche Platzierung der Anschlagaufnahmen, um die Gerätschaften mit den vorhandenen Hilfsmitteln sicher zu ihrem Einsatzort zu bringen.

Das Handling und Betreiben von Sonderbewetterungsventilatoren unter Tage entsprechen oftmals nicht annähernd den Vorgaben aus der Bedienungsanleitung (Bild 3). Bergbauübliche mechanische Kräfte, die auf das Gehäuse wirken, sollten nicht sofort zu einer Schädigung führen, die das Betreiben unmöglich macht. Entsprechend benötigt ein Bergbaulüfter ein stabiles Gehäuse und mechanische Integrität. Dazu gehören auch Schutzmaßnahmen für den Elektroanschluss und den Motor sowie eine konstruktive Berücksichtigung der mechanischen Einflüsse auf Lager, Welle, Motor und Flügelrad.

Größere Partikel aus der Umgebung oder gelockerte Muttern von Anbauteilen, welche bis zum drehenden Flügelrad gelangen, können das gesamte Flügelrad schlagartig zur Zerstörung brin-



Fig. 4. Damage to the impeller. // Bild 4. Flügelradschaden.
Photo/Foto: Korfmann

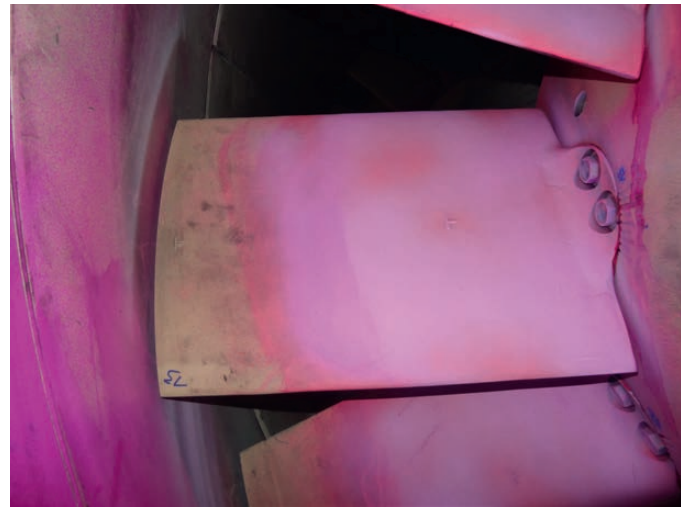


Fig. 5. Red-white testing. // Bild 5. Rot-Weiß-Prüfung.
Photo/Foto: Korfmann

erating instructions (Figure 3). Mechanical forces that commonly occur in mining and act on the housing should not immediately lead to damage that makes operation impossible. Accordingly, a mining fan requires a stable housing and mechanical integrity. This also includes protection for the electrical connections and the motor as well as an engineering design that adequately considers the mechanical influences on the bearings, shaft, motor and impeller.

Larger particles of debris or loosened nuts from attachments that reach the rotating impeller can cause the instantaneous destruction of the entire impeller (Figure 4). In some cases, however, the blades are only damaged but continue to be operated – whether through ignorance or intent. Sooner or later, this pre-damage leads to complete failure of the impeller and thus a write-off.

To prevent this, maintenance is essential. Even simple visual inspections at an early stage can prevent far greater damage. Even small particles can cause preliminary damage to the impeller. The damage only becomes apparent after an indefinite period of alternating loads. Therefore, for large fans, regular inspections of the blade surfaces are recommended. Depending on the blade material and accessibility, this can also be done in-situ. An example of this is the so-called red-white test (dye penetration method) shown in figure 5. This is one way of testing for surface cracks. By applying a fine penetrant dye and then a developer medium hairline cracks can be detected and the component replaced at an early stage. Another non-destructive surface method is magnetic particle testing. For both methods, the material compatibility of the component with the test method/material is prerequisite.

Blade damage can not only be caused by objects, but also by extreme alternations of the blade loads during operation for which the impeller is not designed. In particular, this includes pressure peaks that counteract the pressure increase of the fan (Figure 6).

Rapid pressure changes can be generated by fast-closing ventilation structures without pressure relief near main or auxiliary fans, dampers, doors or gates that are located directly in the air stream and are closed for whatever reason. There are a many pos-

gen (Bild 4). Teilweise sind die Flügel aber auch nur beschädigt und werden weiter betrieben – sei es aus Unwissenheit oder aus Vorsatz. Diese Vorschädigung führt früher oder später zum kompletten Versagen des Flügels und somit zum Totalschaden.

Um dem vorzubeugen, sind Wartungen unablässig. Selbst durch einfache Sichtprüfungen können weitaus größere Schäden frühzeitig vermieden werden. Auch Kleinstteile können eine Vorschädigung am Flügelrad verursachen. Der Schaden zeigt sich dann erst nach einer zeitlich unbestimmten Wechselbelastung. Bei Großventilatoren wird deshalb eine regelmäßige Oberflächenkontrolle der Schaufeln empfohlen. Diese kann je nach Schaufelmaterial und Zugänglichkeit auch im eingebauten Zustand erfolgen. Ein Beispiel dafür ist die in Bild 5 dargestellte sogenannte Rot-Weiß-Prüfung (Farbeindringverfahren). Dies ist eine Möglichkeit der Oberflächenrissprüfung. Dabei können durch Aufbringen eines feinen Farbindikators und anschließend eines Kontrastmittels Haarrisse entdeckt und das Bauteil frühzeitig ausgetauscht werden. Ein weiteres zerstörungsfreies Oberflächenverfahren ist die Magnetpulverprüfung. Für beide Verfahren ist die Materialverträglichkeit des Bauteils mit dem Prüfmittel Voraussetzung.

Flügelbeschädigungen können nicht nur durch Gegenstände entstehen, sondern auch durch extreme Flügelwechselbelastungen im Betrieb, für die das Flügelrad nicht ausgelegt ist. Dazu gehören insbesondere Druckspitzen, die der Druckerhöhung des Ventilators entgegenwirken (Bild 6).

Schnell schließende Wetterbauwerke ohne Druckentlastung in der Nähe von Haupt- oder Zusatzventilatoren, Klappen, Türen oder Tore, die sich im direkten Wetterweg befinden und aus verschiedensten Gründen geschlossen werden, erzeugen schnelle Druckwechsel. Dafür gibt es eine Vielzahl von möglichen Ursachen, beispielsweise automatisierte Tore mit Fehlprogrammierung, unbewusstes Fehlverhalten einzelner Bergleute etc. Rapide Druckerhöhungen können Ventilatoren in den instabilen Betrieb bringen. In diesem instabilen Bereich wird der Lüfter strömungstechnisch stark belastet und möglicherweise sogar in einem sprunghaften „Pumpbetrieb“ gefahren. Dieser Abrissbetrieb kann in kürzester Zeit den Flügel komplett zerstören, da die auf-

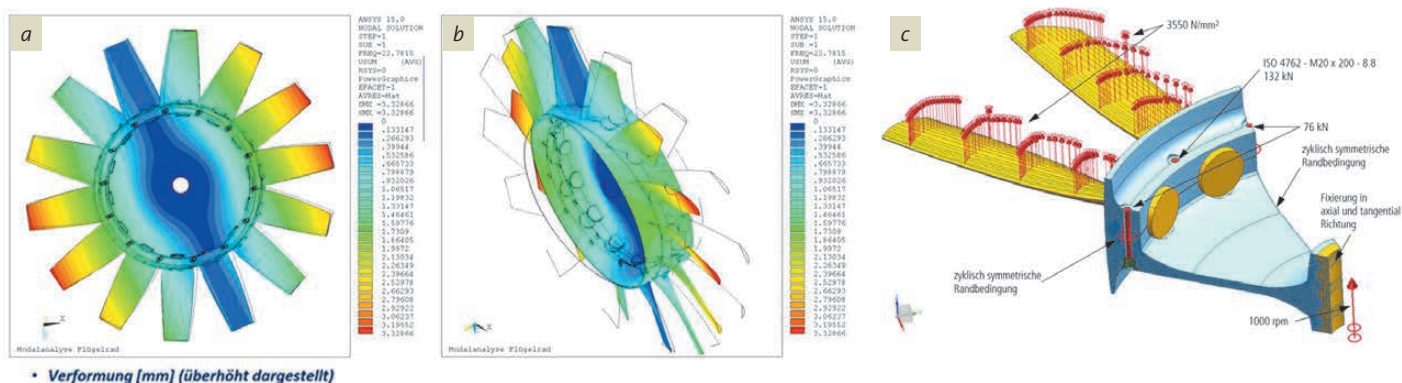


Fig. 6. a) impeller deformation, b) impeller deformation 3D, c) blade forces.

Bild 6. a) Flügelradverformung, b) Flügelradverformung 3D, c) Schaufelkräfte. Source/Quelle: Korfmann

sible causes for this, e.g., automated but mis-programmed gates, unintentional operating errors by individuals, etc. Rapid pressure increases can cause fans to become unstable. In this unstable range, the fan is subjected to high aerodynamic loads and may even be run in an erratic “pumping” mode. This mode of operation can completely destroy the fan in a very short time, as the forces that occur exceed the design parameters many times over.

Special fans used in blasting operations are often subjected to such loads by the shock waves from the blast, greatly reducing the life expectancy of such an impeller. Only rarely are any measures applied to protect the fan interior or cover the fan against shock waves. Particular reference should be made here to potential preliminary damage to the impeller by small pieces of blasted rock.

Dust – influences on the mechanics

Heavily contaminated dirty air creates additional mechanical stress for a fan. This contributes to increased wear of the components. This applies especially to the impeller. The air speed increases through the fan thereby turning the smallest particles into projectiles that attack the surface of the blade profile. In particular, the blade tips become the focus of attention, as they are fully engaged with the linear airflow on the suction side (Figure 7). The consequence of a blade that is permanently loaded with particulates is that the tips no longer conform to the flow and the resulting poor flow paths. The internal forces increase, the efficiency decreases, the power increases and the operating values for volume flow and pressure increase are no longer achieved. The service life of the unit is considerably shortened and the replacement of wear components has to be carried out much earlier.

If the particulates in the air stream are solids such as dust, the wear rate of the blade tips increases immensely depending on the dust content. Especially dust containing quartz eats away at the blades, which are mostly made of aluminium alloys, within a very short time (Figure 8).

But even fine, soft or moist dust can also cause more damage than just material wear. Soft dust, e.g., tends to settle between the cooling fins of the motors and clogs them. The particles tend to adhere in corners and edges, on screw heads and in places contaminated with lubricants or moisture. For a uniformly

tretenden Kräfte die Auslegeparameter um ein Vielfaches überschreiten.

Sonderventilatoren werden im Sprengvortrieb oft einer solchen Belastung durch die Druckwellen beim Sprengen ausgesetzt, sodass die Lebenserwartung eines solchen Flügelrads stark verringert wird. Nur selten wird das Lüfterinnenleben vor der Druckwelle geschützt oder abgedeckt. Insbesondere ist hier auf eine mögliche Vorschädigung hinzuweisen, die der Flügel aufgrund kleinerer Steine erhalten kann.

Stäube – Einflüsse auf die Mechanik

Eine weitere mechanische Belastung für einen Ventilator sind stark partikelhaltige Wetter. Diese tragen zum verstärkten Verschleiß der Bauteile bei. Insbesondere das Flügelrad wird stark in Anspruch genommen. Die physikalisch bedingten Geschwindigkeitserhöhungen im Ventilator machen aus dem kleinsten Partikel im Bereich des Flügelprofils ein Geschoss, das die Oberfläche angreift. Insbesondere sind dabei die Flügelspitzen im Fokus, da diese vollständig in den saugseitig geraden Luftstrom eingreifen (Bild 7). Die Folge eines dauerhaft mit Partikeln belasteten Flügels ist ein nicht mehr strömungskonformes Erscheinungsbild der Spitzen und den damit verbundenen schlechten Strömungs-



Fig. 7. Abrasion at the blade tips. // Bild 7. Abrieb an den Flügelspitzen. Photo/Foto: Korfmann



Fig. 8. Dust deposits on the impeller. // Bild 8. Staubablagerungen auf dem Flügelrad. Photo/Foto: Korfmann

designed rotating body such as the impeller, this is not critical in the first instance because the movement of the component and the even distribution of the particles over the cross-section mean that they are also deposited uniformly. Initially, the balance of the rotation is not disturbed. However, as soon as the particles settle unevenly or a piece of accumulated particle cake detaches, the imbalance of the impeller suddenly increases. Increased vibrations are the result, which lead to damage when critical values are reached. If this is to be prevented, the intake air should not be contaminated with dust particles in the first place. This can be achieved by using pre-separators and de-dusting units. In any event, in most countries, there is no alternative to the use of such units because, apart from the advantages for the fans, they are especially important to ensure compliance with the applicable dust exposure limits and thus to protect the miners' health. Where partial contamination of the air flow is unavoidable, the fan must be checked by regular visual inspections appropriate to its operation and cleaned if necessary.

With the help of modern sensors, fans can also be monitored automatically. An imbalance can be detected by means of vibration monitoring. Unstable operation in terms of fluid dynamics can be detected by means of stall point monitoring, e.g., by means of a Petermann probe. However, even these sensors can show errors depending on the environmental conditions and require further technology and fine-tuning. Each operator must decide for himself which type of monitoring is best-suited to his operation.

Dust – influences on the electrics

Often dusts and other solid particulates are not only a mechanical problem. While some highly crystalline fine particles put considerable strain on seals and lubricants, some chemical compositions are more problematic for other components. In particular, electrical components can become contaminated and exhibit various fault patterns. Some dusts are so fine that they cannot be completely excluded from electrical enclosures, even with higher protection classes and intensive maintenance efforts. The fan control panel from an anhydrite mine shows such

fäden. Die inneren Kräfte steigen, der Wirkungsgrad verringert sich, die Leistung steigt und die geforderten Werte für Volumenstrom und Druckerhöhung werden nicht mehr erreicht. Die Lebensdauer des Geräts wird erheblich verkürzt und der Austausch von Verschleißkomponenten muss wesentlich früher erfolgen.

Handelt es sich bei den im Wetterstrom vorhandenen Partikeln um Festpartikel, wie z.B. Stäube, steigt die Verschleißrate der Blätterspitzen immens in Abhängigkeit des Staubinhalts. Insbesondere quarzhaltige Stäube zerfressen die meistens aus Aluminiumlegierungen bestehenden Flügel innerhalb kürzester Zeit (Bild 8).

Doch auch bei feinen, weichen oder feuchten Stäuben kann es zu weiteren Schäden als nur zum Materialverschleiß kommen. Weicher Staub setzt sich z.B. auch zwischen Kühlrippen von Motoren ab und setzt diese zu. Durch Adhäsion legen sich die Partikel in Ecken und Kanten, an Schraubköpfen und an mit Schmiermittel oder Feuchtigkeit behafteten Stellen ab. Für einen gleichmäßig ausgeführten und rotierenden Körper wie das Flügelrad ist dies zuerst einmal unkritisch, da sich durch die Bewegung des Bauteils und der annähernd gleichen Zuführung der Partikel über den Querschnitt sich diese auch gleichmäßig ablegen. Die Balance der Rotation ist zuerst nicht gestört. Sobald sich jedoch die Partikel ungleichmäßig absetzen oder sich ein angehäufter Partikelkuchen partiell löst, wird die Unwucht des Flügelrads schlagartig größer. Erhöhte Schwingungen sind die Folge, die bei Erreichen von kritischen Werten zum Schaden führen. Will man dies verhindern, sollten die angesaugten Wetter erst gar nicht mit Staubpartikeln belastet sein, was durch den Einsatz von Vorabscheidern und Entstaubungseinheiten ermöglicht werden kann. Deren Einsatz ist in den meisten Ländern ohnehin alternativlos, da er neben den Vorteilen für die Lüfter insbesondere der Einhaltung der gültigen Staubgrenzwerte und damit dem Gesundheitsschutz der Bergleute dient. In unvermeidbaren Fällen eines teilweisen Partikeltransports über den Luftstrom ist der Ventilator durch zum Betrieb passende regelmäßige Sichtkontrollen zu überprüfen und erforderlichenfalls zu säubern.

Mithilfe moderner Sensoren sind Ventilatoren auch automatisch überwachbar. Eine Unwucht kann mittels Schwingungsüberwachung detektiert werden. Ein strömungstechnischer instabiler Betrieb kann durch eine Abrissüberwachung, wie z.B. mittels einer Petermannsonde, detektiert werden. Doch auch diese Sensoren können je nach Umgebungsbedingungen Fehler aufweisen und benötigen weitere Technik und Abstimmung. Jeder Betreiber muss für sich entscheiden, welche Art der Überwachung zum Betrieb bei ihm am besten passt.

Stäube – Einflüsse auf die Elektrik

Stäube und feste Partikel sind allerdings häufig nicht nur ein mechanisches Problem. Während manche stark kristalline Feinkörner Dichtungen und Schmiermittel erheblich belasten, sind einige chemische Zusammensetzungen problematischer für andere Bauteile. Insbesondere die elektrischen Komponenten können verschmutzen und unterschiedliche Fehlerbilder aufweisen. Einige Stäube sind so fein, dass selbst bei höheren Schutzklassen und immensem Wartungsaufwand diese nicht vollständig aus elektrischen Gehäusen auszuschließen sind. Die Lüftersteuerung eines Anhydritbergwerks zeigt einen solchen Fall. Hier wurde der



Fig. 9. Fan location. // Bild 9. Lüfterstandort. Photo/Foto: Korfmann

a case. Here, the fan was placed directly next to the main haulage road (Figure 9). The variable frequency fan drive was located in a niche next to it that was not directly ventilated (Figure 10). This control panel failed several times due to electrical faults in the circuit boards. More detailed examinations revealed deposits of soot dust on coated circuit boards (Figures 11, 12). The protection provided by the lacquered conductor tracks was not sufficient. Even with a thin deposit, the dust was so conductive that a short circuit occurred in adjacent components. This could be proven by a test with a filter mat that was only a few days old. The cause was quickly found: Next to the fan, the main heading was sealed by an air door. However, the door was passed several times an hour by a vehicle, which had to stay in front of the door for a few minutes each time. The vehicle was an old traction unit without a particulate filter system. After passing through the door, the exhaust fumes dispersed and were trapped in the niche, where they gradually settled. If the door had been moved just a little, the control niche had been slightly ventilated or the cabinet had been sealed appropriately, there would have been no damage and thus no failure. These operating conditions had not been taken into account during the planning phase and the



Fig. 11. Sooty fumes. // Bild 11. Rußabgase. Photo/Foto: Korfmann

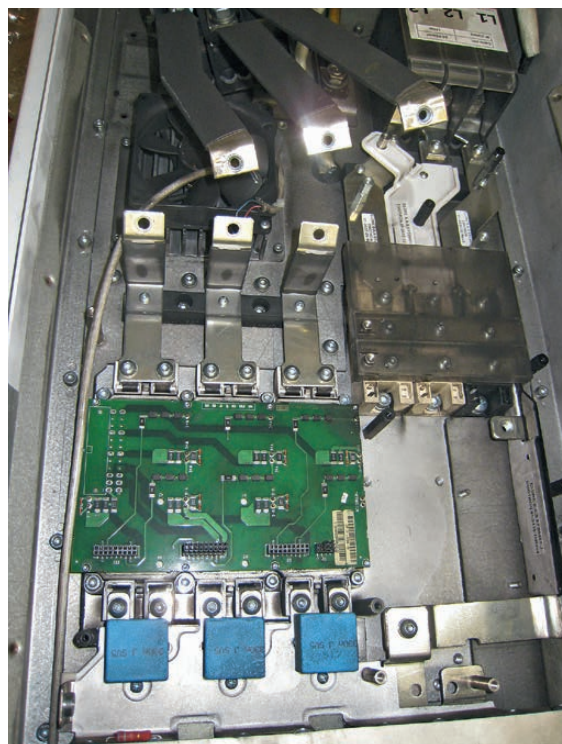


Fig. 10. Control system. // Bild 10. Steuerung. Photo/Foto: Korfmann

Lüfter direkt neben der Hauptfahrstrecke platziert (Bild 9). Die frequenzgeregelte Lüftersteuerung stand in einer nicht direkt belüfteten Nische daneben (Bild 10). Diese Steuerung fiel mehrmals aufgrund von elektrischen Fehlern in den Platinen aus. Genauere Untersuchungen ergaben abgesetzte Rußstäube auf lackierten Leiterplatten (Bilder 11, 12). Der Schutz durch die lackierten Leiterbahnen reichte nicht aus. Selbst bei geringer Schichtdicke war der Staub so leitfähig, dass bei angrenzenden Bauteilen ein Kurzschluss entstand. Dies konnte durch einen Test mit einer wenige Tage alten Filtermatte nachgewiesen werden. Die Ursache hatte sich schnell gefunden: Neben dem Lüfter war der Hauptweg mit einem Wettertor verschlossen. Das Tor wurde jedoch mehrfach in der Stunde mit einem Fahrzeug passiert, wobei dieses jedes Mal einige Minuten vor dem Tor verweilen musste. Das Fahrzeug war eine alte Zugmaschine ohne Rußfiltersystem. Die Auspuffschwaden verteilten sich und blieben nach Durchfahrt des Tors in der Steuernische hängen, wo sie sich nach und nach absetzten. Wäre das Tor nur ein wenig versetzt, die Steuernische gering bewettert oder der Schrank entsprechend abgedichtet worden, hätte es keinen Schaden und somit keinen Ausfall gegeben. Diese Betriebsbedingungen waren vorher bei der Planung nicht berücksichtigt worden und es gab kundenseitig im Vorfeld auch keine besonderen Anforderungen an die Steuerung.

Dabei sind technische Lösungen zur Vermeidung solcher Schäden durchaus vorhanden. Hierzu gehören u.a. passende Filter- und Überdrucksysteme. Allerdings möchten die meisten Betreiber, zumindest bei nicht systemrelevanten Anlagen, auf entsprechende Investitionen verzichten. Eine Kostenanalyse fand für das beschriebene Beispiel nicht statt. Ein Controlling gab es nur für die Investition. So fiel nicht auf, dass die Elektrikerschicht bereits dreimal den Schaltschrank gesäubert und überbrückt hatte.

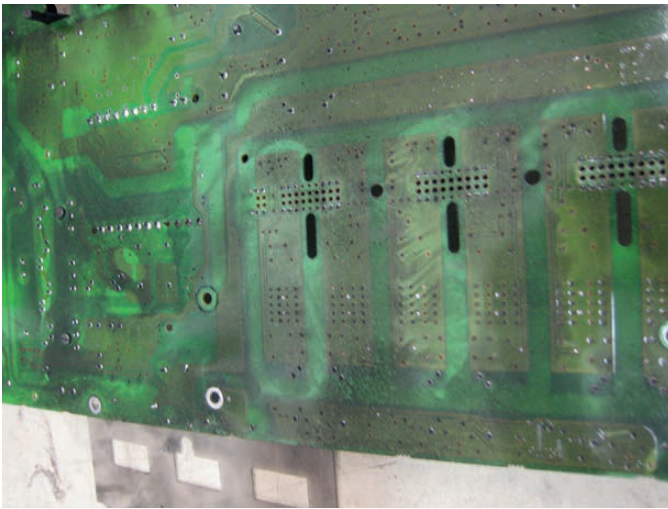


Fig. 12. Circuit board. // Bild 12. Leiterplatte.
Photo/Foto: Korfmann



Fig. 13. Surface corrosion. // Bild 13. Oberflächenkorrosion.
Photo/Foto: Korfmann

customer had not made any special demands on the control system beforehand.

Technical solutions to prevent such damage are certainly available. These include suitable filters and pressurised systems. However, most operators, at least in the case of non-system-relevant plants, would prefer not to make such investments. A cost analysis was not carried out for the example described. Only the capital investment was considered. Nobody noticed that the electrician's shift had already cleaned and bridged the control cabinet three times. The investment in an expanded system would not only have reduced the total financial expenditure, but would also have made a contribution to sustainability by reducing the carbon footprint.

Chemical exposure

Equipment is exposed to chemical attack, which of course varies greatly depending on use, operation and local conditions. Fans used on ships, e.g., must always be adapted to corresponding offshore conditions. Resistance to salty and humid air is essential. Similar requirements exist for main fans in salt mines when installed close to the shaft. Depending on the conditions of the supply air, penetrating moisture together with the salty air can cause corrosion as a consequence (Figures 13, 14). In this case, it is not sufficient to just paint the steel components as normal. Other plastic components, such as vibration dampers and compensator components, must meet certain material requirements and must not age prematurely. The materials in the construction of the units must be selected carefully. Not all stainless steels can be used in salt, nor in return air systems containing enriched sulphur gases. If the composition is not clarified in advance, there is a risk of very rapid corrosion of various materials. System components that are not operated permanently, such as shut-off and inspection flaps or brakes, become pre-damaged and no longer function properly.

In a few cases, a chemical reaction of different substances and materials used is possible. No plant or lubricant manufacturer can test all chemical compositions. Reactions of new separating agents or lubricants with certain local air contents are unpredictable. Especially in mining, each deposit provides for a different chemical composition of the air without violating limits of certain pollutants.

Die Investitionen in ein erweitertes System hätten nicht nur die finanziellen Aufwendungen verringert, sondern wären auch ein Beitrag zur Nachhaltigkeit im Hinblick auf die Verringerung des CO₂-Fußabdrucks gewesen.

Chemische Beanspruchung

Geräte sind chemischen Angriffen ausgesetzt, die selbstverständlich nach Einsatz, Betrieb und örtlichen Verhältnissen stark unterschiedlich ausfallen. So sind Ventilatoren, die beispielsweise auf Schiffen genutzt werden, immer entsprechenden Off-Shore-Verhältnissen anzupassen. Die Beständigkeit gegen salzige und feuchte Wetter ist essenziell. Ähnliche Anforderungen bestehen bei Hauptventilatoren in Salzbergwerken bei schachtnaher Aufstellung. Je nach Druckwetterlage kann eindringende Feuchtigkeit zusammen mit der salzhaltigen Luft für entsprechende Korrosion sorgen (Bilder 13, 14). Hier genügt es nicht, eine passende Lackierung der Stahlbauteile vorzunehmen. Weitere Bauteile aus Kunststoff, wie z.B. Schwingungsdämpfer und Kompensatorbauteile, müssen bestimmten materialtechnischen Anforderungen entsprechen und dürfen nicht vorzeitig altern. Die Materialauswahl bei der Konstruktion der Geräte ist sorgfältig zu bestimmen. Nicht alle Edelstähle sind im Salz einsetzbar, ebenso nicht bei Abwettern, die angereicherte Schwefelgase enthalten. Wird hierbei nicht im Vorfeld die Zusammensetzung geklärt, droht eine sehr schnelle Korrosion verschiedenster Materialien. Nicht dauerhaft betriebene Anlagenteile, wie beispielsweise Absperr- und Revisionsklappen oder Bremsen, werden vorgeschädigt und funktionieren nicht mehr einwandfrei.

In wenigen Fällen ist eine chemische Reaktion von verschiedenen verwendeten Stoffen und Materialien zu erwarten. Kein Maschinenbauer oder Schmierstoffhersteller kann alle chemischen Zusammensetzungen prüfen. Reaktionen von neuen Trenn- oder Schmiermitteln mit bestimmten örtlichen Luftbestandteilen sind nicht vorhersehbar. Speziell im Bergbau ist zu erkennen, dass jede Lagerstätte für eine andere chemische Zusammensetzung der Wetter sorgt, ohne dabei gegen Grenzwerte bestimmter Schadstoffe zu verstoßen. Dennoch ist nicht zu vermeiden, dass Bauteile chemisch geschädigt werden. Die Anzahl der chemischen Par-



Fig. 14. Chemical reaction inside the housing. // Bild 14. Chemische Reaktion im Gehäuseinneren. Photo/Foto: Korfmann

Nevertheless, it is unavoidable that components can be chemically damaged. The number of chemical particles is particularly high inside the fan due to the volume of air moved. As a result, the components are subjected to a far greater concentration than might be assumed at first glance. In principle, the chemical resistance may be the same as for other components, but the time factor exponentiates the risk of damage.

A fan moves air that contains one of the essential factors for corrosion: oxygen. Thus, only a few more components are needed to achieve a real potential for corrosion.

Explosive gases

There are many sets of rules for handling explosive mixtures in the conveying stream. The exact design requirements for electrical and non-electrical equipment are specified in standards and directives, so they will not be discussed further here.

The machinery manufacturer is required to have the explosion-proof design confirmed by a certified third party body and thus guarantees the mitigation of the risk.

These requirements are in addition to those already described, so that the tests relating to material pairings and material properties are even more extensive. Explosion protection, namely the prevention of an open ignitable spark, must be guaranteed in accordance with the applicable regulations. In particular, the focus is on the necessary equipotential bonding, which may not only affect the individual machine. Elements with a large surface area and incorrect painting or components that are not earthed represent an equally large risk potential that the operator must consider in his overall risk analysis.

Conclusion

Practical examples show that the operator must always consider the entire system from different perspectives. In some cases, this gives rise to new types of faults that neither the machinery manufacturers nor the machine operators can recognise in advance in the normal framework of "state-of-the-art" engineering. Fit for mining applies in every respect to man and machine.

tikel ist besonders im Inneren des Ventilators aufgrund der hohen bewegten Luftmenge sehr groß. Dadurch erfahren die Bauteile eine wesentlich konzentriertere Exposition als auf den ersten Blick angenommen. Die chemische Beständigkeit mag grundsätzlich genauso hoch sein wie bei anderen Bauteilen, allerdings potenziert der Zeitfaktor die Gefahr einer Schädigung.

Ein Ventilator bewegt Luft, die einen der wesentlichen Faktoren für Korrosion enthält: Sauerstoff. So fehlen nur noch wenige Komponenten mehr, um ein ausreichendes Korrosionspotential zu erhalten.

Explosionsfähige Gase

Für den Umgang mit explosionsfähigen Gemischen im Förderstrom gibt es viele Regelwerke. In Normen und Richtlinien werden die genauen konstruktiven Voraussetzungen für elektrische und nicht-elektrische Betriebsmittel vorgegeben, sodass in diesem Rahmen hier nicht weiter darauf eingegangen wird.

Der Maschinenhersteller lässt die explosionsgeschützte Bauform durch eine dritte, zertifizierte Stelle bestätigen und garantiert so die Minderung des Risikos.

Diese Anforderungen kommen zu den bereits beschriebenen hinzu, sodass die Prüfungen in Bezug auf Materialpaarungen und Materialeigenschaften noch umfangreicher ausfallen. Der Explosionsschutz, nämlich das Verhindern eines offenen zündfähigen Funkens, muss entsprechend den geltenden Bestimmungen gewährleistet sein. Insbesondere steht der notwendige Potentialausgleich im Vordergrund, der nicht nur die einzelne Maschine betreffen kann. Großflächige Bauteile mit falscher Lackierung oder nicht geerdeten Komponenten stellen ein ebenso großes Gefährdungspotential dar, das der Betreiber in seiner Gesamtrisikoanalyse berücksichtigen muss.

Fazit

Die Beispiele aus der Praxis zeigen, dass der Betreiber immer das Gesamtsystem aus unterschiedlichen Perspektiven betrachten muss. Teilweise entstehen so neuartige Fehlerursachen, die weder die Maschinenhersteller noch die Maschinenbetreiber im Vorfeld des normalen Rahmens eines Engineerings „State of the Art“ erkennen können. Bergbautauglichkeit gilt in jeder Hinsicht für Mensch und Maschine.

Author / Autor

Jens Kegenhoff, Korfmann Lufttechnik GmbH, Witten