

Schraubenmaschinen Nr. 11/2003

Simulation

Automatisierte Geometrieoptimierung

Schraubenspindel-Vakuumpumpen

Füllungsprobleme

Betriebsverhalten von Schraubenmotoren

Prof. Dr.-Ing. Knut Kauder

Inhalt

Adiabate Modellierung und Thermodynamische Simulation von Rotationsverdrängern mit Hilfe des Programmsystems KaSim	2
Automatisierte Optimierung der Geometrie von Schraubenrotoren, Teil 3	4
Die Drehzahlabhängigkeit trockenlaufender Schraubenspindel-Vakuumpumpen.	6
Untersuchung zur Verbesserung des Füllvorgangs von Schraubenmotoren, Teil 3	8
Das Betriebsverhalten des Zweiphasen-Schraubenmotors mit interner Flashverdampfung	10
Anhang	11

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

ISSN 0945-1870

Adiabate Modellierung und Thermodynamische Simulation von Rotationsverdrängern mit Hilfe des Programmsystems KaSim

- Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. M. Janicki
erschienen: 2003
in: Schraubenmaschinen Nr. 11, ISSN 0945-1870, S. 5-14, Universität Dortmund, 2003
- Zusammenfassung: Die thermodynamische Simulation von Rotationsverdrängern auf Grundlage eines Kammermodells ist eine anerkannte Methode zur Entwicklung und Analyse dieser Maschinen.
Hier wird eine verbesserte Methode zur Modellierung von Rotationsverdrängern vorgestellt, die unabhängig vom Maschinentyp dessen stationäres und instationäres Betriebsverhalten abbilden kann. Dazu wird das thermodynamische Verhalten des Arbeitsfluides in den Arbeitskammern und den verbindenden Spalten berechnet. Zum Zwecke der Verifikation wird ein trockenlaufender Schraubenkompressor untersucht, um verschiedene Modellierungsparameter auf ihren Einfluss auf die Abbildungsgüte der Simulation hin zu analysieren. Der vorliegende Beitrag soll als Einführung in die Modellierung von Schraubenkompressoren verstanden werden und zum Verständnis für den Zusammenhang zwischen benötigter Genauigkeit der Eingangsgrößen des Modells und der daraus resultierenden Abbildungsgenauigkeit beitragen.
- Title: **Adiabatic Modelling and Thermodynamic Simulation of Rotary Displacement Machines with the Program KaSim**
- Abstract: The thermodynamic simulation of rotary displacement machines by means of a chamber model is an accepted method for the development and analysis of these machines.
This paper presents first experiences with a new method for modelling rotary compressors, which allows the simulation of steady or transient operation of the machines examined. The simulation system employed calculates the thermodynamic behaviour of the working fluid in the compressed chambers and its flow through the internal clearances.
The influences of different modelling and simulation parameters on the modelling accuracy of the simulation are

analysed on a typical dry-running screw-type compressor. The present article is intended as a preliminary guide for determining the required precision of a simulation model in relation to the required degree of modelling accuracy.

Automatisierte Optimierung der Geometrie von Schraubenrotoren, Teil 3

- Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Bernd Reusch, Stefan Berlik, Dipl.-Ing. M. Helpertz
- erschienen: 2003
- in: Schraubenmaschinen Nr. 11, S. 15-28, ISSN 0945-1870, Universität Dortmund, 2003
- Zusammenfassung: In Heft 9 und 10 ist ein neuer Ansatz zur Darstellung und Optimierung von Rotorprofilen für Schraubenmaschinen vorgestellt worden. Der vorliegende Artikel knüpft an diese Untersuchungen an und konzentriert sich im Kern auf den Übergang von einer skalaren zu einer multikriteriellen Optimierung durch Anwendung sogenannter Paretofronten, ohne a priori Gewichtungen vorgeben zu müssen. Das Beispiel einer zu minimierenden Kopfrundungsöffnung und einer zu minimierenden Eingriffslinienlänge zeigt anschaulich die Bildung einer solchen Paretofront bei der Optimierung widersprüchlicher Kriterien sowie den Vorgang einer Lösungsauswahl mit Hilfe einer nachgeschalteten geometrischen Gewichtungsvorgabe. Das Hauptrotorprofil wird durch eine relativ geringe Anzahl von 6 Béziersegmenten definiert, ähnlich den vorangegangenen Einzeloptimierungen. Prinzipiell bestehen dadurch zwar die gleichen geometrischen Einschränkungen, die erzielte Lösung besitzt eine bessere Qualität als die Ergebnisse der Optimierung einzelner Kriterien. Bezogen auf das Ausgangsprofil, das mit Hilfe eines durch Zufallszahlen gesteuerten Flankengenerators gebildet wurde, haben sich die beiden optimierten Kennzahlen im günstigsten Fall um 11,2 % bzw. 76,5 % verbessert.
- Title: **Automated Geometry-Optimisation of Rotors of Twin-Screw Compressors, Part 3**
- Abstract: In booklets number 9 and 10 a new approach was introduced for the representation and optimisation of rotor profiles for twin-screw machines. This article ties in with these investigations and has its focus on the transition from a scalar to a multiobjective optimisation by application of so-called Pareto-fronts. As a consequence it is not necessary to start with a-priori-weightings for a number of criteria. The example of the blow hole and the length of the contact line (both to be minimised) graphically demonstrates the formation of such a Pareto-front during an optimisation of contradictory criteria. Afterwards the selection of a solution

is arrived via a geometrical weighting approach. The male rotor profile is defined by the relatively small number of 6 bézier segments, similar to the preceding single optimisations. In principle there exist the same geometrical restrictions, but the solutions obtained are better than the results of those obtained by optimising of single criteria. Related to the starting profile, which was formed by a flank generator governed by random numbers, the criteria were improved by 11,2 % and 76,5 % respectively in the most favorable case.

Die Drehzahlabhängigkeit trockenlaufender Schraubenspindel-Vakuumpumpen

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. A. Rohe
erschienen: 2003
in: Schraubenmaschinen Nr. 11, ISSN 0945-1870, S. 29-44,
Universität Dortmund, 2003

Zusammenfassung: Der vorgelegte Beitrag beschreibt einen einfachen mathematischen Ansatzes, der als primäres Ziel verfolgt, die signifikante Drehzahlabhängigkeit des Enddruckes von Schraubenspindel-Vakuumpumpen zu berechnen. Ausgehend vom einfachen Verdrängermaschinenmodell werden zunächst mit Hilfe eines einstufigen isothermen Ansatzes und der bekannten gasdynamischen Blendenströmung zur Bestimmung der Spaltmassenströme der Enddruck als Funktion der Drehzahl bestimmt. Durch partielle Änderungen am Modellansatz, hier sind insbesondere die der Stufigkeit und der Vakuumspaltströmung zu nennen, gelingt es, das charakteristische Betriebsverhalten einer Schraubenspindelvakuumpumpe hinsichtlich ihres Enddruckes abzubilden. Eine Erweiterung des Ansatzes liefert den Verlauf des Liefergrades als Funktion des Ansaugdruckes. Mit Hilfe des Modells der Spaltströmung im Vakuum lassen sich die bekannten Maxima des Saugvermögens bei mittleren Ansaugdrücken beschreiben und so dem Übergang der viskosen Strömungsform in die teilchenorientierte molekulare Strömungsform zuordnen. Der kontinuierliche Vergleich der berechneten Charakteristika mit den an einer Versuchsmaschine gemessenen fordert an Stellen größerer Abweichungen eine Sensibilitätsanalyse des Algorithmus bezüglich der Spalthöhe und die mathematische Berücksichtigung von Leckraten. Ein Anwendungsbeispiel des Algorithmus verdeutlicht die berechneten Auswirkungen einer inneren Verdichtung auf das Betriebsverhalten. Auch wenn das Potenzial dieses Ansatzes aufgrund fehlender Kenntnis einiger Randbedingungen der messtechnisch erfassten Maschine nicht vollständig ausgeleuchtet werden kann, so liefert er dennoch klar erkennbare und erklärbare Einflüsse einzelner Betriebs- und Konstruktionsparameter auf das Betriebsverhalten der Schraubenspindel-Vakuumpumpe.

Title: The Speed Dependence of Dry Running Screw Type Vacuum Pumps

Abstract: This contribution describes the development of a simple mathematical approach, which has the primary aim of describing the speed dependence of maximum vacuum of a screw type vacuum pump. Based on a simple positive displacement model assuming an isothermal process and with gas flow through an orifice used to depict the clearance mass flows, the vacuum achieved is calculated as function of rotor speed. Changes in the model's approaches, in particular the number of stages and the transition of viscose flow to molecular flow, enable us to depict the characteristic working behaviour of a screw type vacuum pump from the point of view of its maximum vacuum.

An extension of this approach yields the characteristics of the delivery rate as a function of the suction pressure. If we replace the orifice flow with the transition flow it becomes possible to describe the characteristic maximum of suction speed at moderate inlet pressures, which can definitely be ascribed to increasing throttling during the transition of the viscose to the molecular flow type.

Where there are larger discrepancies, continuous comparison of calculated with measured characteristics requires analyses of the sensitivity of this approach regarding the gap clearances, and a mathematical consideration of external leakages. Finally the effects of internal compression on working behaviour are calculated by using the algorithm.

Even if the potential of this approach can not be completely realised due to unknown boundary condition in the examined machine, it nevertheless yields clear and explicable data about the influences of working and construction parameters on the working behaviour.

Untersuchung zur Verbesserung des Füllvorgangs von Schraubenmotoren, Teil 3

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. K. Fost
erschieden: 2003
in: Schraubenmaschinen Nr. 11, ISSN 0945-1870, S. 45-68,
Universität Dortmund, 2003

Zusammenfassung: Für Schraubenmotoren mit herkömmlicher Gestaltung des Einlassbereiches (zylindrische Rotoren) sind nach dem Stand der Technik keine eindeutigen Tendenzen für eine wesentliche Verbesserung der Kammerfüllung hinsichtlich der Verlustmechanismen Einlassdrosselung und Spaltverluste zu erkennen. Daher werden hier drei weitergehende Möglichkeiten zur Verbesserung der Kammerfüllung diskutiert und anhand von beispielhaft ausgeführten Varianten näher untersucht. Dies ist zum einen eine Einlassscheibe auf dem Hauptrotor, zum zweiten der Einsatz konischer Rotoren und schließlich die Variante mit Einlassscheiben auf Haupt- und Nebenrotor. Hinsichtlich der betrachteten Verlustmechanismen bietet die Variante mit einer Einlassscheibe das größte Verbesserungspotenzial. Der Aufbau bringt jedoch ein Schadraumvolumen und damit eine weitere Verlustquelle mit sich. Daraus ergibt sich die Forderung das Volumen der Einlassscheibe so klein wie möglich zu gestalten, um den Vorteil einer verbesserten Kammerfüllung auch für eine Verbesserung der Energiewandlungsgüte nutzen zu können. Für die Variante der konischen Rotorgeometrie ist ebenfalls mit einer deutlichen Verbesserung der Kammerfüllung und damit auch der Energiewandlung gegenüber herkömmlichen zylindrischen Rotorgeometrien zu rechnen. Die Frage nach einer wirtschaftlichen Fertigung konischer Rotoren ist derzeit noch nicht abschließend geklärt. Ein Zwischenschritt in der Entwicklung von zylindrischen Rotoren hin zu einer konischen Rotorgeometrie stellt die Variante mit Einlassscheiben auf Haupt- und Nebenrotor dar. Diese verbindet die Vorteile einer verbesserten Kammerfüllung bei vergleichsweise einfacher Fertigung ohne den Nachteil einer zusätzlichen Schadraumbildung. Das Verbesserungspotenzial fällt jedoch gegenüber der konischen Variante geringer aus.

Title: **Investigations about the Improvement of the Filling Process of a Screw-Type Engine, Part 3**

Abstract:

By applying the methods for evaluation of the pressure loss and operative clearance widths to a typical cylindrical rotor geometry with normal inlet area, no tendencies for an improvement in chamber filling can be seen. Therefore three opportunities for a modification of the inlet area with regard to an improvement in chamber filling are investigated. These are an inlet disc on the male rotor, conical rotors and inlet discs on both male and the female rotors.

Among these alternatives the option with an inlet disc on the male rotor shows the highest potential for an improvement in chamber filling. It is mainly influenced by an improvement in the clearance situation, while the inlet situation shows no significant differences. But the volume of the disc is a kind of exhaust chamber which causes a loss of energy conversion. For an improvement in energy conversion by improving chamber filling it is necessary to design the volume of the exhaust chamber as small as possible.

The option of conical rotors also shows an improvement in chamber filling. In contrast to the inlet disc it is mainly influenced by a reduction in pressure loss at the inlet. Therefore we can also expect an improvement in energy conversion by the use of conical rotors. But a final point to make is that manufacturing these conical rotors is not being investigated at present.

The option of inlet discs on the male and the female rotors is an intermediate step between cylindrical and conical rotors: In this case the advantage of improved chamber filling is combined with ease of manufacture, but without the disadvantage of an exhaust chamber. However the potential for improved chamber filling is smaller compared with the conical rotors.

Das Betriebsverhalten des Zweiphasen-Schraubenmotors mit interner Flashverdampfung

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

erschienen: 2003

in: Schraubenmaschinen Nr. 11, ISSN 0945-1870, S. 69-84, Universität Dortmund, 2003

Zusammenfassung: Vorgestellt wird der Versuchs-Zweiphasen-Schraubenmotor mit interner Flashverdampfung. Die Füllung der Arbeitskammern erfolgt mit Druckwasser, das durch rotierende Kurzdüsen in den Arbeitsraum eingespritzt wird. In der Arbeitskammer verdampft unmittelbar ein Teil des heißen Druckwassers. Der so gebildete Nassdampf expandiert im weiteren Verlauf des Arbeitsspieles. Der Versuchsmotor arbeitet ohne Synchronisationsgetriebe. Die Lagerung ist mediumgeschmiert. Auf die komplette Ölversorgung und die Dichtungen zwischen Lager- und Arbeitsraum konnte deshalb verzichtet werden. Erste Ergebnisse zum Betriebsverhalten des Motors werden diskutiert. Mit Hilfe von Indikatorgrammen wird der Einfluss von Kammerfüllung und unvollständiger Expansion auf die Energiewandlungsgüte dargestellt.

Title: **Performance of the Two-Phase Screw-Type Engine with internal Flash Evaporation**

Abstract: The article describes a test two-phase screw-type engine with internal flash evaporation. Hot pressure water is injected into the working chambers of the engine by rotating short nozzles. Flash evaporation occurs and the wet steam expands during the following part of the working period. The test engine is built without timing gear. The bearings are lubricated by medium itself, so oil supply and sealing between working chamber and bearings are not necessary. First results of the experimental investigation of the performance of the test engine are presented. The influence of the filling process and incomplete expansion is shown in diagram form.

Anhang

- Energiewandlungsprinzip der Schraubenmaschine (Screw type machine working principle)
- Funktion der Schraubenspindel-Vakuumpumpe (Screw-type vacuum pump working principle)
- Sachindex Schraubenmaschinen Heft 1/1993 bis Heft 10/2003
- Autorenverzeichnis