



Tvífasa blenda

Árni Ragnarsson

Greinargerð ÁR-96-01

Tvífasa blenda

Hér verður lýst niðurstöðum útreikninga á sambandi massastreymis og þrýstifalls, þegar blanda vatns og gufu streymir sem tvífasa vökvi gegnum blendu. Aðferðin er byggð á jöfnum sem lýst er í bók D. Chisholms: Two-phase flow in pipelines and heat exchangers, 1983. Jöfnurnar eru leystar með númerískum aðferðum. Í upphafi er gert ráð fyrir að sami þrýstingur sé fyrir framan og aftan blenduna. Síðan er þrýstingurinn aftan við blenduna lækkaður í litlum þrepum, þar til réttum bakþrýstingi er náð. Þannig má reikna massastreymið við hvaða bakþrýsting sem er, óháð því hvort streymið er krítískt eða ekki. Þegar krítískum þrýstingi er náð hættir streymið að aukast, jafnvel þótt bakþrýstingur lækki enn frekar.

Forritið BLENDA var skrifað til að framkvæma þessa útreikninga. Það er skrifað í Fortran og keyrir undir DOS eða Unix stýrikerfum. Einnig hefur forritið verið þýtt sem forritasafn fyrir Windows, og þannig má m.a. kalla það úr Excel töflureikni. Nauðsynlegar inntaksstærðir í forritið eru:

h	Heildarvermi (kJ/kg)
p_0	Þrýstingur framan við blendu (bara)
p	Þrýstingur aftan við blendu (bara)
D	Þvermál rörs (mm)
d	Þvermál blendu (mm)

Í hverju þrýstiþrepi eru reiknaðar ýmsar stærðir, m.a. massastreymi gegnum blenduna. Þannig má fá massastreymið sem fall af þrýstifalli yfir blenduna.

Forritið BLENDA hefur verið notað til að finna einfalda jöfnu fyrir tvífasa massastreymi gegnum blendu. Með hliðsjón af jöfnu Russell James fyrir krítískt tvífasa streymi í pípu gerum við ráð fyrir að krítískt streymi gegnum blendu megi skrifa á eftirfarandi formi:

$$m = F \cdot \frac{d^2 \cdot p_0^y}{h^x} \text{ kg/s}$$

þar sem m er massastreymi gegnum blenduna. Niðurstöður útreikninga sýna minnst frávík frá jöfnunni hér að ofan ef stuðlarnir eru:

$$\begin{aligned}x &= 1,173 \\y &= 0,97 \\F &= 1,123\end{aligned}$$

Jöfnuna fyrir massastreymi má endurbæta þannig að hún gildi einnig fyrir streymi sem ekki er krítískt, þ.e. fyrir minna þrýstifall en u.þ.b. helming af þrýstingi framan við blendu. Með því að bæta við liðum sem innihalda hlutfallslegt þrýstifall yfir blenduna má búa til jöfnuna:

$$m = F \cdot \frac{d^2 \cdot p_0^y}{h^x} \left[a + b \cdot \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right) + c \cdot \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^2 + d \cdot \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^3 \right] \text{ kg/s}$$

Þar sem óvíst er að nægileg nákvæmni fáist með svo almennri jöfnu hafa útreikningarnir verið takmarkaðir við borholuvökva með vermið 1017,8 kJ/kg, en það tilsvorar 238°C hita. Stuðlarnir F og x eru þeir sömu og fyrir krítískt streymi, en gildið á y er annað. Þvermál pípunnar er ekki notað í jöfnunni, en það hefur hverfandi áhrif á massastreymið. Jafnan gefur niðurstöður sem ættu að vera nægilega nákvæmar í flestum tilfellum, ef holutoppþrýstingur er innan ákveðinna marka. Reiknaðir stuðlar í jöfnunni eru:

$$\begin{aligned} x &= 1,173 \\ y &= 1,1 \\ F &= 1,123 \\ a &= 0,224 \\ b &= 3,05 \\ c &= -6,47 \\ d &= 4,74 \end{aligned}$$

Niðurstaðan er sú, að fyrir borholuvökva með vermið 1017,8 kJ/kg og þrýsting framan við blendu á bilinu 10-16 bara, megi nota nálgunarjöfnuna:

$$m = \frac{d^2 \cdot p_0^{1,1}}{1000} \left[0,0746 + 1,01 \cdot \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right) - 2,15 \cdot \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^2 + 1,58 \cdot \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^3 \right] \text{ kg/s}$$

Nálgun fyrir krítískt massastreymi má reikna úr þessari jöfnu með því að setja $\frac{\Delta p}{p_0} = 0,5$.

Samanburður á reiknuðu massastreymi með forritinu BLENDIA og nálgunarjöfnunni hér að framan er sýndur á mynd 1. Þar eru sýnd þrjú tilfelli með mismunandi þrýstingi framan við blendu, 10, 12 og 16 bara. Á myndinni er gefið massastreymi á hvern m² blendu, en heildastreymið er nokkurn veginn í réttu hlutfalli við þverskurðarflatarmál blendunnar. Útreikningarnir eru gerðir fyrir blendu, sem er 50 mm í þvermál, en aðrar blendustærðir gefa svipaða niðurstöðu.

Tvífasa streymi gegnum blendu ($h=1017,8 \text{ kJ/kg}$)

