

Yksinkertainen seinämäyhtälö keski- ja korkeasakeuksisen kuitumassan virtausmallinnukseen

Matti Lindstedt*, Tuomo Aho[#]

*Etteplan Finland Oy, Visiokatu 4, FI-33720
Tampere, Finland
e-mail: matti.lindstedt@etteplan.com

[#]Valmet Technologies, Inc., Automiehenkatu 27,
FI-33840, Tampere, Finland
e-mail: tuomo.aho@valmet.com

ABSTRACT

Paperiteollisuuden prosessilaitteiden, kuten pulpperien, virtausten simuloinnissa tarvitaan realistinen kuvaus kuitumassan viskositeetille eri virtauslaitteissa, jotta tehonkulutus ja virtauskenttä voidaan määrittää tarkasti. Kolme tärkeintä kuitumassan viskositeettiin vaikuttavaa ilmiötä ovat: 1) rajajännitys, jota pienemmällä leikkausjännityksen arvoilla kuitumassa liikkuu kiinteän kappaleen tavoin, 2) leikkausohenevuus, joka pienentää viskositeettia leikkausjännityksen kasvaessa, ja 3) kuitumassan ja seinän väliin muodostuva hyvin ohut vesikalvo tai matalan sakeuden kerros, jonka ansiosta massa virtaa esimerkiksi putkessa myös rajajännitystä pienemmällä leikkausjännityksen arvoilla. Kuitumassan rajajännitys ja leikkausohenevuus voidaan ottaa huomioon virtauslaskennassa esimerkiksi Herschel-Bulkley viskositeettimallilla, jonka parametrit sakeuden funktiona tunnetaan eri kuitutyypeille. Kolmas ilmiö, eli vesikalvon aiheuttama seinämäkitkan alentuma riippuu mm. sakeudesta sekä paikallisesta virtausnopeudesta. Jäsberg [1] mittasi kuitumassan nopeusprofiilin putkivirtauksessa matalassa sakeudessa (1 %-2 %) ja esitti sekä tulppavirtauksen, että turbulentin virtauksen painehäviölle korrelaatiot, jotka ennustavat putkivirtauksen painehäviön hyvällä tarkkuudella. Korrelaatioissa on otettu huomioon vesikalvon vaikutus.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on parantaa virtauslaskennan tarkkuutta erityisesti pulppereissa. Käytämme laskentaesimerkinä Valmetin tyypillistä vaakapulperia, joka simuloidaan CFD:llä käyttäen ANSYS Fluent 2021 R2 ohjelmaa. Vaakapulperin tehtävänä on hajottaa paperikoneelta tulevaa reunanauhaa sekä ratarikon sattuessa osa koneen tuotannosta. Kuitumassan sakeus on 4-5 %, jolloin virtaus on laminaarista suuressa osassa ammetta ja turbulentista vain roottorin läheisyydessä. Käytettäessä standardi-seinämäyhtälöä simulaatiossa, roottorilta tuleva virtaus ei kulje seinää pitkin kuin lyhyen matkan, minkä jälkeen se kääntyy ammeen sisäosiin ja takaisin roottorille jättäen noin puolet ammeen massasta paikalleen. Tämä ei vastaa käytännön havaintoja. Simuloitu virtauskenttä on vääränlainen, koska seinälle muodostuvan vesikalvon vaikutusta ei ole otettu huomioon.

Parannamme simulaation tarkkuutta muokkaamalla standardi-seinämäyhtälöä yksinkertaisella mallilla, jossa on vain yksi parametri. Mallin parametrille etsittiin sopiva arvo vertaamalla ammeen pinnan simuloitua nopeutta käytännössä havaittuun nopeuteen vastaavassa ammeessa. Uutta seinämäyhtälöä käytettäessä virtaus kulkee vaakapulperin ammeen pohjaa pitkin lähes ammeen toiselle reunalle asti eikä ammeeseen jää suuria paikallaan olevia alueita. Virtauskenttä roottorin päällä olevassa kourussa on myös todenmukaisempi kuin käytettäessä standardi-seinämäyhtälöitä. Tulevaisuudessa vaakapulperin pinnan nopeusjakauma voidaan mitata entistä tarkemmin ja näin etsiä mallin parametrille sopiva arvo eri sakeuksille. Kehitettyä mallia voidaan käyttää parantamaan simulaatioiden tarkkuutta erityyppisissä pulppereissa ja prosessilaitteissa, joissa käsitellään keskisakeaa kuitumassaa.

[1] Jäsberg, A. Flow behaviour of fibre suspensions in straight pipes: new experimental techniques and multiphase modeling. PhD Thesis, University of Jyväskylä. 2007.

Keywords: Kuitumassa, seinämäyhtälö, vesikalvo, vaakapulperi, CFD.