

Feststofftransport

Vorhaben FLT Nr. L219

Feststofftransport in Radialventilatoren - Regelungskonzepte zur Minderung von Verschleiß

Abschlussbericht

Kurzfassung:

Im Labor für Strömungsmaschinen und Fluidodynamik der Hochschule Ostwestfalen-Lippe wurden im Auftrag der FLT e.V. systematische Verschleißortbestimmungen an einer Radiallaufradgeometrie bei der Förderung von feststoffbeladener Luft durchgeführt.

Ungeordnete, komplexe Strömungsverhältnisse im Radiallaufrad, wie sie insbesondere bei vom Optimalpunkt abweichenden Ventilatorbetriebsbedingungen oder bei strömungsmechanisch ungünstiger Zuströmung auftreten, führen in der industriellen Praxis zu unzureichend prognostizierbarem Verschleiß. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde das Ziel verfolgt, der Ventilatorenindustrie zuverlässigere Anhaltspunkte zur tendenziellen Verschleißortvorhersage zur Verfügung zu stellen.

Gemäß der Antragszielsetzung wurden insgesamt 48 experimentelle Versuchsdurchläufe an 2 Versuchsstandsvarianten durchgeführt. Zum Erhalt praxisnaher Zuströmbedingungen wurden 26 Untersuchungen bei Verwendung einer Jalousieklappeneinheit in Verbindung mit Ansaugkasten und 22 Durchläufe bei axialer Zuströmung über oder ohne einen Drallregler vorgenommen.

Bei den 48 Prüfstandsuntersuchungen wurden folgende Parameter hinsichtlich ihres Verschleißorteinflusses untersucht:

- Prüfstandseinfluss (radiale Zuströmung über Jalousieklappe mit Ansaugkasten, axiale Zuströmung über oder ohne Drallregler)
- Klappenanstellwinkel des jeweiligen Regelorgans (0° , 15° , 30°)
- Korngrößeneinfluss (3 Quarzmehlfractionen: mittlere Korngrößen 22, 40, $90\mu\text{m}$)
- Fördergutmassenstrom (35, 70 kg/h; max. Beladung $\mu=0,0093$ bzw. $11,2\text{ g/m}^3$)
- Betriebspunkteinfluss ($0,8 \varphi_{\text{opt}}$, φ_{opt} , $1,2 \varphi_{\text{opt}}$)
- Drehzahleinfluss (1798, 2500, 3000 U/min)

Zu Beginn des Forschungsvorhabens war beabsichtigt, die Laufradgeometrie mit 5 unterschiedlichen Farbschichten zu beaufschlagen, die jeweils eine Dicke von $40\mu\text{m}$ aufweisen. Zusätzlich zur Verschleißortbestimmung könnten somit auch qualitative Aussagen zur Verschleißintensität gemacht werden. Während des Vorhabens zeigte sich jedoch, dass die geforderten Lackschichtdicken unter ventilatorindustrietypischen Lackierbedingungen nicht eingehalten werden konnten und demzufolge eingehendere Intensitätsbetrachtungen als kritisch zu bewerten sind.

Allgemein konnte festgestellt werden, dass bei den untersuchten Konfigurationen die verschleißgefährdetsten Bereiche im *Radscheibengebiet unterhalb der Schaufeleintrittskante* und im *Ein- und Austrittsbereich der Schaufeldruckseite in Radscheibennähe* liegen.

Für den *mittleren Radscheibenbereich* - zwischen Nabe und Schaufelkanten - und die *Schaufelsaugkante* zeigen sich die Luft- bzw. Partikelgeschwindigkeit in Verbindung mit der Partikelgröße/-masse als die entscheidenden Einflussgrößen. Je größer die genannten Faktoren ausfallen, desto größer und intensiver ist der Verschleißbereich.

Bei der Auswertung der *Schaufeldruckseite* wird deutlich, dass die axiale und radiale Verschleißortlage von unterschiedlichen Einflussgrößen abhängig sind. Die axiale Verschleißortausdehnung hängt - analog dem *mittleren Radscheibenbereich* - maßgeblich von Korngröße/-masse und -geschwindigkeit bzw. Luftgeschwindigkeit ab. Je größer die Parameter ausfallen, desto breiter ist der Verschleißort. Für die radiale Verschleißortausdehnung sind erneut die zuvor genannten Faktoren entscheidend. Hinzu kommen weitere „partikelbahnstreckende“ Einflüsse. Diese können durch erhöhte Luftgeschwindigkeit, Überlastbetrieb oder Erzeugung eines Mitdralls hervorgerufen werden.

Die Verschleißortform der *Radscheibe im Schaufelkanal* unterliegt den gleichen Einflussgrößen, wie sie bei der radialen Verschleißortausdehnung für die *Schaufeldruckseite* genannt wurden.

Tiefgehendere Aussagen hinsichtlich der physikalischen Hintergründe zur Entstehung der Verschleißorte und des quantitativen Einflusses einzelner Parameter können bei alleiniger Betrachtung der Verschleißfotos nicht gemacht werden.

Zusätzlich zur Verschleißortdokumentation wurden der Vollständigkeit halber auch Anbackungsercheinungen auf den Schaufelrückseiten fotografiert und in Kurzform ausgewertet.

Ergänzend zu den Prüfstandsuntersuchungen wurden numerische Berechnungen mittels der kommerziellen Software ANSYS CFX 11.0 durchgeführt.

Vom stark vereinfachten System, wie es zu Beginn des Forschungsvorhabens im Rahmen einer stichprobenartigen Parameterstudie angedacht war, musste auf das komplexere Gesamtsystem, bestehend aus Einlaufdüse, Radiallaufrad und Gehäuse, übergegangen werden. Während der Forschungsaktivitäten stellte sich heraus, dass das vereinfachte Modell die Physik nicht hinreichend genau wiedergibt. Entscheidende stromlinienbeeinflussende Größen, wie z.B. die Spaltströmung an der Einlaufdüse, bleiben vollkommen unberücksichtigt.

Der erhöhte Modellierungs- und der damit verbundene weitaus größere Rechenaufwand ließen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nur Einzelfall-CFD-Untersuchungen zu.

Die numerischen Berechnungen wurden transient unter Vorgabe der experimentellen Randbedingungen durchgeführt. Zur Visualisierung der Verschleißorte wurde auf ein CFX-implementiertes Erosionsmodell von Tabakhoff und Grant zurückgegriffen. Die Darstellungsvariante erlaubt neben der Verschleißortbestimmung auch eine Bewertung der Verschleißintensität.

Die stichprobenartigen CFD-Berechnungen konnten mittels der Prüfstandsverschleißfotos in erster Näherung validiert werden. Sollten weitere Validierungsuntersuchungen die Allgemeingültigkeit der CFD-Berechnungen bestätigen, so ist die Numerik zukünftig als Mittel erster Wahl anzusehen. Anhand von weiteren Strömungssimulationen können konkrete Aussagen zur Verschleißortentstehung und zum quantitativen Einfluss der entscheidenden Parameter, wie z.B. der Luftgeschwindigkeit, gemacht werden.

Abschließend wurde gemäß Antragszielsetzung eine Klassifizierung branchentypischer, sekundärer Verschleißschutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer allgemeingültigen Anwendung und ihrer technisch-wirtschaftlichen Gegebenheiten vorgenommen.

Die Vorgaben des Forschungsvorhabens wurden in der vorstehenden Weise abgearbeitet. Das Ziel des Vorhabens wurde somit erreicht.

Berichtsumfang:	141 Seiten, 101 Bilder
Veröffentl. Datum:	März 2009
Zuschussgeber:	Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi).
Forschungsstelle:	Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Projektleiter:	Prof. Dr.-Ing. T. Gikadi
Bearbeiter und Verfasser:	Dipl.-Ing. S. Gerke, Prof. Dr.-Ing. T. Gikadi
Deskriptoren:	Feststofftransport, Verschleiß, Regelung, Radialventilator
Forschungsvereinigung für Luft- und Trocknungstechnik e.V. (FLT), Frankfurt/M.	

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Prof. Dr.-Ing. Theofani Gikadi

Abschlussbericht zum
Forschungsvorhaben FLT Nr.: 622190
Kennwort: „Feststofftransport“

Feststofftransport in Radialventilatoren
-
Regelungskonzepte zur Minderung von Verschleiß

der

Forschungsvereinigung für Luft- und Trocknungstechnik e.V.

von

Dipl.-Ing. S. Gerke (HS OWL)
Prof. Dr.-Ing. T. Gikadi (HS OWL)

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Fachbereich 6

Danksagung

Das Forschungsvorhaben (AiF-FV-Nr. 14872 N/1) wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert. Dem BMWi und der AiF wird für die fachliche und finanzielle Unterstützung vielmals gedankt.

Weiterer Dank gilt den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses für ihre Mitarbeit, ihre Kooperationsbereitschaft und Unterstützung des Forschungsprojekts. Für fachliche Anregungen, die Bereitstellung von Prüfkörpern und anderen Sachleistungen sei den Industriepartnern – Dipl.-Ing. Chr. Pohl der Fa. Polirich Ventilatoren GmbH, Dipl.-Ing. Chr. Rohdich der Fa. Konrad Reitz Ventilatoren GmbH & Co KG und Dr.-Ing. P. Hermerath der Fa. Piller Industrieventilatoren GmbH - in besonderem Maße gedankt.

Ferner wird der Hochschule Ostwestfalen-Lippe für ihre Offenheit gegenüber Forschungsaktivitäten an Fachhochschulen gedankt.

Ein besonderer Dank geht an die Mitarbeiter des Labors für Strömungsmaschinen und Fluidodynamik der Hochschule Ostwestfalen-Lippe, die allzeit helfend zur Seite standen.

Abschließend sei allen gedankt, die durch ihr Zutun zum Gelingen des Forschungsvorhabens beigetragen haben.

Lemgo, im März 2009