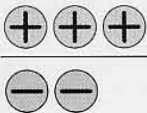


Simulationsprogramme für nicht-newtonsche Fluide

Simulation programs for non-newtonian fluids

Sabine Bschorer,
Erlangen,
Wilfried Schierholz,
Frankfurt,
Germany



Die Marktstärke von Unternehmen wird in zunehmendem Maße durch die Fähigkeit bestimmt, neue Produkte in kürzer werdenden Entwicklungszeiträumen und mit verbesserten Qualitätsmerkmalen auf den Markt zu bringen. Die damit verbundenen hohen Anforderungen an die Qualität der Produkte sowie deren sichere und kosteneffiziente Fertigung, machen den Einsatz von rechnergestützter Modellierung und Simulation mehr und mehr notwendig.

Einen Teilbereich der rechnergestützten Modellierung bildet die numerische Simulation von nicht-newtonischen Fluiden. Anders als bei der numerischen Strömungsmechanik newtonscher Fluide gibt es derzeit nur wenige Anbieter für solche Softwarepakete. In die vorliegende Marktübersicht wurden nur Programme aufgenommen, in die wenigstens eine nicht-newtonsche konstitutive Gleichung implementiert ist. Ferner wurde Wert auf eine große „Allgemeinheit“ der Programme gelegt. Damit ist gemeint, daß Programme, die speziell für das Spritzgießen oder zur Berechnung von Extrusionsvorgängen ausgelegt sind und damit nur einen begrenzten Anwendungsbereich haben, in dieser Marktübersicht unberücksichtigt bleiben.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Unterschiede zwischen den Softwarepaketen dargelegt. Diese liegen in den numerischen Verfahren, in der Natur der lös- baren Probleme, in den implementierten nicht-newtonischen Modellen, in den Möglichkeiten, selbst Unterprogramme zu implementieren, sowie in der Bereitstellung von Pre- und Postprozessoren.

Die Programme differieren grundsätzlich in dem verwendeten numerischen Verfahren, das auf die physikalischen Gleichungen angewandt wird und zu diskretisierten Gleichungen führt. Zum Einsatz kommen dabei Finite-Volumen (FV) und Finite-Elemente (FE) Methoden.

Als Lösungsalgorithmen sind – teilweise wahlweise anwendbar – direkte, iterative und Mehrgitter-Algorithmen implementiert. Bei den direkten Verfahren werden alle problembeschreibenden, diskretisierten Gleichun-

The market strength of companies is ever more dependent on their ability to shorten the development time and improve the quality of the products they bring to market. The high demands for product quality as well as the need for safe and cost-effective fabrication methods have led to an increasing need to apply computer supported modeling and simulation.

Numerical simulation of non-newtonian fluids is one application for computer supported modeling. In contrast to numerical simulations for describing the fluid mechanics of newtonian fluids, there are currently few available software packages for the simulation of non-newtonian fluids. This market overview includes only those programs which include at least one non-newtonian constitutive equation. In addition, only widely applicable programs are considered, i.e. programs applying solely to injection molding or extrusion processes are not included in this market overview.

The differences in the software packages are provided in the following table. These include the numerical technique, the type of problems which can be solved, the non-newtonian model, the possibility of incorporating user-supplied subroutines, and the availability of pre- and post-processors.

The programs differ primarily in the type of numerical technique applied to a physical constitutive equation to create a set of discrete equations. Techniques applied include Finite Volume (FV) and Finite Element (FE) methods.

Solution algorithms include direct, iterative and multi-nodal methods; in some cases the algorithm may be selected by the user. In a direct method algorithm all of the discrete equations describing the problem are solved simultaneously as a single system equation, while an iterative method sequentially solves each discrete equation until all equations are satisfied. Multi-nodal algorithms use multiple nodes because of stability and computer time limitations.

Problems which can be solved include two-dimensional as well as some three-dimensional problems. In nearly all cases, it is possible to do a transient simulation when transient boundary conditions are input, and to handle internal and external free surfaces.

In addition to the equations of continuity of mass and momentum and the material constitutive equation (equations for the stress), many programs can also solve additional equations (e.g. the energy balance). Many of the programs are capable of varying the



Dipl.-Ing. Sabine Bschorer

studierte an der TU München Maschinenbau mit Schwerpunkt Theorie und Forschung und ist seit 1990 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Erlangen tätig. Dabei befaßt sie sich mit der numerischen Simulation nicht-newtonscher Fluide.

studied mechanical engineering at the Technical University of Munich. Since 1990 she has been employed at the Erlangen University as Ph.D. student and deals with the numerical simulation of non-newtonian fluid mechanics.

Hersteller/Manufacturer	ADINA R&D, Inc.; 71 Elton Avenue, Watertown, MA 02172, U.S.A.; Tel.: +1 (6 17) 9 26-51 99, Fax: +1 (6 17) 9 26-02 38	Fluent Deutschland GmbH, Donnersberggring 20, 64293 Darmstadt, Germany, Tel: +49 (0) (61 51) 31 95 44, Fax: +49 (0) (61 51) 31 95 47		Fluid Dynamic International GmbH, Kasinostraße 9, 64293 Darmstadt, Germany; Tel: +49 (61 51) 29 52 34, Fax: +49 (61 51) 29 52 35	IKV, Pontstraße 49, 52062 Aachen, Germany; Tel: +49 (2 41) 80 38 06, Fax: +49 (2 41) 40 45 51
Programmname/Program name	ADINA	FLUENT	NEKTON	FIDAP	MICROPUS
Verfahren/Method: FV FE	✓ ✓	✓ -	- ✓	- ✓	- ✓
Dimension/Dimension: 2D 3D	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ -
Zeitabhängigkeit/Time dependency: stationär/steady state instationär/transient	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Lösungsalgorithmus/Solution algorithm: direkt/direct iterativ/iterative Mehrgitter/multinodal	✓ ✓ -	✓ ✓ ✓	✓ ✓ -	✓ ✓ -	- ✓ -
Anzahl zusätzlicher Gleichungen Number of additional equations	-	keine Grenze/No limit		15	-
Orts- und Zeitabhängigkeit der Stoffgrößen Position and time dependency of the material properties:					
$\rho(x)$	✓	✓	-	✓	-
$\rho(t)$	-	✓	-	✓	✓
$\eta(x)$	✓	✓	✓	✓	-
$\eta(t)$	✓	✓	✓	✓	-
$c_p(x)$	✓	✓	✓	✓	-
$c_p(t)$	✓	✓	✓	✓	-
$\lambda(x)$	✓	✓	✓	✓	-
$\lambda(t)$	✓	✓	✓	✓	-
Nicht-newtonsche Modelle Non-newtonian model: verallgemeinert newtonsch general newtonian	Power-Law Carreau	Power-Law Carreau	Power-Law Carreau	Power-Law Carreau	Power-Law Carreau
differentiell/differential	Second-Order Fluid	-	-	-	-
integral/integral	-	-	-	-	-
plastisch/plastic	-	-	-	Bingham	-
Unterprogramme und bereitgestellte Ableitungen Subroutines and included derivatives: selbst entwickelbar/user developed	✓	✓	✓	✓	-
1.	-	✓	✓	✓	-
2.	-	✓	-	✓	-
gemischte/mixed	-	✓	-	✓	-
Freie Oberflächen/Free surfaces: extern/internal intern/external	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	- -
Instationäre Randbedingungen Transient boundary conditions	✓	✓	✓	✓	✓
Prozessoren/Processors: Pre-/pre- Post-/post-	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓

Innovative Research, Inc., 2800 University Ave. S.E., Minneapolis, MN 554/4, USA; Tel: (6 21) 3 78-03 20, Fax: (6 21) 3 78-05 35	Polyflow s.a., Mr. Ch. Waucquez, Place de l'Universite 16, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium; Tel: +32 10 45 28 61; Fax: +32 10 45 30 09	Prof. S. Tsangaris, National Technical University of Athens, Box 6470, 15710 Zografou, Greece; Fax: 0 03 01-7 70 65 45	Prof. J. Vlachopoulos, Chem. Engineering, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada L8S4L7; Tel: 4 16-5 21-88 15, Fax: 4 16-5 22-50 04	Institut für Kunststoff- technologie der Universität Stuttgart, Böblinger Straße 70, D-70199 Stuttgart, Germany
COMPACT-2D -3D	POLYFLOW	U.I.N.S.	POLYCAD	SIMFLOW
✓ -	- ✓	✓ -	- ✓	- ✓
✓ -	✓ ✓	✓ -	- ✓	✓ ✓
✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ -	✓ -
- ✓ -	✓ - -	- ✓ -	- ✓ -	✓ - -
keine Grenze/No limit	advective/diffusive Gleichungen advective/diffusive equations	2	2	2
✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	- - ✓ ✓ - - - -	✓ - ✓ - ✓ - - ✓ -	✓ - ✓ - ✓ - - ✓ -
Power-Law	Power-Law Bird-Carreau Cross Herschel-Bulkley	Power-Law	Power-Law Carreau LOG-Polynome	Power-Law Carreau
-	Maxwell B Oldroyd B Phan-Thien Tanner Giesekus' Leonor White-Metzner	Oldroyds	CEF mit Korrelationen	-
-	Maxwell B Oldroyd B Doi Edwards KBKZ	-	-	-
Bingham	Bingham	-	-	Bingham
✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	- - - -	- - - -
✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
✓	✓	✓	-	-
✓ ✓	✓ ✓	- -	✓ ✓	✓ ✓