

FLOW OF MIXTURE THROUGH BIFURCATION

J. Štigler*

Summary: *The first results of solution of mixture flow through bifurcation are presented in this paper. This problem is solved from view of particles settling in the closed branch. Two types of bifurcation are compared. First is bifurcation T and second is type V. Numerical solution of flow in both bifurcation types has been done.*

1. Úvod

V mnoha průmyslových odvětvích je využíváno hydraulické dopravy pevných částic. Například je možné uvést dopravu popílku na skládku, vytěžení písku z odlučovačů písku např. v čistírnách odpadních vod, doprava bauxitového rmutu do procesu výroby hliníku a existuje jistě mnoho dalších případů. Proudění hydrosměsi je složitou problematikou a z provozního hlediska je doprovázeno mnoha nepříjemnými jevy, jako je výrazně vyšší opotřebení potrubí, usazování pevných částí a následné zacpání potrubí apod.

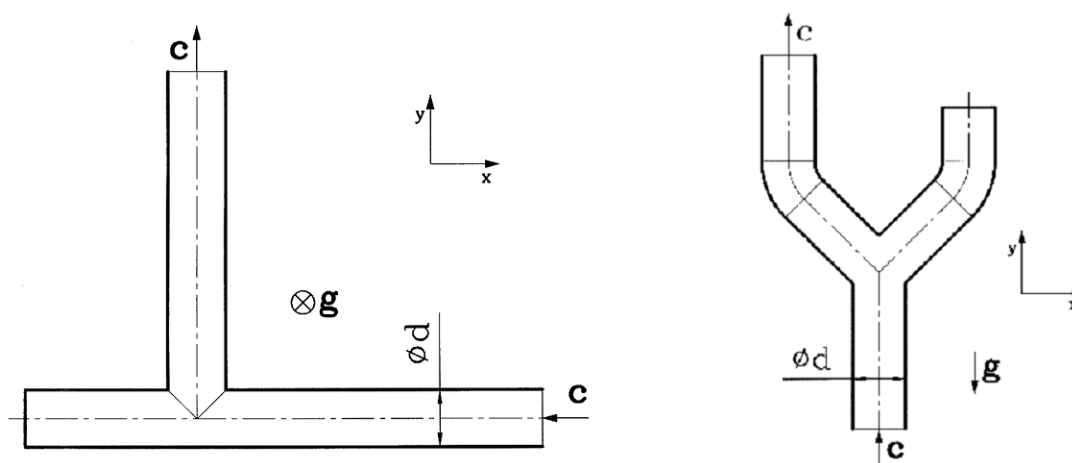
V našem případě se budeme zabývat prouděním bauxitového rmutu, který se skládá ze dvou fází, kapalná fáze je tvořena louhem, a pevná část je tvořena částicemi bauxitu. Z technologických důvodů je bauxitový rmut dopravován na dvě různá místa. To je řešeno rozvětvením potrubí. Doba kterou hydrosměs protéká jednou větví odpovídá dnům. Přitom v uzavřené větvi dochází k usazování pevných částic, což působí problémy při následném přesměrování toku hydrosměsi.

Řešení dané problematiky je v začátcích. Zatím byly řešeny pouze dva typy uspořádání rozvětvení. Stávající – rozvětvení tvaru T a rozvětvení tvaru V.

2. Tvar rozvětvení.

Tvary řešených rozvětvení jsou na obrázku 1. Důležitou roli při řešení hraje poloha rozvětvení vůči tíhovému zrychlení. V případě rozvětvení typu T bylo tíhové zrychlení kolmé na rovinu rozvětvení. V druhém případě bylo rozvětvení typu V orientováno tak, aby tíhové zrychlení mělo směr proti proudu ve větvi, kterou byla kapalina do rozvětvení přiváděna. Průměry potrubí jsou v obou případech stejné, DN 125.

* Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D, Odbor hydraulických strojů V. Kaplana, FSI, VUT v Brně, Technická 2, Brno, tel.: 541 142 342, fax: 541 142 329, e-mail: stigler@eu.fme.vutbr.cz, jstigler@seznam.cz.



Obr.1 Tvarové uspořádání řešených variant rozvětvení

3. Vstupní parametry

V hydrosměsi je zastoupena celá škála velikostí částic bauxitu. Pro první výpočty byly vzaty následující hodnoty odpovídající jednotlivým fázím hydrosměsi.

Louh		Bauxit	
měrná hmotnost (ρ)	1367,5 kg/m ³	měrná hmotnost	2750,0 kg/m ³
dynamická viskozita (η)	0,0075 Pa.s	průměr částic	1,0 mm
objemový podíl	96,4 %	objemový podíl	3,6 %
		hmotnostní podíl	100,0 kg/m ³

Celkový průtok hydrosměsi byl uvažován v rozsahu 40-105 m³/h. Řešení bylo prováděno pro osm různých průtoků.

	jednotky	1	2	3	4	5	6	7	8
$c_{(s)}$	m/s	0,82	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,16
$Q_{(h)}$	m ³ /s	0,0111	0,0135	0,0162	0,0189	0,0216	0,0243	0,0270	0,0292
$Q_{(mc)}$	kg/s	1,11	1,35	1,62	1,89	2,16	2,43	2,70	2,92

$Q_{(h)}$ – celkový průtok hydrosměsi (průtok bauxitového rmutu)

$c_{(s)}$ – střední rychlost v potrubí pro daný průtok

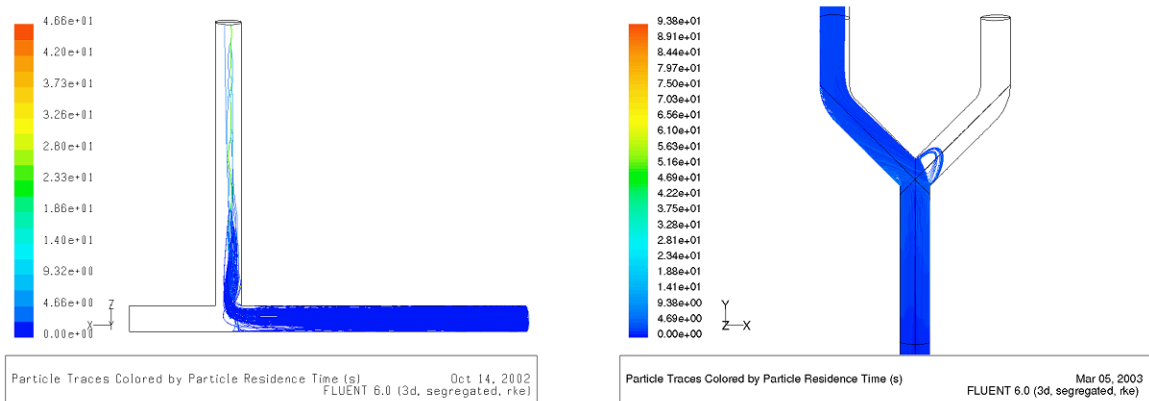
$Q_{(mc)}$ – hmotnostní průtok částic

4. Řešení

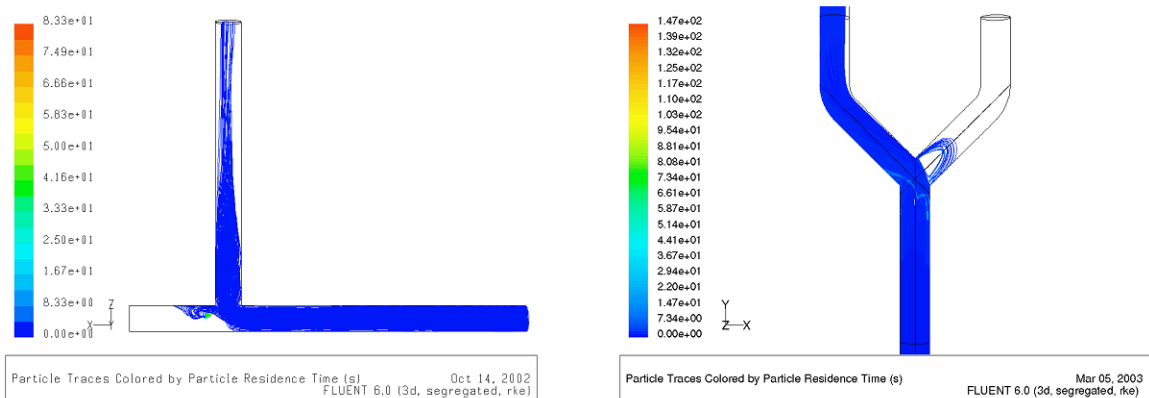
Vzhledem k tomu, že objemový podíl částic je méně než 10%, bylo pro řešení proudění hydrosměsi využito modelu diskretní fáze. Při řešení bylo uvažováno, že kapalná a pevná fáze spolu vzájemně chemicky nereagují. Byl však uvažován vzájemný vliv pevné části na kapalnou a kapalnou na pevnou část z hlediska proudění – rozložení tlaků, a rychlostí.

Na vstupu byly zadáván rychlostní profil, a na výstupu podmínka outflow, tedy derivace ve směru toku je nulová.

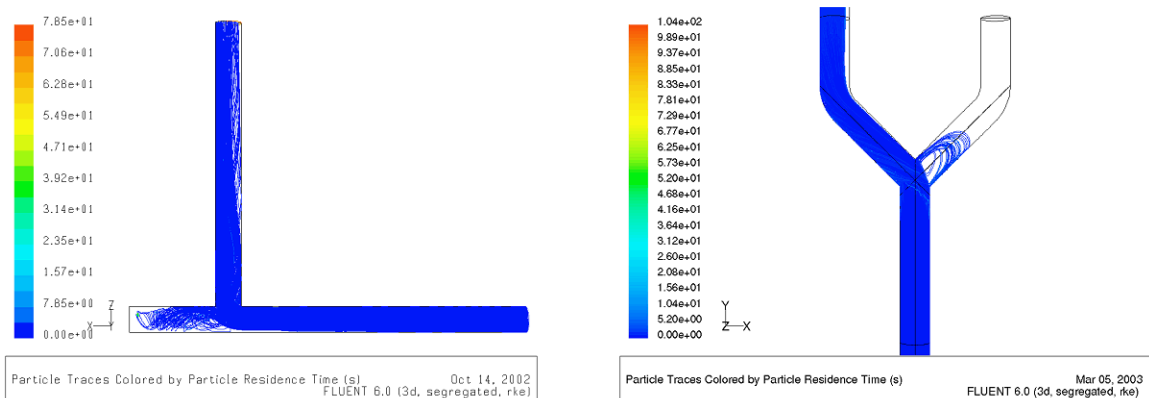
Na obrázku jsou pro stejné vstupní parametry ukázky trajektorií v obou typech rozvětvení



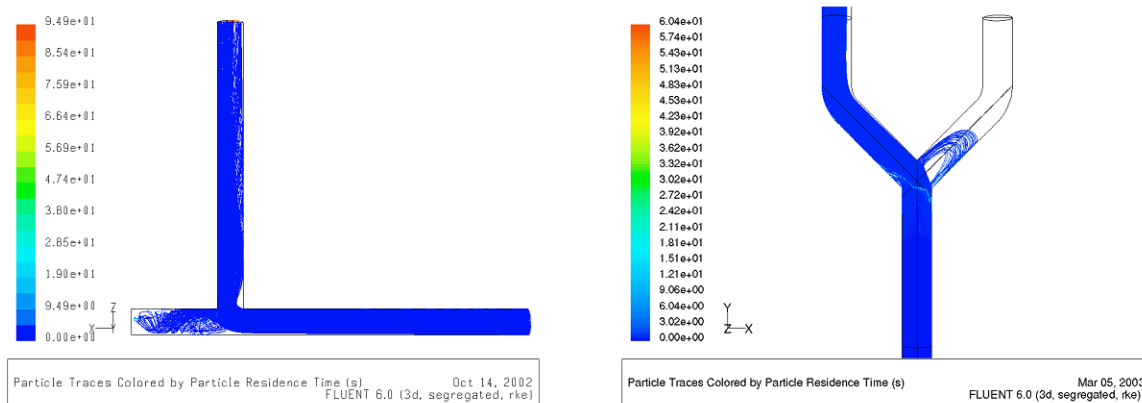
Obr.2 Srovnání trajektorií při průtoku bauxitového rmutu $Q_{(h)}=0,011 \text{ m}^3/\text{s}$, $c_{(s)}=0,82 \text{ m/s}$



Obr.3 Srovnání trajektorií při průtoku bauxitového rmutu $Q_{(h)}=0,0162 \text{ m}^3/\text{s}$, $c_{(s)}=1,20 \text{ m/s}$



Obr.4 Srovnání trajektorií při průtoku bauxitového rmutu $Q_{(h)}=0,0243 \text{ m}^3/\text{s}$, $c_{(s)}=1,80 \text{ m/s}$



Obr.5 Srovnání trajektorií při průtoku bauxitového rmutu $Q_{(h)}=0,0292 \text{ m}^3/\text{s}$, $c_{(s)}=2,16 \text{ m/s}$

5. Diskuse

Z obrázků 2-5 je patrné, že vliv orientace rozvětvení vůči gravitačnímu zrychlení je značný. Tento vliv je tak výrazný, protože měrná hmotnost částic bauxitu je téměř dvojnásobná vzhledem k měrné hmotnosti louhu.

U rozvětvení tvaru T při nízkých průtocích nedochází v uzavřené větvi k usazování částic. Je to dáno tím, že při těchto rychlostech se částice pohybují v blízkosti dna a do odbočky jsou nasměrovány hranou na dně, způsobenou napojením odbočujícího potrubí. Při vyšších průtocích jsou částice více ve vznosu a pak dochází k jejich usazování v zaslepené větvi.

U druhého uspořádání se částice do zaslepené větve dostanou vždy. Ztrácejí však kinetickou energii a vlivem gravitační síly se dostávají zpátky do proudu. Při tomto uspořádání je třeba mít na paměti to, že při nízkých rychlostech může být gravitační síla působící na částici větší než síla vyvolaná proudící kapalinou a částice by padali dolů. To se částečně projevuje u některých částic které se vrací z uzavřené větve, protože u stěn je nízká kinetická energie. V případě druhého uspořádání, do V, se je možno najít další místa, kde mají částice tendenci se usazovat. Je to v oblastech, kde jsou nízké rychlosti, nebo kde dochází ke zpětnému proudění. Jedno je možné lokalizovat blízko za rozvětvením a druhé blízko před kolenem 45° .

Z hlediska opotřebení a usazování částic ve vedlejší větvi by bylo účelné způsobit přihnutí proudu kapaliny, hlavně částic, k vnější části rozvětvení. To by bylo možné v případě, že by se podařilo změnit rozložení tlaků na stěně trubky, protože silové působení na částici, vlivem proudící kapaliny, je závislé na rozložení na hranici proudové oblasti. V místě rozvětvení je rozložení tlaků nesymetrické, to je jeden z vlivů, který způsobuje, že se část částic dostane do odbočující větve.

Na usazování částic má také vliv velikost částic. Při řešení bylo uvažováno, že částice mají tvar kuličky o průměru 1mm. Výhledově bude třeba zjistit, jak se situace změní když bude jejich velikost měněna.

6. Závěr

Jak již bylo řečeno výsledky prezentované v tomto článku jsou pouze prvními krůčky při řešení daného problému. V příspěvku je ukázáno řešení dvou případů rozvětvení potrubí, kterými protéká hydrosměs. Snahou je najít takový tvar rozvětvení, aby bylo zabráněno usazování v uzavřené větvi, a aby se snížilo opotřebení potrubí v oblasti rozvětvení.

Práce bude pokračovat dalšími výpočty a experimenty pro verifikaci výpočtů.

7. Poděkování

Tato problematika je řešena za podpory ministerstva Obchodu a průmyslu s číslem projektu FF-P/051 a názvem "Progresivní technologie hydraulické dopravy zrnitých materiálů".

8. Literatura.

ŠTIGLER, Jaroslav - POCHYLÝ, František. Three-Dimensional Laminar Fluid Flow in T-Part. In *Hydraulic Machinery and Systems : proceedings of the XXIst IAHR Symposium 9-12 September 2002 Lausanne*. Laboratoire de machines hydrauliques, Faculté des sciences et techniques de l'Ingénieur, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Lausanne: Grafisches Unternehmen AG, 2002, s. 325-330. ISBN 3-85545-865-0.