

Festigkeit von Ventilatorrädern

Definition - Prüfung – Berechnung

1. Einleitung – Allgemeines

Ventilatorräder sind technische Produkte, deren Funktionsfähigkeit und -tauglichkeit nicht nur von der durch uns gewährleisteten Qualität, sondern vor allem auch von der Einsatzart und den Einsatzbedingungen beim Kunden und dessen Abnehmern abhängt.

Eine festigkeitsmäßig richtige Konstruktion von Ventilatorrädern setzt die Kenntnis der Belastungsverhältnisse und der sich ergebenden Beanspruchungen an den Radkörper voraus. In der Praxis sind solche Informationen aufgrund der komplexen Betriebsverhältnissen meist selbst dem Kunden nicht bekannt. So ist eine anwendungsspezifische Auslegung bzw. Empfehlung von Rädern oftmals auch nur auf Annahmen angewiesen, die im statistischen Sinne für den relevanten Einsatz vorzunehmen ist, sofern keine besondere Vereinbarung zwischen dem Kunden und der Fa. Punker erfolgt. Die hierbei nicht definierbaren oder spezifizierbaren Einflüsse – insbesondere auf die Festigkeit der Räder – werden von uns statistisch durch einen Sicherheitsfaktor berücksichtigt.

Diese Überlegung gilt insbesondere für die Standardausführungen, die für unterschiedlichste Anwendungen nach Katalogangaben ausgelegt sind. **Um das Restrisiko zu minimieren ist vom Kunden ein Test unter realen Betriebsbedingungen durchzuführen. Wir weisen ausdrücklich auf die Notwendigkeit solcher Tests hin, um unsere Empfehlung zu verifizieren.**

2. Definition einer ausreichenden Festigkeit

Ein Ventilatorrad gilt als ausreichend dimensioniert, wenn es mit einer ausreichend hohen Wahrscheinlichkeit den unter Pkt. 3 aufgeführten Belastungsverhältnissen während der vorgesehenen Lebensdauer unter den uns bekannten Betriebsbedingungen und den unten angeführten Prüfbedingungen standhält.

3. Kräfte und Beanspruchungen

Die an den Radkörper einwirkenden Kräfte und Beanspruchungen lassen sich wie folgt nach Entstehung bzw. Ursache aufteilen:

3.1 Beim Transport und Einbau

- Erschütterungen und Stöße beim Transport
- Krafteinwirkung beim Einbau wie:
Aufschieben, Aufpressen, Auftreiben auf die Welle etc.

3.2 Im Betrieb durch:

- die Fliehkraft u. Druckkraft
- Ein- / Ausschalten bzw. Beschleunigung/
Verzögerung während des Anfahr-/Auslaufvorgangs
- anlagenseitige Erschütterungen und Stöße
- dynamische Schwingungen
- Temperatureinwirkung
- Fördermedium
- Korrosion und Verschleiß im Betrieb und Stillstand
- Restunwucht:
Anfangsunwucht des Rades und deren ev. Vergrößerung beim Einbau (passungsbedingte Unwucht) und im Laufe des Gebrauchs, z.B. Verzug durch Setzen des Materials und Temperatureinwirkung, Fremdkörperablagerung, Verschleiß etc. Aufgrund der sich u.U. ändernden Restunwucht im Betrieb ist eine regelmäßige Überprüfung und ggf. ein Nachwuchten des Rades erforderlich.
- Drehschwingungen im Betrieb durch Antrieb oder Resonanz
- Überlagerung der Eigenfrequenzen von anderen Anlagenteilen

Alle o. a. Kräfte sind grundsätzlich von instationärer und dynamischer Natur und lassen sich sehr schwer genau erfassen oder vorher berechnen. Ein wichtiger Hinweis auf erhöhte zusätzliche Belastung ist eine erhöhte Schwinggeschwindigkeit. Durch geeignete Maßnahmen ist sicher zustellen, daß die zusätzlichen Belastungen so gering wie möglich gehalten werden.

4. Prüfmethode und Festigkeitsstudie

Die Punker Laufräder des Standardprogramms werden experimentell mittels so genannten Schleudertests in Kombination mit einem Beschleunigungstest auf die Radfestigkeit geprüft. Hierbei handelt es sich um einen Versuch, in dem das Laufrad auf einer Welle aufgespannt wird und bei konstanter Drehzahl (unter Einwirkung der Fliehkraft) läuft. Die von der Drehzahl abhängige Verformung wird dann gemessen. Ergänzend hierzu wird – je nach Radgröße – der Prüfling auf einer Sondermaschine einem wechselnden Belastungsvorgang zwischen Beschleunigung und Verzögerung für bestimmte Zeit ausgesetzt.

Basierend auf diesen Testergebnissen wird dann die so genannte kritische Drehzahl $n_{0,5}$ ermittelt, bei der sich das Rad an irgendeiner Stelle um maximal 0,5 mm plastisch verformt hat. Es handelt sich hierbei um ein von der Radgröße bzw. Geometrie unabhängiges Verformungsmaß. Aus dieser kritischen Drehzahl $n_{0,5}$ ergibt sich unter Einbeziehung eines Sicherheitsfaktors die maximale zulässige Drehzahl, die im Katalog angegeben worden ist.

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die maximal zulässige Drehzahl eines Ventilatorrades im Katalog einen Wert für einen „normalen“ allgemeinen gehaltenen Betrieb im statistischen Sinne darstellt, wobei die Unsicherheiten bzw. unbekannte Zusatzbelastungen im einzelnen Einsatz durch den Sicherheitsfaktor berücksichtigt worden sind.

Für Anwendungen, bei denen besondere extreme Lastverhältnisse wie z.B. im Schienenfahrzeug etc. vorliegen, ist die Katalogangabe kritisch zu überprüfen. Diese Prüfung gilt auch für Anwendungen, wofür besondere Normen oder Richtlinien gelten wie z.B. Ventilatoren mit Explosionsschutz gemäß CEN TC 305 bzw. VDMA 24169 oder Brandschutzventilatoren gemäß EN 12101-3. Meist bedarf es einer speziellen aufwendigen Studie bzgl. Betriebsfestigkeit, um eine gesicherte Aussage zu treffen. PUNKER ist gerne bereit, nach separater Vereinbarung und Kostenklärung solche kundenspezifischen Untersuchungen durchzuführen bzw. durchführen zu lassen.

Begleitet werden kann der o.a. Prozess zusätzlich mit einer numerischen Simulation/Berechnung in Form einer Finiten – Elementmethode (FEM), die einen Einblick in das Verformungs- bzw. Spannungsfeld des Rades unter den angenommenen Einsatzbedingungen ermöglichen.

Weitere Informationen allgemeiner Art siehe Blatt 0.0.0.01 – Allgemeine technische Informationen.