

Picture: Grundfos



In the process industry, it is absolutely essential that the pumps keep running.
Pumpen müssen in einer verfahrenstechnischen Anlage vor allem eines: laufen!

Practical experience has shown that there is still considerable potential for reducing the operating costs of continuous-flow machines such as pumps and compressors. At AICHEMA energy efficiency will be one of the main themes again this year. Solutions that improve availability will also have top priority.

Rotating equipment: availability and energy costs are the top priority

Rotating Equipment: Verfügbarkeit und Energiekosten haben Priorität

Die Praxis zeigt, dass gerade bei in Teillast betriebenen Strömungsmaschinen wie Pumpen und Kompressoren noch erhebliche Einsparmöglichkeiten vorhanden sind. Auf der AICHEMA wird die Energieeffizienz einmal mehr im Mittelpunkt stehen. Höchste Priorität haben zudem Lösungen, welche die Verfügbarkeit verbessern.

Betreiber achten auf drei Dinge besonders: Dass das Rotating Equipment (Pumpen, Kompressoren, Lüfter usw.) für die Aufgabenstellung entsprechend ausgelegt ist, eine hohe Verfügbarkeit aufweist und die Kosten dafür so gering wie möglich bleiben. Wie der einzelne Hersteller alle Forderungen zugleich unter einen Hut bringt, bleibt zunächst einmal ihm überlassen. Nur sollte der Lösungsansatz nicht allzu exotisch sein. Anwender in der chemischen und noch stärker in der pharmazeutischen Industrie sind bei der Auswahl zentral wichtiger Komponenten – und dazu zählen Pumpen und Kompressoren auf jeden Fall – eher konservativ. Praxisbewährte Referenzen sind ihnen wichtiger als abstrakte Möglichkeiten. Wie verbessern Hersteller die Verfügbarkeit ihrer Aggregate? Neben optimierten Werkstoffen bzw. neuen Verbundpaarungen erhöhen sie die Fertigungsgüte und entwickeln immer raffiniertere Systeme der Störungsfrüherkennung. Denn Pumpen wie Kompressoren müssen in einer verfahrenstechnischen Anlage vor allem eines: laufen. Aus Sicht des Betriebsingenieurs ist deren Verfügbarkeit entscheidend, dann erst schaut er auf andere Parameter. Weil andererseits klar ist, dass mechanisch bewegte Teile mit der Zeit verschleiben (auch dann, wenn die einzelnen Komponen-

Users are mainly interested in three things: rotating equipment has to offer the right functionality for the application, it has to deliver high availability and the costs must be as low as possible. It is up to the individual manufacturer to figure out how to provide all three of these deliverables at the same time. Exotic solutions are probably not the best choice. Users in the chemical industry and particularly in the pharmaceutical industry tend to make conservative choices when they select equipment that plays a central role in the process such as pumps and compressors. A proven track record is more assuring than abstract claims. How can manufacturers improve equipment availability? Besides optimizing materials and introducing new material combinations, producers continue to improve production quality and develop increasingly sophisticated early failure detection systems, because in the process industry, it is absolutely essential that the pumps and compressors keep running. Before looking at anything else, process engineers want to be sure

Trends at a glance

- Pumps: Detecting degradation before major problems occur
- Compressed air systems: energy and cost efficiency are a major issue
- Fittings: SIL is bothering both manufacturers and users

Trends auf einen Blick

- Pumpen: Dem Verschleiß früh genug auf die Spur kommen
- Druckluftanlagen: Fragen der Energie- und Kosteneffizienz sind ein Dauerbrenner
- Armaturen: SIL beschäftigt Hersteller und Betreiber

that the equipment delivers high availability. However because users and maintenance teams are aware that moving mechanical parts are subject to wear (even if high-grade, durable parts are designed into the equipment), they rely on early failure detection features to flag problems before availability starts to degrade. The solution is to detect degradation before major problems occur, and the correct interpretation of sensor signals plays a major role in the detection process.

ReMain: Reliability Centered Maintenance

Which signals provide an early indication of trouble? Researchers in the industrial and academic communities are investing a lot of effort in the development of intelligent pump diagnostic systems. The fact that companies from outside the industry offer special diagnostic systems for pumps is an indication of the perceived market potential. The systems use data from vibration, pressure, temperature or motor current sensors to assess process conditions and the current state of the pump.

However, none of the diagnostics systems which are currently available on the market is capable of predicting the remaining life of critical components. Existing predictive maintenance systems are simply unable to provide this information. The ReMain project (Reliability Centered Maintenance) was launched to investigate techniques for predicting the remaining life of a pump. A special sensor set will be installed by eight partners from industry and research and 14 further participating companies on 100 pumps which are used in production at Evonik Stockhausen to collect data which will then be summarized and analyzed.

The success of the ReMain project depends on having a good set of data for the models. The predictive failure model will be derived from a physical knowledge base, and empirical information from field trials will then be used to optimize the model in an iterative process. Accelerated time tests will be conducted on test beds to simulate individual failure mechanisms and identify characteristic wear patterns. Mutual interactions will be reflected in the final model when the two models are combined. The next step will be to make the technique available for online use and validate the model in practical application. At the same time, the new predictive tool is integrated

ten gut und langlebig ausgeführt sind) möchten Betreiber und Instandhalter Störungen am technischen Equipment möglichst frühzeitig erkennen, bevor die Verfügbarkeit beeinträchtigt wird. Die Aufgabe lautet also: Dem Verschleiß früh genug auf die Spur zu kommen. Entscheidend ist dabei die Interpretation von Sensorsignalen.

ReMain: Reliability Centered Maintenance

Anhand welcher Signale lassen sich Störungen frühzeitig erkennen? Die Entwicklung von intelligenten Diagnosesystemen für Pumpen ist ein zentraler Gegenstand der Forschung in der Industrie und den Hochschu-

into the maintenance process and cost effectiveness can be assessed. The approach has vast potential:

- Elimination of redundant pumps in the chemical industry alone would reduce annual investment costs in Germany by 9% (equivalent to savings of €500 million).

- 25% reduction in failures. This would save more than €16 million alone on the 100,000 pumps which are installed within the extended scope of the ReMain working group (and this figure does not even include the cost of production downtime!).

- Avoidance of environmental damage caused by cleaning, disposal and contaminants that escape when faults occur.

Energy efficiency: up to 50% annualized ROI

Conventional flow control technology such as butterfly valves or by-pass lines is still used on many existing systems, and energy losses can be very high. It should come as no surprise that a pump system with throttle control runs at 90% of its electrical power rating to produce 60% of the rated flow. At the same flow rate, electricity consumption on a pump with speed control is reduced to less than 30% of the power rating to maintain the same flow rate (60% of rated capacity). Energy-efficient control also increases pump life. Lower speeds at partial load reduce wear on mechanical parts such as shafts, bearings and seals. In addition, starting and stopping is less abrupt on systems with frequency converters. This places less stress on the entire drive train and reduces the mechanical load on the pump system. High-wear parts have to be replaced less frequently on pump systems that have been optimized to reduce energy consumption, and maintenance intervals are longer. The bottom line is that energy costs are lower, and users also save money on maintenance.

An industrial energy efficiency campaign by the German Energy Agency (dena) and the Pumps + Systems Association of VDMA (German Engineering Federation) offers on-site analysis services to companies that are willing to accept external advice. More than 50 companies, including producers in the chemical and pharmaceutical industry, have improved the energy efficiency of their pump systems based on in-depth advice provided by expert consultants, and in some cases the results have been truly surprising. Annualized ROI (return on investment) on energy efficiency pump systems can be as high as 50%. The findings of the consultants show that companies of any size in any industry have opportunities to increase energy efficiency.

Emerging technologies present new challenges for compressor manufacturers

The compressor industry is faced with a series of new application engineering challenges. There are, for example, still questions surrounding the use of compressors to separate out CO₂ at fossil-fuel based power stations. Compressors and vacuum pumps are also playing an increasingly

Background: EFF1, EFF2, EFF3

EU efficiency ratings help consumers to select domestic appliances, and there is a similar scheme for electrical motors. The motors are divided into three efficiency classes (EFF1, EFF2 and EFF3). EFF1 is the highest efficiency class, and the EU encourages use of these motors. These motors have another attractive feature, namely low noise emissions. The fan on the motor is responsible for most of the motor noise (and consequently most of the noise that is generated by the pump). Due to the higher efficiency rating and lower heat loss, EFF1 motors do not need as much cooling. Smaller and quieter fans are normally sufficient. Lower heat dissipation also reduces the stress on the insulated wire in the stator winding, increasing the life of the winding. Lower operating temperatures also extend the life of the motor bearings (the service life of the bearing lubrication is heavily temperature-dependent). As you can see, increasing energy efficiency also improves pump and compressor system availability.

Hintergrund: EFF1, EFF2, EFF3

Wie bei elektrischen Haushaltsgeräten erleichtern EU-Wirkungsgradklassen auch bei Elektromotoren die Auswahl. Es werden drei Klassen (EFF1, EFF2, EFF3) unterschieden, wobei die hocheffizienten Motoren mit der Wirkungsgradklasse EFF 1 gekennzeichnet und bevorzugt einzusetzen sind. Solche Motoren empfehlen sich auch wegen ihrer geringen Geräusch-Emissionen: Das Motorengeräusch (und damit ein großer Teil des Pumpengeräusches überhaupt) wird nämlich hauptsächlich durch den Motorlüfter verursacht. EFF1-Motoren benötigen aufgrund des höheren Wirkungsgrades und der deutlich geringeren Abgabe von Verlustwärme weniger Luft zur Kühlung, so dass sie meist mit kleineren und damit leiseren Lüftern auskommen. Die geringere Wärmeabgabe schont zudem die isolierten Kupferdrähte der Statorwicklung und verlängert deren Lebensdauer. Eine niedrige Betriebstemperatur erhöht darüber hinaus die Lebensdauer der Motor-Lager (die Standzeit der Lagerschmierung ist stark temperaturabhängig). Man sieht: Maßnahmen zur Energieeffizienz wirken sich sogar positiv auf die Verfügbarkeit eines Pumpen- oder Kompressorensystems aus!

len. Auch der Markteintritt branchenfremder Unternehmen mit speziellen Diagnosesystemen für Pumpen zeigt, welches Marktpotenzial dahinter vermutet wird. Diese Systeme verarbeiten Signale von Schwingungs-, Druck-, Temperatur- oder Motorstromsensoren zu Informationen über den aktuellen Zustand der Pumpe und über die vorliegenden Prozessbedingungen. Mit keinem der auf dem Markt bereits existierenden Diagnosesysteme ist jedoch eine Prognose der Restlebensdauer von kritischen Komponenten möglich. In diesem Punkt stoßen die verfügbaren Systeme und damit die vorausschauende Instandhaltung an ihre Grenzen. Hier setzt das Projekt ReMain an, das die Möglichkeiten zur Prognose der Restlebensdauer einer Pumpe untersucht. Dazu werden 100 Pumpen in der Produktion von Evonik Stockhausen mit einem speziellen Sensor-Set ausgerüstet, Daten und Beobachtungen gesammelt und ausgewertet.

Denn Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung von ReMain ist eine gute Datenbasis, die eine Ableitung von Modellen ermöglicht. Die Prognosemodelle für die Ausfallursachen werden mit physi-

kalischem Wissen aufgestellt und anschließend mit den gewonnenen Daten aus Feldversuchen empirisch und iterativ optimiert. Zusätzlich werden einzelne Ausfallmechanismen durch Zeitrasterversuche auf Prüfständen simuliert, um charakteristische Verschleißmuster zu identifizieren. Schließlich werden diese Modelle zu einem Verfahren unter Berücksichtigung von gegenseitigen Beeinflussungen kombiniert. Letzter Schritt: Das gewonnene Verfahren zur Online-Nutzung wird beim Instandhalter implementiert und im Realbetrieb validiert. Gleichzeitig erfolgt eine Abstimmung der Instandhaltungsprozesse auf das neue Prognosewerkzeug und eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit. Das Potenzial ist enorm:

- Allein der Verzicht auf redundante Pumpen in der chemischen Industrie in Deutschland bedeutet eine Investitionseinsparung in Höhe von jährlich 9%, entsprechend 500 Millionen Euro.

- Vermeidung von 25% der Ausfälle. Das bedeutet eine jährliche Einsparung von über 16 Millionen Euro allein bei den 100.000 Pumpen des erweiterten Arbeitskreises von ReMain (zuzüglich der anlagenspezifisch zu beziffernden Produktionsausfallkosten!).

- Vermeidung von Umweltbelastungen durch Reinigung, Entsorgung und Freisetzung von Medien bei Havarien.

Energieeffizienz: Kapitalrenditen bis zu 50%

Das Anpassen an die momentan benötigte Pumpenleistung erfolgt in bestehenden Pumpensystemen oft noch mit Hilfe konventioneller Stellmethoden wie Drosselventilen oder Bypassleitungen, was teilweise zu sehr hohen Energieverlusten führt. Kein Wunder, benötigt doch ein drosselgeregeltes Pumpensystem bei einer Fördermenge von 60% der Nennfördermenge immer noch 90% der elektrischen Nennleistung. Bei gleicher Fördermenge von 60% senkt eine drehzahlgeregelte Pumpe den Strom-

Picture: Kaeser



Compressed air management systems deliver unrivalled compressed air availability and system efficiency.

Druckluft-Management-Systeme koordinieren den Betrieb einer Druckluftstation optimal und machen ihn transparent.

important role in the exploitation of regenerative energy. Bio (natural) gas fermentation, which produces carbon dioxide, water and hydrogen sulphide, creates different problems. Especially the hydrogen sulphide in biogas increases compressor wear.

As is the case with pumps, energy and cost efficiency during day-to-day operation are a major issue on compressed air systems, and users still have huge opportunities to save money. Experts argue that the best way for users to reduce the cost of compressed air is to install compressors with speed control along with compressed air management systems which control multiple compressors based on pre-defined energy-saving parameters. Nearly all of the major compressor suppliers have this type of system in their product portfolio.

A reduction in leakage rates offers another opportunity to reduce energy consumption on compressed air systems. Condition monitoring on compressed air networks and new types of sensors can help keep leakage problems to a minimum. Another option is to reduce the pressure in the network and eliminate unnecessary reserves.

The list of product highlights includes screw compressors which consume less energy to deliver a higher volume of air and new compressors with air cooling (which is up to 60% cheaper than water cooling).

verbrauch auf unter 30%! Zudem verlängert die energieeffiziente Regelung von Pumpensystemen auch deren Lebensdauer: Durch das stets niedrige Drehzahlniveau im Teillastbetrieb werden mechanische Komponenten wie Welle, Lager und Dichtungen weniger beansprucht. Und: Frequenzumrichter starten und stoppen sanft. Damit wird der gesamte Antriebsstrang geschont und das Pumpensystem mechanisch geringer beansprucht. Da bei energieoptimierten Pumpensystemen weniger Verschleißteile erneuert werden müssen, verlängern sich die Intervalle zwischen den Instandhaltungsarbeiten. Damit sinken nicht nur die Energiekosten, sondern auch die Aufwendungen für die Instandhaltung gehen zurück.

Die Kampagne „Energieeffiziente Systeme in Industrie und Gewerbe“ unterstützt beratungswillige Unternehmen mit konkreten Vor-Ort-Analysen. Mehr als 50 Unternehmen, u.a. aus der Chemie- und Pharmaindustrie, haben auf der Basis eingehender Expertenberatungen ihre Pumpensysteme energetisch optimiert – häufig mit erstaunlichen Ergebnissen. Demnach erreichen energieeffiziente Pumpensysteme Kapitalrenditen bis zu 50%. Die Ergebnisse zeigen damit, dass sich eine Energieeffizienzsteigerung sowohl für kleine und mittlere, als auch für große Unternehmen wirtschaftlich auszahlt – und das branchenunabhängig.

Picture: Burgmann



Researchers in the industrial and academic communities are investing a lot of effort in the development of intelligent pump diagnostic systems (the picture shows a diagnosis system that enables the continuous monitoring of mechanical seals).

Fittings: Safety Integrity Levels (SIL)

Computational Fluid Dynamics as tool for faster and integrated facility design, integration of all plant components in automatic control and regulating systems, the choice of components on the basis of life-cycle costs: the trends of plant engineering do not fail to excite fittings. But they make high demands on the planners and deciders, because a lot of parameters, e.g. the life-cycle costs, depend on the application of the fittings in the overall context of the plant. It is similar with the heavily debated safety standards for fittings. IEC/DIN EN 61508 (Functional Safety of electrical/electronic/programmable safety-related systems) is the main international normative standard for safety systems. This "functional safety" standard defines four levels of safety performance called Safety Integrity Levels (SIL 1-4). An SIL level is assigned to the equipment (e.g. sensors, controllers, etc.) based on criteria which are laid down in the standard.

Equipment manufacturers have been grappling with this issue for some time. Manufacturers, users and "notified bodies" still have some unanswered questions about the relevance of this international safety scheme to fittings and fitting drive systems. Because the failure rate depends strongly on the concrete application, it is not sufficient to determine characteristic key performance indicators for the isolated equipment. Given the level of uncertainty on the applicability of the standard to fittings and fitting drive systems, the Fittings Trade Association at the VDMA in November 2008 published guidelines on how to apply the standard. Besides assistance with the scope of DIN EN 61508 the guideline also contains tips for determination of characteristic key performance indicators of fittings.

Summary: Because energy prices continue to increase, installation of state-of-the-art motors and electronic drive control for the entire range of rotating equipment (pumps, compressors, fans, etc.) is an investment that produces an attractive return. Users are keenly interested in early fault detection systems and predictive systems which provide information on remaining life. Pump and compressor manufacturers are not the only companies which will be showcasing new solutions for these applications at AICHEMA 2009. Users are looking for ways to cut energy costs and increase availability, and other suppliers are now also becoming active in this lucrative market. ■

Die Entwicklung von intelligenten Diagnosesystemen für Pumpen ist ein zentraler Gegenstand der Forschung in der Industrie und den Hochschulen (das Bild zeigt ein Diagnosesystem, das Gleitringdichtungen kontinuierlich überwacht).

Neue Technologien fordern Kompressorenhersteller

Die Kompressoren-Industrie steht einer Reihe von anwendungstechnischen Herausforderungen gegenüber. Im Bereich der Stromerzeugung aus fossilen Rohstoffen gibt es beispielsweise noch ungelöste Fragen hinsichtlich des Einsatzes von Kompressoren bei der Abspaltung von Kohlendioxid. Auch bei der Entwicklung von Verfahren zur Nutzung regenerativer Energien spielen Kompressoren oder Vakuumpumpen eine immer größere Rolle. Eine Herausforderung für die Kompressoren-Industrie ist die Fermentierung von Bio(Erd)gas, wobei Kohlendioxid, Wasser und Schwefelwasserstoff entstehen. Speziell durch den Schwefelwasserstoff im Biogas kommt es zu einem stärkeren Verschleiß der hier eingesetzten Kompressoren.

Wie bei Pumpen gilt: Fragen der Energie- und Kosteneffizienz beim Betrieb von Druckluftanlagen sind ein Dauerbrenner, dem Anwender bieten sich hier noch immer gewaltige Einsparpotenziale. Das weitaus größte Potenzial, Druckluftkosten zu senken, sehen Fachleute darin, drehzahlregelte Kompressoren einzusetzen und Druckluft-Management-Systeme zu installieren, die mehrere Kompressoren nach vorgegebenen Stromsparvorgaben regeln. Solche Systeme haben nahezu alle bedeutenden Kompressoren-Anbieter im Programm.

Eine weitere Möglichkeit des Energiesparens bei der Druckluftversorgung betrifft das Aufspüren von Leckagen, was heute auch im Sinne des Condition Monitoring von Druckluftnetzen erfolgt und mit neuartigen Sensoren umgesetzt werden kann. Dabei kann es sich außerdem lohnen, den Druck im Netz abzusenken und auf unnötige Reserven zu verzichten.

Produkt-Highlights sind beispielsweise Schraubenkompressoren mit reduzierter Leistungsaufnahme bei gesteigerter Druckluftmenge sowie neue Kompressoren mit bis zu 60 Prozent preiswerterer Luftkühlung anstatt Wasserkühlung.

Armaturen: Safety Integrity Levels (SIL)

Vor allem mit dem Standard IEC/DIN EN 61508 (Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/programmierbarer elektronischer Systeme) werden die Anforderungen an Sicherheitssysteme international definiert. In diesem Regelwerk für „Funktionale Sicherheit“ sind die Anforderungen in Safety Integrity Levels (Sicherheitsstufen 1-4) eingeteilt. Geräte (beispielsweise Sensoren oder Steuerungen) erhalten in diesem Zusammenhang gemäß der einschlägigen Normen eine entsprechende SIL-Einstufung. Das Thema beschäftigt auch die Armaturenindustrie seit geraumer Zeit. Dabei wird deutlich, dass unter Herstellern, aber auch Anlagenbetreibern sowie den so genannten Benannten Stellen noch einige Unklarheiten hinsichtlich der Relevanz dieses internationalen Sicherheitschemas für Armaturen und Armaturentriebe herrschen. Vor dem Hintergrund der Unsicherheit zur konkreten Betroffenheit der Armaturen- und Armaturentriebsbauarten erarbeitet der VDMA Fachverband Armaturen einen Leitfaden zum Anwendungsbereich dieses technischen Standards.

Fazit: Weil Energie immer teurer wird, ist die Installation moderner Motoren und elektronischer Antriebsregelungen für das gesamte Rotating Equipment im Unternehmen (Pumpen, Kompressoren, Lüfter usw.) eine Investition mit attraktiven Kapitalrenditen. Technologien zur Störungsfrüherkennung wie auch zur Prognose der Restlebensdauer sind für den Betreiber von höchstem Interesse. Auf der AICHEMA 2009 bieten nicht nur die Pumpen- und Kompressorenhersteller dafür interessante Entwicklungen an. Das Geschäft mit der Energieeffizienz und Verfügbarkeit ist auch für andere Anbieter ein attraktiver Markt. ■