

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Messung und Beurteilung mechanischer
Schwingungen von Schraubenverdichtern und
Rootsgebläsen

VDI 3836

Ergänzung von DIN ISO 10816-3

Measurement and evaluation of mechanical
vibration of screw-type compressors and
Roots blowers

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Addition to DIN ISO 10816-3

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Messungen	5	2 Measurements	5
2.1 Messgrößen und Messbereiche	5	2.1 Measurands and measurement ranges.....	5
2.2 Messeinrichtung	6	2.2 Measurement device	6
2.3 Messorte und Messrichtungen	7	2.3 Measuring positions and directions	7
2.4 Montage und Ankopplung der Aufnehmer.....	8	2.4 Installation and connection of transducers	8
2.5 Kontinuierliche und intermittierende Schwingungsüberwachung.....	8	2.5 Continuous and intermittent vibration monitoring	8
2.6 Betriebsbedingungen.....	9	2.6 Operating conditions.....	9
3 Kriterien für die Beurteilung	11	3 Assessment criteria	11
4 Bewertung	12	4 Evaluation	12
4.1 Kriterium I – Schwingungsgröße	12	4.1 Criterion I – Magnitude of vibration.....	12
4.2 Kriterium II – Änderung der Schwingungsgröße	15	4.2 Criterion II – Change in the vibration quantity	15
5 Grenzwerte für den Betrieb	16	5 Limit values for operation	16
5.1 Festlegung der ALARM-Grenze.....	16	5.1 Definition of the ALARM limit.....	16
5.2 Festlegung der ABSCHALT-Grenze	17	5.2 Definition of the SWITCH-OFF limit	17
Anhang A Messorte und Messrichtungen – Beispiele für die Aufstellung	18	Annex A Measuring positions and measuring directions – examples of installation.....	18
Anhang B Übersicht über die wichtigsten Erregerfrequenzen eines Verdichters und deren Berechnung	21	Annex B Overview of the most important exciter frequencies of a compressor and their calculation.....	21
Anhang C Beispiel für die Festlegung der Frequenzbereiche A und B und die Interpretation von Messergebnissen.....	22	Annex C Example of definition of frequency ranges A and B and the interpretation of measurement results	22
Schrifttum	24	Bibliography	24

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Schwingungstechnik

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Die Richtlinie VDI 3836 ist das Ergebnis einer Gemeinschaftsarbeit des Ausschusses A 322/C 22 „Messung und Beurteilung der Schwingungen von Schraubenverdichtern“ im Fachbereich Schwingungstechnik.

Die allgemeinen Anforderungen für die Messung und Bewertung der Schwingungen an den nicht rotierenden Teilen von Maschinen werden in DIN ISO 10816-1 genannt. Auf dieser Norm basiert u.a. die DIN ISO 10816-3 für industrielle Maschinen aller Art mit Leistungen über 15 kW, wenn Messungen im Betriebszustand ausgeführt werden. Im Geltungsbereich der DIN ISO 10816-3 sind aber Schraubenverdichter und Rootsgebläse ausgeschlossen. Auch die bis 2004 erschienenen internationalen Normen (ISO oder API) können keine Kriterien für die Bewertung von Schwingungsmessungen an Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen im Betriebszustand liefern. Sie sind nur für Abnahmemessungen beim Hersteller anwendbar.

Die allgemeinen Anforderungen für die Messung und Bewertung der Schwingungen an den rotierenden Teilen von Maschinen werden in DIN ISO 7919-1 erläutert. Auf dieser Norm basiert u.a. die DIN ISO 7919-3 für industrielle Maschinen. Bei deren Bearbeitung konnten aber die speziellen Eigenheiten von Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen noch nicht berücksichtigt werden.

Es besteht daher aus der Sicht verschiedener europäischer Hersteller, Kunden und Betreiber von Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen sowie von Beratern und Serviceunternehmen ein Bedarf, Kriterien für die Beurteilung der Schwingungen von derartigen Maschinen verbindlich festzulegen. Das ist die wesentliche Aufgabe der Richtlinie VDI 3836.

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

The present guideline is the outcome of collaborative work carried out by Committee A 322/C 22 “Measurement and evaluation of the vibrations of screw compressors” in the Technical Division Vibration Technology.

The general requirements relating to the measurement and evaluation of vibrations in the non-rotating parts of machinery will be found in DIN ISO 10816-1. This standard is the foundation for, among other standards, DIN ISO 10816-3 for industrial machines of all types with nominal power above 15 kW when measured in situ. Screw compressors and Roots blowers are not, however, covered by the scope of application of DIN ISO 10816-3. Nor do those international standards (ISO or API) published up to 2004 provide any criteria for evaluating vibration measurements of screw compressors and Roots blowers in their operating states. They are applicable only to acceptance measurements conducted at the manufacturers.

The general requirements applicable to the measurement and evaluation of vibrations in the rotating parts of machinery are presented in DIN ISO 7919-1. This standard is the foundation for, among other standards, DIN ISO 7919-3 for industrial machines. However, it has not yet been possible to cover the special characteristics of screw compressors and Roots blowers when preparing these standards.

From the point of view of the various European manufacturers, customers and operators of screw compressors and Roots blowers as well as consultants and service companies a need therefore exists for defining mandatory criteria for the evaluation of vibrations in machines of this kind. This is the main task of guideline VDI 3836.

Ziel der Richtlinie

Die Richtlinie VDI 3836 gibt Hinweise zum Messen und Bewerten der Schwingungen von zweifeligen Drehkolbenverdichtern (Schraubenverdichter und Rootsgebläsen), im weiteren Text dieser Richtlinie allgemein als Verdichter bezeichnet, wenn Messungen an den nicht rotierenden und/oder den rotierenden Teilen derartiger Maschinen im Betriebszustand ausgeführt werden.

Ziel ist die Unterstützung in der Bewertung und die einheitliche Beurteilung von gemessenen Schwingungen an den Verdichterstufen dieser Maschinen. Die Ergebnisse der Messungen an der jeweiligen Verdichterstufe sollen Hinweise auf ein normales Verhalten oder – bei Überschreiten der festgelegten Richtwerte – auf mögliche Fehler oder Probleme der Verdichterstufe selbst oder der Maschine in Verbindung mit den Aufstellbedingungen geben.

Die in der Richtlinie VDI 3836 behandelten Verdichter sind als Folge der zyklischen Arbeitsweise der rotierenden Drehkolben in ihrem Schwingungsverhalten zwischen den Hubkolben- und Turboverdichtern einzuordnen. Sie verfügen nicht über oszillierende Massen, erzeugen aber einen mit der Ausstoßfrequenz pulsierenden Ausschub des Arbeitsfluids.

Während bei den trocken laufenden Verdichtern durch das Gleichlaufgetriebe die Haupt- und Nebenläufer berührungsfrei verdichten, befinden sich bei den ölüberfluteten Verdichtern Haupt- und Nebenläufer im Zahneingriff. Das hat die schwingungstechnische Besonderheit zur Folge, dass bei den ölüberfluteten Verdichtern die Zahneingriffsfrequenz der Rotoren den gleichen Zahlenwert hat wie die Ausstoßfrequenz. Diese Frequenz (Zahneingriffsfrequenz der Rotoren oder Ausstoßfrequenz) und ihre Harmonischen spielen bei der Schwingungsanregung dieser Maschinen eine entscheidende Rolle.

Ergänzende, allgemeine Hinweise zur Messung und Interpretation der Schwingungen von Maschinen aller Art finden sich in der Richtlinie VDI 3839 Blatt 1.

1 Anwendungsbereich

In der Richtlinie VDI 3836 werden Kriterien für die Bewertung der Schwingungen von Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen genannt, wenn Messungen an den nicht rotierenden und an den rotierenden Bauteilen von Maschinen am Aufstellungsort ausgeführt werden. Diese sind auch anwendbar bei Abnahmemessungen an Verdichterstufen auf Prüffeldern beim Hersteller.

Aim of the guideline

Guideline VDI 3836 provides information on measuring and evaluating the vibrations of twin-shaft rotary piston compressors (screw compressors and Roots blowers) – hereafter in this guideline referred to simply as compressors – when measurements are carried out at the non-rotating and/or the rotating parts of this kind of machine in its operating condition.

The guideline aims at providing support in the evaluation and uniform assessment of measured vibrations on the air ends of such machines. The results of measurements made at the air end in question should reveal whether the machine is behaving normally or – in the case of defined guideline values being exceeded – whether there are possible faults or problems in the air end itself or in the machine in combination with the installation conditions.

Due to the cyclic mode of operation of the rotating piston, the compressors covered by guideline VDI 3836 from the point of view of their oscillatory behaviour should be classified between reciprocating piston compressors and turbo compressors. Although these compressors have no oscillating masses, the working fluid as delivered still has pulsations corresponding to the output frequency.

While in the case of dry-running compressors their timing gears mean that the male and female rotors compress without contacting each other, with oil-flooded compressors there is meshing of the male and female rotors. The peculiar consequence of this from the vibration point of view is that with oil-flooded compressors the meshing frequency of the rotors has the same numerical value as the output frequency. This frequency (the meshing frequency of the rotors or the output frequency) and its harmonics play a decisive role in the excitation of vibrations in these machines.

Additional general information about the measurement and interpretation of the vibrations of machinery of all types will be found in guideline VDI 3839 Part 1.

1 Scope

Guideline VDI 3836 lays down criteria for the evaluation of vibrations in screw compressors and Roots blowers when measurements are taken at the non-rotating and rotating components of these machines in their place of installation. These criteria are also applicable to acceptance measurements of compressor stages carried out in the manufacturer's test facilities.

Grundsätzlich gilt die Richtlinie VDI 3836 für starr oder elastisch aufgestellte Verdichter mit Leistungen nach Tabelle 1 in Abschnitt 4.1.2), wenn der Antrieb über einen Elektromotor oder eine Dampfturbine erfolgt. Bei mehrstufigen Verdichtern in Kompaktbauweise sind die Bewertungskriterien auf jede der Stufen anzuwenden.

Für Maschinen kleinerer Leistung kann die Anwendung dieser Richtlinie zwischen Hersteller und Kunde vereinbart werden.

Die Richtlinie VDI 3836 gilt nicht für Verdichter mit Antrieb durch Verbrennungsmotoren. Die Bewertungskriterien der Richtlinie VDI 3836 gelten nicht für die Schwingungen der antreibenden Maschinen. Diese sind nach den hierfür geltenden Normen zu beurteilen.

Die Richtlinie VDI 3836 gilt für Messungen an den in Abschnitt 2.3 genannten Messorten an der Verdichterstufe selbst und unter Betriebsbedingungen, die in Abschnitt 2.6 erläutert sind. Bei Messungen an den nicht rotierenden Teilen ist die Bewertungsgröße der Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit in zwei Frequenzbereichen mit unterschiedlichen Obergrenzen.

Der Frequenzbereich A überdeckt alle wesentlichen mechanischen und strömungstechnischen Schwingungsanregungen. Im zusätzlichen Frequenzbereich B werden nur die Schwingungsanteile mit einfacher und doppelter Drehfrequenz der Rotoren erfasst, die üblicherweise von Unwuchten herrühren. Für beide Bereiche werden im Abschnitt 4 Beurteilungen genannt.

Wenn bei Verdichtern mit gleitgelagerten Rotoren die Rotorschwingungen relativ zu den Lagern gemessen werden, ist die Kenngröße der größte Wert der Schwingungsbreite (Spitze-Spitze-Wert $S_{(p-p)}$) des Schwingwegs.

Die im Abschnitt 4 genannten Beurteilungskriterien gelten nur für Schwingungen, die der Verdichter selbst erzeugt, nicht jedoch für Schwingungen, die von der antreibenden Maschine oder von externen Quellen auf den Verdichter übertragen werden.

Die im Abschnitt 4 genannten Beurteilungskriterien sind nicht geeignet, bei Verdichtern den Zustand von eingebauten Wälzlagern, Zahnradstufen und den Schraubeneingriff zu beurteilen. Hinweise zur Messung und Beurteilung des Körperschalls von Wälzlagern finden sich in der Richtlinie VDI 3832.

Die von dieser Richtlinie erfassten Maschinen werden in vier Gruppen eingeteilt:

As a basic rule, guideline VDI 3836 applies to rigidly or resiliently mounted compressors with outputs as shown in Table 1 of Section 4.1.2, when powered by an electric motor or a steam turbine. In the case of multiple-stage compressors of compact design the evaluation criteria should be applied to each of the stage air ends.

For less powerful machines, application of this guideline can be agreed on between the manufacturer and the customer.

Guideline VDI 3836 does not apply to compressors powered by internal combustion engines. The evaluation criteria presented in guideline VDI 3836 do not apply to the vibrations of the driving machines, which should be evaluated on the basis of the corresponding standards.

Guideline VDI 3836 applies to measurements made on the air ends itself at the measuring positions given in Section 2.3 and under the operating conditions explained in Section 2.6. In the case of measurements of non-rotating parts the evaluation variable is the root-mean-square value of the vibration velocity in two frequency ranges with different upper limits.

Frequency range A covers all major mechanical and flow-related vibration excitations. The additional frequency range B covers only those vibration components with single and doubled rotational frequency of the rotors which usually originate in imbalances. Assessments are given for both ranges in Section 4.

If, in the case of compressors with rotors running on sleeve bearings, the rotor vibrations relative to the bearings are measured, the characteristic variable will be the greatest value of the vibration amplitude (peak-to-peak value $S_{(p-p)}$) of the vibration displacement.

The assessment criteria mentioned in Section 4 only apply to such vibrations as the compressor generates itself and not to vibrations which are transmitted to the compressor from the driving machine or from external sources.

The assessment criteria mentioned in Section 4 are not suitable in the case of compressors for assessing the condition of built-in roller bearings, drive gears, or screw meshing. Information on measuring and assessing structure-borne sound of roller bearings may be found in guideline VDI 3832.

The machines forming the subject of this guideline are subdivided into four groups: