

## Izpeljava parametričnih enačb za rezalno silo pri vrtnanju polimerov, ojačenih s steklenimi vlakni

Eda Okutan\* – Sedat Karabay – Tamer Sınmazçelik – Egemen Avcu  
Univerza v Kocaeliju, Oddelek za strojništvo, Turčija

V članku je predstavljena izpeljava enačb za sile pri vrtnanju polimerov, ojačenih s steklenimi vlakni, usmerjenimi pod kotom  $0^{\circ}/+45^{\circ}/90^{\circ}/-45^{\circ}$  (GFRP).

Vrtnanje v kompozitni material GFRP je bilo opravljeno s posebej zasnovanim vrtnim sistemom, dinamika vrtnega navora in potisne sile pri različnih podajalnih hitrostih in premerih vrtnanja pa je bila zajeta s pomočjo dinamometra, ojačevalnika in računalnika. Opredeljen je bil model za vrtnanje GFRP in preizkušena je bila njegova veljavnost. Eksperimentalni podatki so bili ovrednoteni z matematičnimi modeli, ki določajo empirične povezave med ključnimi parametri. Rezalne sile pri vrtnanju GFRP so bile izračunane na osnovi empiričnih enačb, rezultati pa so bili nato primerjani z rezultati meritev za verifikacijo izpeljanih enačb. Preučena je bila tudi morfologija površine lukenj v vzorcih GFRP s pomočjo povečave pod optičnim mikroskopom in vrstičnim elektronskim mikroskopom (SEM).

Obdelava je bila izvedena na vzorcih GFRP. Med obdelavo sta bila merjena navor in potisna sila pri različnih podajalnih hitrostih in premerih vrtnanja s pomočjo kombinacije dinamometra, ojačevalnika in računalnika. Eksperimentalni podatki so bili nato ovrednoteni z matematičnimi modeli, ki določajo empirične povezave med ključnimi parametri. Rezalne sile pri vrtnanju GFRP so bile izračunane na osnovi empiričnih enačb, rezultati pa so bili nato primerjani z rezultati meritev za verifikacijo izpeljanih enačb.

Izkazalo se je, da se ob povečevanju premera svedra in podajalne hitrosti pri obdelavi GFRP povečata potisna sila in vrtni navor. Rezultati tudi potrjujejo, da se s povečevanjem premera svedra povečuje količina materiala nepreoblikovanih odrezkov.

Primerjava izmerjenih in empiričnih rezultatov za sile pri vrtnanju kaže določene razlike. Takšnim rezultatom se ni mogoče izogniti zaradi mikrostrukture GFRP. Ni presenetljivo, da se pri obdelavi kompozitnih materialov neizotropne narave kažejo večja nihanja kot pri obdelavi homogenih, izotropnih ali kvaziizotropnih materialov. Te razlike pa niso zelo pomembne za ocenjevanje velikosti sil pri obdelavi z empiričnimi enačbami. Empirične enačbe namreč ne dajejo natančnih vrednosti, ampak le orientacijske vrednosti. Izpeljana empirična razmerja so ob upoštevanju določenih odstopanj za materiale podobne vrste primerna za prve faze snovanja in konstrukcije.

Glavni cilj te študije je bil poiskati povezave med rezalnimi silami in ključnimi parametri obdelovalnega stroja. Zelo pomembne so tudi kakovost površine izvrtine in poškodbe, ki nastanejo ob podajanju svedra v material. Na izstopni strani lukenj se je sicer pojavila delaminacija, ugotovljena pa je bilo, da sta kakovost površine in dimenzijska natančnost luknje sprejemljiva za mehanske zveze z vijaki. Kakovost in hrapavost površine obdelanih lukenj sta posledica nezvezne zgradbe GFRP. Te nezveznosti v umetnih materialih so tudi ključni razlog za nihanja sile.

V gradbeništvu, letalski in avtomobilski industriji se pogosto pojavlja potreba po vrtnanju v konstrukcijske dele iz kompozitov, le malo pa je znanega o interakciji med vrtnim orodjem in materialom. Študija osvetljuje vprašanje, ali je verificirani model za železove zlitine uporaben tudi za prvo oceno rezalnih sil pri obdelavi kompozitov vrste GFRP. Izkazalo se je, da so sile pri vrtnanju v dele gradbenih in strojnih konstrukcij enostavno določljive. Konstruktorjem so tako na voljo praktične informacije za preprečevanje čezmerne sile, ki bi lahko poškodovale kompozitne konstrukcije.

Shawov in Oxfordov model, ki je bil razvit za kovine, je tako inovativno uporabljen na GFRP.

**Ključne besede:** GFRP, obdelovalnost, morfologija površine, potisna sila, vrtni navor, empirična enačba