

Schraubenmaschinen Nr. 6/1998

## **Strömung, Simulation und Dynamik**

Prof. Dr.-Ing. Knut Kauder

---

Inhalt

Gasspaltströmungen in Schraubenspindel-Vakuumpumpen .....	2
Gasspaltströmungen in einem ebenen Schraubenmaschinenmodell - Teil 2 .....	3
Zweiphasen-Schraubenmotor - Probleme des Füllungsvorganges .....	4
Öl als Konstruktionselement in Schraubenmaschinen - Einsatz nicht newtonscher Öle - Teil 1 .....	5
Die experimentelle Bestimmung der dynamischen Eigenschaften von Schraubenkompressoren .....	7
Die Heißgasschraubenmaschine - Simulationsgestützte Auslegung, Teil 3 .....	9
Anhang .....	11

You will find the English title and abstract below the respective German section.

ISSN 0945-1870

# Gasspaltströmungen in Schraubenspindel-Vakuumpumpen

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dr.-Ing. D. Wenderott

erschienen: 1998

in: Schraubenmaschinen Nr.6, ISSN 0945-1870,  
Universitätsdruckerei Dortmund

Zusammenfassung: Die Schriftenreihe "Schraubenmaschinen" behandelt erstmals das Thema "Schraubenspindel-Vakuumpumpe". Aus diesem Grund stellt der vorliegende Beitrag den Maschinentyp Schraubenspindel-Vakuumpumpe vor, grenzt ihn zur bekannteren Schraubenmaschine ab und ordnet ihn in der Schnittmenge aus Vakuumtechnik, charakteristischer Maschinengeometrie und der Simulation ein. Auf den vakuumtechnischen und strömungstechnischen Grundlagen sowie geometrischen Betrachtungen basieren die genannten Überlegungen zur Auswahl geeigneter Strömungsmodelle.

Title: **Gas flow through the clearances of screw spindle vacuum pumps**

Abstract: The documentation "Schraubenmaschinen" deals with the subject "screw spindle vacuum pump" for the first time. Therefore this paper presents the type of machine "screw spindle vacuum pump", fixes its limits to the better known screw type compressor and finally classifies it in the crossover of vacuum-technology, characteristic geometry and the numerical simulation. The suggested reflections to choose a proper model of flow are based on the geometry of the screw spindle vacuum pump and fundamentals concerning the vacuum-technology and the state of flow.

# Gasspaltströmungen in einem ebenen Schraubenmaschinenmodell - Teil 2

- Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. R. Sachs  
erschienen: 1998  
in: Schraubenmaschinen Nr. 6 , Forschungsberichte des  
Fachgebiets Fluidenergiemaschinen, ISSN 0945-1870, S.21-  
36, Universität Dortmund, 1998
- Zusammenfassung: Gasspaltströmungen in Schraubenmaschinen wirken als  
Leckmassen- und Entropieströme erheblich auf die  
Energiewandlungsgüte der Maschine. Besonderen Einfluss  
haben der Profileingriffs- sowie der Gehäusespalt.  
In diesem Beitrag wird die Gehäusespaltströmung am  
Nebenrotor mit feststehender Strömungsberandung  
untersucht. Nach Erläuterungen zur verwendeten und  
entwickelten Mess- und Bildverarbeitungstechnik folgen  
qualitative Schlierenbilder der Strömung an drei  
unterschiedlichen Zahnkopf- und damit Spaltformen, die  
einen Vergleich der Strömungsformen ermöglichen.  
Der nächste Schritt zur Klärung der Strömungsverhältnisse  
in den Spalten besteht aus der Einführung eines ebenen  
Schraubenmaschinenmodells mit drehenden Rotorscheiben.
- Title: **Gas flow research at a plane screw type machine model -  
Part 2**
- Abstract: Gas flows in screw-type machines are effecting the energy  
conversion of the machine by the leakage mass flows and  
entropy flows inside the machine. The profile meshing  
clearance and the housing gap have an essential influence.  
Here the gas flow at the housing gap with non moving gap  
bounds is investigated. The used and developed measuring  
and image analysis technique is explained. Qualitative  
Schlieren pictures of the flow at three different tooth tips,  
i.e. gap styles are following to enable a comparison of the  
flow shapes.  
The application of a plane screw type machine model with  
moving gap bounds will be meant to be a contribution  
towards the investigation of the gas flow conditions in the  
gaps.

# Zweiphasen-Schraubenmotor - Probleme des Füllvorganges

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. B. Kliem

erschienen: 1998

in: Schraubenmaschinen Nr.6, ISSN 0945-1870,  
Universitätsdruckerei Dortmund, 1998

**Zusammenfassung:** Der Zweiphasen-Schraubenmotor besitzt als Expansionsmaschine in Trilateral-Flash-Cycle-Prozessen zur Nutzung von Abwärme mit niedriger Temperatur deutliche Vorteile, da dieser Maschinentyp in der Lage ist, Arbeitsfluide mit einem hohen Flüssigkeitsanteil zu expandieren. Die Zweiphasenströmung im Einlaßbereich des Schraubenmotors hat aufgrund ihrer geringen kritischen Geschwindigkeit und der damit verbundenen blockierten Strömung einen signifikanten Einfluß auf die Füllung der Arbeitskammer und die Energiewandlungsgüte des Motors. Ein hier vorgestelltes neuartiges Füllungssystem mit rotierenden Kurzdüsen läßt eine verbesserte Füllung des Zweiphasen-Schraubenmotors erwarten, da es erst in den Arbeitskammern zur Flashverdampfung kommt.

**Title:** **Two-phase screw-type engine -Problems of the filling process**

**Abstract:** The two-phase screw-type engine presents itself as a expansion engine in a trilateral-flash-cycle to use waste heat in the lower temperature range, because this displacement engine is able to expand working fluids with a high proportion of liquid. Due to the low critical velocity and the blocking flow, the two-phase flow in the inlet port of the screw-type engine has a great influence on the quality of energy transformation. A novel filling system with rotating short nozzels is presented. Less  
  
dissipation during the filling process is expected by this system, because the flash evaporation of the fluid will occur in the working chamber and not in the inlet port of the screw-type engine.

# Öl als Konstruktionselement in Schraubenmaschinen - Einsatz nicht newtonscher Öle - Teil 1

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. R. Deipenwisch

erschienen: 1998

in: Schraubenmaschinen Nr.6, ISSN 0945-1870,  
Universitätsdruckerei Dortmund, 1998

**Zusammenfassung:** Das beschriebene Modell zur Berechnung der hydraulischen Verluste in der naßlaufenden Schraubenmaschine liefert Ansätze, um das Öl schon bei der Auslegung der Schraubenkompressoren als Konstruktionselement mit einzubeziehen.

Sinnvoll ist die Nutzung eines nichtnewtonschen Öles immer dann, wenn eine deutliche scherindizierte Viskositätserniedrigung in dem

Schergeschwindigkeitsbereich, der in den Spalten des Schraubenkompressors vorliegt, erreicht werden kann.

Beim Einsatz dieser Öle besteht die Schwierigkeit darin, den Schergeschwindigkeitsbereich vorherzubestimmen, der während des Betriebs in dem Schraubenkompressor auftritt.

Neben der Relativgeschwindigkeit der Spaltberandungen geht hier die reale Spalthöhe ein. Im Modell wurden bisher nur Kaltspalthöhen berücksichtigt. Die Spalthöhe ist eine

der maßgeblichen Einflußgrößen auf die Verlustleistungen im Arbeitsraum des Schraubenkompressors. Um die

Abbildungsgüte des Modells wesentlich zu verbessern sind Warmspalthöhen während des Betriebs gemessen worden.

Experimentell ermittelt werden konnte nur das Integral aller Verluste, eingeschlossen der Verlustleistungen in Lagern

und am Riementrieb. An einem neuartigen

Modellrotorversuchsstand besteht die Möglichkeit, die aufgrund des Öleinsatzes entstehenden Reibungs- und

Impulsverluste in den Spalten des Arbeitsraums zu bestimmen.

Mit einem verbesserten Rechenmodell soll die

Voraussetzung geschaffen werden, die Ölwirkung auf die Energiewandlungsgüte zu beschreiben und

Auslegungskriterien für das einzusetzende Öl in

flüssigkeitseingespritzten Schraubenkompressoren zu formulieren.

**Title:** Oil as a design parameter in screw-type engines - use of non-newtonian oils - Part 1

**Abstract:** The model of the calculation of the friction losses caused by oil described in this report delivers a starting point for the

integration of the design parameter "oil" for oil injected screw-type engines.

The use of non newtonian oils with a shear thinning behaviour lead to a decrease of energy consumption over a broad speed range of screw-type compressors. The decrease is mainly caused by the shear indicated lower viscosity in the clearances of the compressor.

A difficulty through the use of these oils is the estimation of the conditions in the clearances. The rate of shear in the single clearance is influenced by the relativ speed of the boundaries and by the height of the clearance during operation. Up now only cold heights were used in the model. To improve the quality of the model the clearances of a running screw compressor were measured.

The losses which were determined at the screw compressor test plant are the summation of all losses including the losses caused by the power transmission and in the bearings. Experiments at a model rotor test stand make the determination of the friction losses and the losses by the acceleration of the oil in the clearances possible.

A better calculation model shall deliver the conditions to describe the influence of the oil on the energy efficiency and to define the optimal oil for every screw compressor.

# Die experimentelle Bestimmung der dynamischen Eigenschaften von Schraubenkompressoren

- Autor(en): o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Laurenz Rinder, Doz. Dr. Dipl.-Ing. Jaromir Svirgler, Dipl.-Ing. Miloslav Pasek und Dr. Dipl.-Ing. Pavel Albl, Skoda, Pilsen
- erschienen: 1998
- in: Schraubenmaschinen Nr. 6, ISSN 0945-1870, Universitätsdruckerei Dortmund, 1998
- Zusammenfassung: Ständig steigende Anforderungen an die Laufruhe von Schraubenkompressoren machen Schwingungsuntersuchungen an diesen Maschinen notwendig. Die vorliegende Arbeit beschreibt Messungen des Betriebs-Schwingungszustandes und die Bestimmung der Erregerquellen an einem öleingespritzten Schraubenverdichter. Es wird der Schwingungszustand mit Beschleunigungsaufnehmern gemessen, eine Modalanalyse beider Rotoren durchgeführt und es werden die Eigenformen der Läufer bestimmt. Die Haupterregerquellen für die Schwingungen können ermittelt werden. Die Eigenfrequenzen des Kompressors sind im Frequenzspektrum festzustellen. Die Ergebnisse dienen als Basis für den Vergleich zwischen experimenteller Schwingungsanalyse und theoretischen Schwingungsuntersuchungen. Über theoretische Ergebnisse soll in nächster Zukunft berichtet werden. Die Arbeit entstand im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen der Westböhmischen Universität Pilsen und der Technischen Universität Wien. Die Schwingungsmessungen wurden am Schraubenverdichterprüfstand des Instituts für Maschinenelemente der TU Wien durchgeführt.
- Title: **Experimental determination of the dynamic properties of screw compressors**
- Abstract: The demand for continuing improvements of screw machines leads to a vibration research of these machines. The presented paper deals with the experimental measurement of screw compressor operational vibrations and the determination of vibration sources. The measuring of operational vibrations, modal analysis and the determination of mode shape forms of a screw compressor were performed. The main sources of the operational vibrations were determined and the screw compressor eigenfrequencies were found in the frequency spectrum. This contribution forms a basis for the comparison of the

theoretical and experimental results.  
This work was done in cooperation between the University of  
West Bohemia Pilsen and the Technical University Vienna.

# Die Heißgasschraubenmaschine - Simulationsgestützte Auslegung, Teil 3

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. T. von Unwerth

erschienen: 1998

in: Schraubenmaschinen Nr. 6, ISSN 0945-1870,  
Universitätsdruckerei Dortmund

**Zusammenfassung:** Es wird über neue Forschungsergebnisse im Hinblick auf die konstruktive Realisierung der ersten Versuchsanlage einer Heißgasschraubenmaschine berichtet. Ziel der daran durchgeführten Untersuchungen ist die Verifikation des Betriebsverhaltens sowie des thermischen und mechanischen Bauteilverhaltens des Heißgasschraubenmotors.

Nachzulesen ist die Auswahl und Dimensionierung der Anlagenkomponenten, wobei ein Hauptaugenmerk auf der Auslegung des thermisch hoch belasteten Schraubenmotors liegt. Dessen Dimensionierung liegen Simulationsrechnungen zugrunde, mit deren Hilfe die mechanischen Verformungen der Rotoren und des Gehäuses respektive der daraus resultierenden Spalthöhen a priori angegeben werden können.

Für den hier dokumentierten, angestrebten Nennbetriebszustand mit einer werkstoffbedingt begrenzten Motoreintrittstemperatur von 600°C, einem Druckverhältnis von 6 und einer Hauptrotorumfangsgeschwindigkeit von 120 ms<sup>-1</sup> sind, unter Einbeziehung einer effizienten Kühlung der Motorbauteile, Profilverkleinerungen bei der Konstruktion der beschichteten Rotoren von 0,07 mm vorzusehen.

**Title:** **Hot gas screw-type engine – Simulations as a basis for construction, part 3**

**Abstract:** In this paper new results of the research regarding the design of the first experimental plant for a hot-gas screw-type machine are reported. Target of the development is the verification of operating behaviour as well as the thermal and mechanical behaviour of the screw-type motors parts. The selection and dimensioning of the plants components is described with a main focus on the construction of the thermally high-loaded hot-gas screw-type engine. Its manufacturing tolerances are based on simulations, with which the mechanical deformations of the rotors and the casing respektive the resulting clearance-heights can be calculated.

With inclusion of an efficient cooling method for the motor parts, for the, in this article documented, projected nominal working condition with a material-dependent limit for the entrance temperature at 600°C, a pressure ratio 6 and a male rotor peripheral speed 120 ms<sup>-1</sup>, each rotor should be decreased 0.07mm.

## Anhang

- Energiewandlungsprinzip der Schraubenmaschine (Screw type machine working principle)
- Versuchsfeld Schraubenmaschinen der Universität Dortmund (Test area screw-type engines of the University of Dortmund)
- für die Forschungsbereiche: (for the research-fields:)
  - Betriebssicherheit (reliability)
  - Tribologie (tribology)
  - Strömung (flow)
  - Dynamik (dynamic)
  - Steuerung (load-control)
  - Anlagentechnik (plant-technique)
- Sachindex Schraubenmaschinen Heft 1/1993 bis Heft 6/1998