

# Model utrjevanja materiala s kombiniranim delovanjem kolapsa kavitacijskih mehurčkov in delcev $\text{Al}_2\text{O}_3$ ter njegova eksperimentalna potrditev

Lei Liu\* – Huafeng Guo – Ping Yu

Tehniška univerza Xuzhou, Fakulteta za strojništvo in elektrotehniko, Kitajska

Namen raziskave je razvoj nove metode utrjevanja zlitin s kombinacijo dinamike fluidov in hladnega površinskega kovanja.

Preizkušanci so bili utrjeni s kombinacijo hladnega površinskega kovanja z nanodelci  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in delovanja energije, ki nastane ob kolapsu kavitacijskih mehurčkov. Izbrani so bili naslednji testni parametri: moč ultrazvoka 500 W, frekvenca ultrazvoka 20 kHz, transformator za merjenje amplitude premera 15 mm na oddaljenosti 1 mm od površine vzorca in temperatura 20 °C. Z ultrazvokom so bili ustvarjeni kavitacijski mehurčki premera 2 mm do 5 mm, prožilna frekvenca pa je bila približno 60 Hz. Preizkušanci dimenzij 20 mm × 20 mm × 0,5 mm so bili izdelani iz magnezijeve zlitine AZ31. Premer delcev  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je bil manjši od 500 nm. Preizkušanci so bili pred preizkusi spolirani z brusnim papirjem (granulacija 8000), po preizkusu pa so bili očiščeni, posušeni s hladnim zrakom in shranjeni v zatesnjenih posodah.

Članek obravnava teorijo dinamike fluidov, dovajanje energije s kolapsom kavitacijskih mehurčkov ter izboljšanje prijemanja nanodelcev na substrat.

Po 5 minutah kombiniranega delovanja se pod vrstičnim elektronskim mikroskopom pokažejo nanodelci na površini preizkušanca. S preiskavami XRD in XPS je bilo ugotovljeno povečanje vsebnosti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , kar pomeni, da so delci  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zasidrani v površini preizkušancev. Mikrotrdota preizkušancev se je izboljšala za 36 %, vsebnost  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pa se je povečala za 1 %. Mehanizem utrjevanja s kombiniranim delovanjem je mogoče pojasniti s prenosom energije, ki nastane ob kolapsu kavitacijskih mehurčkov, na delce  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ti pa nato udarijo ob površino preizkušanca. Udarno delovanje na preizkušane je tako bolj nežno, prehodno območje z jamicami na površini preizkušanca pa je precej bolj gladko in zvezno. Površina preizkušanca se še dodatno utrdi zaradi zasidranja nanodelcev  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v površino. Ti nanodelci imajo visoko trdnost in mikrotrdoto. S podaljševanjem časa utrjevanja se na površini postopoma oblikujejo nezaželene morfološke strukture. Ob podaljšanju časa kombiniranega delovanja na 10 minut so bile ugotovljene poškodbe na večjem delu površine. Rezultati preiskav XRD in XPS so pokazali, da delci  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vplivajo na adhezijo površinskih slojev, ki zato postopoma odpadejo od preizkušanca. Predolga obdelava zato škoduje lastnostim preizkušancev.

Podaljšanje časa utrjevanja vodi v poškodbe in zato mora biti ta čas strogo nadzorovan. Seveda je odvisen tudi od mnogih drugih lastnosti, kot je debelina preizkušanca, ki jih bo treba podrobneje preučiti.

Praktični, teoretični in znanstveni prispevki raziskave so:

- Magnezijeva zlitina je bila izpostavljena utrjevanju s kombinacijo kavitacijskih mehurčkov in nanodelcev  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- Ko pride do kolapsa kavitacijskega mehurčka v bližini stene preizkušanca, delci  $\text{Al}_2\text{O}_3$  udarijo ob površino magnezijeve zlitine in se zasidrajo v njej. Magnezijeva zlitina se tako utrjuje pod vplivom udarnih valov, ki jih oblikujejo mikrocurki.
- Zasidranje delcev  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v površini preizkušanca je glavni dejavnik, ki vpliva na model kombiniranega utrjevanja in prispeva k izboljšanju lastnosti preizkušancev.
- Delci  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se po daljši obdelavi iztrgajo iz površine preizkušanca, kar privede do degradacije mehanskih lastnosti zlitine.

**Ključne besede:** kolaps kavitacijskega mehurčka, nanodelci, sklopitev, model utrjevanja, mikrotrdota, morfolologija, preostale napetosti