

Vpliv hidrodinamske kavitacije na pripravo vodne raztopine detergent za pranje tekstila

Tadej Stepišnik Perdih* – Brane Širok – Matevž Dular

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Pralni stroji so eni izmed največjih porabnikov energije in vode v gospodinjstvih. V zadnjih letih je znanstvena skupnost vložila veliko truda v trajnostni razvoj, tudi na področju pranja tekstila. Kljub temu pa je priprava raztopine vode in detergenta popolnoma prezrt proces s strani raziskovalcev. Priprava pralne raztopine v pralnih strojih, ki so trenutno na voljo na trgu, lahko traja do 10 minut. Avtorji raziskave menimo, da bi z izkoriščanjem hidrodinamske kavitacije lahko ta proces močno izboljšali.

Pojem kavitacija označuje nastanek parnih mehurčkov v kapljevini, njihovo aktivnost in prehod nazaj v kapljevito stanje. Pojavi se zaradi lokalnega zmanjšanja tlaka, pri čemer ostane temperatura medija približno nespremenjena. Kavitacija je vedno bolj uveljavljena metoda v procesni in kemijski industriji, saj se ob kolapsih kavitacijskih mehurčkov vzpostavijo ekstremne razmere. Te razmere omogočajo izvedbo procesov, za katere so sicer potrebne enormne količine energije

V naši raziskavi prikazujemo posebej zasnovan rotacijski generator hidrodinamske kavitacije, s katerim želimo izboljšati pripravo vodne raztopine detergenta. Delovanje generatorja kavitacije smo eksperimentalno testirali na laboratorijski postaji pralnega stroja. Kakovost priprave pralne kopeli smo ocenili glede na količine neraztopljenega pralnega praška po določenem času. Da bi lahko ustrezno določili, kakšen vpliv na izboljšanje priprave pralne kopeli ima sama kavitacija, smo v napravi vzpostavili dva obratovalna režima. V prvem režimu smo tlak v sistemu izenačili z atmosferskim tlakom (101 kPa). Pri takšnih pogojih je naša naprava generirala kavitacijo. V drugem režimu pa smo ustvarili nadtlak (253 kPa) in s tem preprečili nastanek kavitacije, kljub temu, da so bili ostali obratovalni pogoji identični (vrtlina frekvenca rotorja, pretok skozi napravo, temperatura). Prisotnost in agresivnost kavitacije smo merili z računalniško podprto vizualizacijo s hitro kamero in zajemom pulzacij dinamičnega tlaka s hidrofonom. Količino neraztopljenega detergenta smo določevali s preciznim tehtanjem filtra, preko katerega smo pretočili raztopino. Razlika v masi filtra pred in po eksperimentu predstavlja količino neraztopljenega detergenta. Izvedli smo 24 eksperimentov, pri nespremenjeni vrtilni frekvenci rotorja 7000 vrtljajev na minuto in pri petih različnih časih obratovanja.

Rezultati kažejo na to, da lahko z uporabo kavitacije občutno izboljšamo priprav pralne raztopine. Pri obratovanju generatorja kavitacije v kavitacijskem režimu se je več kot 80 % detergenta raztopilo v pičlih 10 sekundah. Enaka količina detergenta se je v režimu brez kavitacije raztopila šele po 150 sekundah. Izboljšanje procesa gre pripisati mehanskim efektom ob implozijah kavitacijskih mehurčkov in izboljšanjem mešanju. Na diagramu tlačnih pulzacij je razvidno, da so tlačne amplitude v kavitacijskem režimu za faktor 2 večje, v primerjavi z amplitudami v ne-kavitacijskem režimu. Posledično se ob generaciji kavitacije znotraj komore močno poveča stopnja turbulence in interakcija med detergentom in vodo. Učinkovitost raztapljanja se za oba obratovalna režima eksponentno zmanjšuje s časom. Do tega pride, ker se verjetnost interakcije med topljencem in topilom postopoma zmanjšuje.

Predstavljena raziskava prikazuje, kako lahko učinkovito skrajšamo čas pralnih programov z izrabo kavitacije. Ob enem avtorji predvidevajo, da vgradnja podobne naprave v pralni stroj ne bi povečala porabe energije, saj se izgube pri generaciji kavitacije pojavljajo v obliki toplote. V primeru pralnih strojev pa je ta toplota v osnovi koristna energija, saj razbremenjuje električne grelce.

Načrtovane so tudi dodatne raziskave za možnosti uporabe takšne naprave v pralnih strojih. Tehnologija pranja tekstila se nenehno izboljšuje, področja uporabe kavitacije pa se hitro širijo. Raziskovalci že iščejo možnosti izrabe kavitacije za čiščenje tekstila, dezinfekcijo, odstranjevanje in preprečevanje nastanka vodnega kamna.

Ključne besede: hidrodinamska kavitacija, rotacijski generator kavitacije, agresivnost kavitacije, pralni stroj, raztapljanje