

Teilprojekt B5

Titel

Adaptive Rechengitter in Raum und Zeit zur effizienten Simulation bewegter Phasengrenzen

Projektleitung/-bearbeitung

Behr, Marek, Prof., Ph.D. (Teilprojektleiter)

Karyofylli, Violeta, M.Sc. (Doktorandin)

CATS - Lehrstuhl für computergestützte Analyse technischer Systeme, Schinkelstraße 2, 52062 Aachen

Aufgabenstellung

Das Ziel des Teilprojekts B5 im Jahr 2015 war die Simulation von Benchmark-Tests zum Befüllungsprozess von Kavitäten.

Die Benchmark-Tests umfassen folgende Punkte:

- i. Metallguss einer Gesenkkavität;
- ii. Spritzgussverfahren einer komplexen 3D-Kavität (Geometrie erhalten von den Sandia National Laboratories);
- iii. Spritzgussverfahren einer Plattengeometrie erhalten vom Institut für Kunststoffverarbeitung der RWTH Aachen (IKV)

Der Fall i. wurde in der Vergangenheit als ein Vergleichstest für Finite-Elemente-Formulierungen verwendet und wird daher verwendet, um die Leistungsfähigkeit der unten aufgeführten Tests darzulegen. Die Geometrie ist einfach und zweidimensional, bildet aber wertvolle Tests in der numerischen Analyse des Anwendungsproblems ab.

Die Fälle, ii. und iii. sind jedoch komplexer und dreidimensional. Die experimentellen Daten für diese Tests sind verfügbar und können verwendet werden um die Simulationsergebnisse zu bewerten.

Mathematische Modelle und numerische Methoden

Die wichtigsten Merkmale des mathematischen Modells sind:

- i. Navier-Stokes-Gleichungen für inkompressible viskose Flüssigkeiten;
- ii. Wechselwirkungen von Flüssigkeits-Luft-Formwerkzeugen;
- iii. Ein effizienter und robuster Algorithmus, um die zeitabhängige Entwicklung der Grenzfläche zu erfassen (Level-Set-Gleichung).

Die numerischen Methoden, die für die Simulation verwendet wurden, sind:

- i. stabilisierte lineare und quadratische stabilisierte Finite-Elemente [Galerkin/Least-Squares]
- ii. Raum-Zeit Finite-Elemente mit Zeitintegration;
- iii. in-house-Solver XNS in Fortran und C;
- iv. in-house Netzgenerator mesh4d in Fortran und C für die zeitliche Ausgestaltung basierend auf der Delaunay-Triangulation (qhull Code);
- v. Newton-Raphson-Iterationen mit GMRES linearen Solver;
- vi. ILU Vorkonditionierung, skaliert über mehrere Tausend Prozessorkerne

Ergebnisse

Die simplex-basierte Version des in-house-Solver XNS, die zuvor auf anderen Plattformen verwendet wurde, wurde für die aktuellen Bull Knoten des IT-Centers kompiliert.

Der hauseigene Netzgenerator mesh4d wurde ebenfalls für diese Knoten kompiliert. Dazu wurde die neueste Version des qhull-Codes verwendet. Das numerische Beispiel, das genutzt wurde um die oben erwähnte Version des XNS zu validieren, beinhaltet die 1D-Ausbreitung eines Gauß-Hügels mittels einer Konvektions-Diffusionsgleichung.

Der Metallguss einer Gesenkkavität wurde mit XNS simuliert. Die Simulation wurde auf Basis von Navier-Stokes-Gleichungen sowie Level-Set-Gleichungen erstellt und die Ergebnisse stimmen sehr gut mit denen der Referenzberichte überein. Zusätzlich wurde das Spritzgussverfahren einer komplexen 3D-Kavität simuliert. Dabei ist zu erwähnen, dass Raum-Zeit Gitter mit prismatischen und nicht mit simplex-basierten Elementen für die späteren Simulationen verwendet wurden.

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass zwei auf den Füllvorgang bezogene Benchmark-Fälle erfolgreich simuliert wurden.

In der Zukunft wird das Spritzgießen einer Plattengeometrie (Benchmark-Test iii.) modelliert. Das Hauptziel ist jedoch, die simplex-basierte Version von XNS für Probleme von ingenieurwissenschaftlicher Signifikanz zu verwenden. Daher werden die vorherigen Tests die Grundlage bilden für die Untersuchungen der Simplex Raum-Zeit-Gitter und die

temporale Verfeinerung in der Nähe der sich bewegenden Grenzflächen.

Veröffentlichungen

Bisher gab es keine Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften, jedoch können die folgenden Konferenzvorträge diesem Projekt zugeschrieben werden:

- M. Behr, A. Stavrev, P. Knechtges, L. Pauli und S. Elgeti
Robust and Accurate Tracking of Free Surfaces:
Stabilization and NURBS-Based Discretization Aspects
eingeladener Vortrag auf dem Workshop on High
Performance and Parallel Computing for Materials
Defects and Multiphase Flows, National University of
Singapore, März 2015.
- M. Behr, S. Elgeti, P. Knechtges, L. Pauli and A. Stavrev
Accurate Free-Surface Flow Simulation via Enhanced
Surface Definition, eingeladenener Vortrag auf dem 3rd
German-Japanese Workshop on Computational
Mechanics, München, März 2015.
- M. Behr, A. Stavrev, P. Knechtges, L. Pauli and S. Elgeti
Enhanced Surface Definition in Free-Surface Flow
Simulations, eingeladenener Vortrag auf dem Pan-
American Congress on Computational Mechanics,
Buenos Aires, Argentinien, Mai 2015.
- L. Wendling, M. Frings and M. Behr
Two-Phase Flows Modeling of an Impacting Jet Using
the Level-Set Method
YIC GACM AC.CES Conference, Aachen, Julie 2015.