

# Učinek prevlek lopatic na delovanje centrifugalnih črpalk pri toku z usedlinami

Yong Wang<sup>1</sup> – Zilong Zhang<sup>1</sup> – Jie Chen<sup>2</sup> – Houlin Liu<sup>1</sup> – Xiang Zhang<sup>3,\*</sup> – Marko Hočevar<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Jiangsu univerza, Raziskovalni center za dinamiko fluidov, Kitajska

<sup>2</sup> Tehnološki inštitut v Pekingu, Fakulteta za strojništvo, Kitajska

<sup>3</sup> Xihua univerza, Laboratorij za fluide, Kitajska

<sup>4</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Centrifugalne črpalke pogosto črpajo tok z usedlinami, npr. za namakanje, v metalurgiji, rudarstvu itd.. Trdna faza v sedimentu povzroči abrazijo omočenih površin, predvsem lopatic, kar vodi do povečanega hrupa, vibracij, puščanja in na koncu do odpovedi črpalke. Zaradi velike hitrosti vrtenja rotorja do odpovedi pride najpogosteje zaradi poškodb na tlačni površini lopatic rotorja. Poleg tega močne vibracije, nihanje tlaka in abrazija materiala poškodovane centrifugalne črpalke znatno zmanjšajo zanesljivost sistema črpališč in povzročajo onesnaževanje okolja s hrupom. Z nanašanjem trdih prevlek na površino lopatic centrifugalnih črpalk želimo podaljšati življenjsko dobo črpalk pri črpanju toka z usedlinami. Študij tokov v dvofaznih dvofaznih centrifugalnih črpalkah z zaščitnimi premazi na lopaticah je v nam dostopni literaturi malo. Trenutno se raziskave na tem področju izvajajo predvsem s pomočjo numeričnih simulacij. Čeprav je numerična simulacija učinkovita metoda za napovedovanje rezultatov, so natančni eksperimenti bistveni za raziskave delovanja.

Da bi raziskali učinek trdih prevlek, smo eksperimentalno preučevali fluktuacije energije, vibracij in tlaka centrifugalne črpalke. Konstrukcijski parametri modelne črpalke so naslednji: nazivni pretok  $Q_d = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ , višina  $H = 22 \text{ m}$ , izkoristek  $\eta = 48 \%$ , nazivna moč gredi  $P = 1,5 \text{ kW}$ , hitrost vrtenja  $n = 2900 \text{ vrt}/\text{min}$  in specifična hitrost  $n_s = 81,46$ . Merilno postajo so sestavljali cevovodi, rezervoar za vodo, izstopni ventil, potopna črpalka, dovodni ventil, elektromagnetni merilnik pretoka, model črpalke s frekvenčnim pogonom, sistem za merjenje fluktuacij tlaka, sistem za merjenje vibracij in sistem za merjenje električne moči črpalke. V poskusu je bila uporabljena enostopenjska horizontalna centrifugalna modelna črpalka z ravnimi lopaticami.

Kot zaščitni material, uporabljen na tlačni površini lopatic, je bil izbran poliuretan. Poliuretanska obloga je bila izdelana s tehnologijo 3D tiska. Debelino prevleke smo predstavili v brezdimenzijski obliki, pri čemer je Ki koeficient debeline prevleke,  $i = 0, 1, 2, 3$ . Debeline prevleke so znašale 0 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mm, ustrezní koeficienti debeline prevleke pa znašajo  $K_0 = 0, K_1 = 1, K_2 = 2$  in  $K_3 = 3$ .

Rezultati kažejo, da je dobavna višina pri črpanju vode z usedlinami nekoliko večja kot pri čisti vodi z enakim koeficientom debeline prevleke, kadar je volumetrični pretok pod približno 0,9 nazivnega pretoka. Pri večjih pretokih je dobavna višina v primeru črpanja čiste vode višja.

Če vstopni in izstopni kot ter oblika lopatic ostanejo nespremenjeni, se višina H in izkoristek  $\eta$  pri črpanju čiste vode in vode z usedlinami znatno zmanjšata s povečanjem koeficienta debeline prevleke. Frekvenca vrtenja rotorja in frekvenca prehoda lopatic BPF sta glavni frekvenci vzbujanja vibracij črpalke in nihanja izhodnega tlaka. Amplituda hitrosti vibracij in nihanje izhodnega tlaka pri frekvenci 1 BPF sta največja, na drugem mestu pa sledi primer pri frekvenci vrtenja rotorja. Najvišje vrednosti amplitude hitrosti vibracij in nihanja izhodnega tlaka so sorazmerne s koeficientom debeline prevleke.

Analiza je bila izvedena za več naraščajočih debelin prevlek, kar ustreza koeficientom od  $K_0$  do  $K_3$ . Pri koeficientih debeline prevleke  $K_0, K_1$  in  $K_2$  je amplituda hitrosti vibracij pri črpanju toka z usedlinami večja od vrednosti pri črpanju čiste vode, medtem ko je pri koeficientu debeline prevleke  $K_3$  razlika zelo majhna. Amplitude nihanj tlaka pri različnih pretokih se najprej zmanjšajo in nato povečajo s povečevanjem koeficienta debeline prevleke, najnižje vrednosti pa so pri koeficientu debeline prevleke  $K_1$ .

**Ključne besede:** centrifugalna črpalka, obraba, prevleka lopatic, vibracije, fluktuacije tlaka, tok z usedlinami