

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,  
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,  
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,  
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005  
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau  
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel  
Dipl.-Ing. Helge Drumm  
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau  
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.  
Werner-von-Siemens-Str. 16  
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)  
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Z. Hussien / Ch. Karcher

## **Entwicklung eines Wärmetauschers für Lacktrockenofen**

### **Abstrakt**

**Es wird eine theoretische Analyse vorgestellt, deren Ziel die Wärmerückgewinnung in Lacktrockenöfen ist. Der zu diesem Zweck zu entwickelnde Wärmetauscher muss dafür ausgelegt sein, trotz Beladung der Abluft mit Partikeln und Dämpfen wartungsfrei zu arbeiten. Es werden Methoden vorgestellt, welche eine Versottung der Strömungskanäle des Tauschers minimieren bzw. gänzlich verhindern. Neben einem Betrieb des Wärmetauschers im voll turbulenten Strömungsregime bietet sich auch eine spezielle Beschichtung der Wärmeaustauschflächen mit Schmutz abweisenden Materialien an.**

### **Motivation**

In der Lackier- und Kunststofftechnik gehen heute sehr große Energiemengen verloren. Beispielsweise wird bei Trockenschränken bzw. Trocknungsöfen die heiße Luft direkt abgeführt, da sie durch die beim Trockenvorgang freigesetzten flüchtigen Stoffe kontaminiert ist. Das Ziel der Untersuchungen ist, diese Wärmeverluste durch die Integration von kleinen Wärmetauschern in den Prozess zu vermeiden. Der Wärmetauscher entzieht der heißen Abluft die Restwärme, die dann als Prozesswärme zur Verfügung steht. Bei großvolumigen Prozesstechniken werden heute entsprechende Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung bereits erfolgreich eingesetzt. Für klein- bis mittelvolumige Chargen jedoch verhindert bisher der sehr hohe Wartungsaufwand für die Wärmetauscher einen erfolgreichen Einsatz. Konventionelle Wärmetauscher, die von einer mit chemisch aggressiven oder reaktiven Partikeln beladenen Warmluft durchströmt werden, versotten häufig und müssen schon nach einigen Tagen aufwändig gereinigt werden. Die Untersuchungen haben zum Ziel, einen Wärmetauscher für kleinvolumige Trockenschränke zu entwickeln, der für den Langzeitbetrieb geeignet ist. Die Anforderungen an diesen neuartigen Wärmetauscher sind, dass er idealer Weise wartungsfrei arbeitet oder zumindest mit geringem Aufwand in Abständen von ca. 6 Monaten zu reinigen ist. Basierend auf den physikalischen Grundlagen von turbulenten Partikelgrenzschichtströmungen werden strömungstechnische, konstruktive und werkstofftechnische Maßnahmen untersucht, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

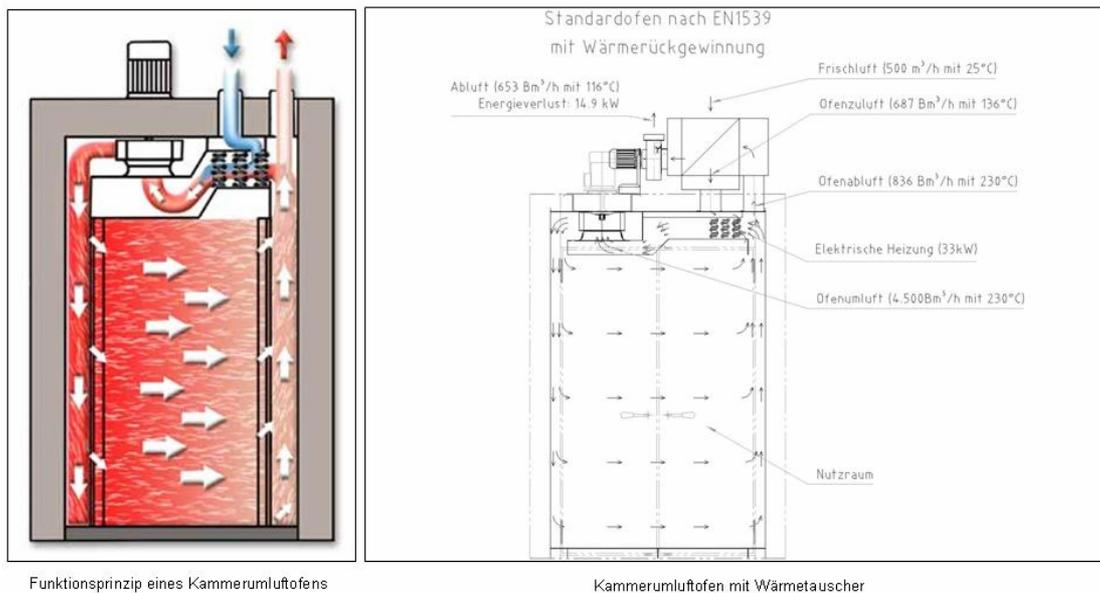
### **Kurzbeschreibung des Funktionsprinzips**

Im Folgenden wird das Funktionsprinzip des Lacktrockenofens stichpunktartig beschrieben:

- Der Umluftventilator wird eingeschaltet und versetzt die Luft in eine Umwälzbewegung.
- Der Umluftüberwachungssensor gibt das Signal zum Einschalten des Heizregisters.
- Der Luftstrom wird durch die heißen Austauschoberflächen des Heizregisters erwärmt, bis Betriebstemperatur erreicht ist.
- Der Umluftventilator sorgt für eine homogene Temperatur der Heißluft.
- Die Heißluft erwärmt das Trocknungsgut auf eine konstante Temperatur.
- Während der Trocknung lösen sich im vorhandenen Lack Partikel und Dämpfe.
- Ein Teil der Luft wird als Abluft ausgeblasen und durch Frischluft ersetzt.
- Das Heizregister bringt das Luftgemisch wieder auf Betriebstemperatur.
- Der Prozess läuft zyklisch bis Ende der Trocknung.

## Problemanalyse

Durch Adhäsion werden die Schmutzpartikel (Silikone, Lacke, Sintermaterialien, usw.) zur Austauschoberfläche gezogen. Diese Partikel setzen im Laufe der Zeit die Oberflächen zu. Ziel ist es, eine geeignete Stoffpaarung von Partikel- und Oberflächenmaterial zu finden, bei der die van der Waals-Kräfte eine Abstoßwirkung haben. Eine weitere Maßnahme zur Vermeidung der Partikelabscheidung ist, den Wärmetauscher im voll turbulenten Strömungsbetrieb mit  $Re > 4000$  zu betreiben. Bei hohem Turbulenzgrad verringert sich zum einen die Verweilzeit der Partikel im Wärmetauscher. Zum Anderen blockiert die Ausbildung einer laminaren Unterschicht die Annäherung der Partikel an die Austauschflächen. Dieser Effekt wird durch begleitende numerische Rechnungen mit dem Programmpaket FLUENT bestätigt.



## Zusammenfassung

Durch die Erhöhung des Turbulenzgrads in den Strömungskanälen des Wärmetauschers und durch die Verwendung von speziellen Beschichtungsmaterialien können Abstoßkräfte zwischen Wand und Partikeln generiert werden. Dadurch kann das Verkrusten der Wärmetauscheroberflächen durch Abscheidung von Schmutz- und Schadstoffpartikel deutlich verringert werden. Zur Verifikation dieser theoretischen Ergebnisse wird ein entsprechendes Modellexperiment aufgebaut. Die Messergebnisse können direkt mit den theoretischen Vorhersagen der Problemanalyse und den numerischen Rechnungen verglichen werden.

Danksagung: Diese Arbeit wurde gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und von ELIOG kelvitherm Industrieofenbau GmbH Römhild.

### Literatur:

- [1] Fouling of heat exchangers / T. R. Bott, Theodore Reginald \*1927-\* Amsterdam [u.a.] : Elsevier, 1995, ISBN: 0-444-82186-4
- [2] Coatings technology handbook / ed. by D. Satas; Arthur A. TractonSatas, Donatas ; Tracton, Arthur A.2. ed., rev. and expanded, ISBN: 0-8247-0439-8
- [3] Die Kunststoffgruppe der Silikone / G. Kruse, Gertrud, 2. Aufl., Magazin
- [4] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, New York (2001).

### Autoren:

Dipl.- Ing. Zaki Hussien, Priv.-Doz. Dr.- Ing. habil Ch. Karcher  
TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidynamik  
PF 100565, 98693, Ilmenau  
Tel.: ++49 (0) 3677 / 69-3899, Fax: ++49 (0) 3677 / 69-1281  
E-mail: zaki.hussien@tu-ilmenau.de