

## Preverjanje sposobnosti merilnega sistema za identifikacijo virov variabilnosti pri strižnem preizkusu uporovnih točkovnih zvarov

Fabrcio Alves de Almeida<sup>1,\*</sup> – Guilherme Ferreira Gomes<sup>2</sup> – Rachel Campos Sabioni<sup>3</sup> – José Henrique de Freitas Gomes<sup>1</sup> – Vinicius Renó de Paula<sup>1</sup> – Anderson Paulo de Paiva<sup>1</sup> – Sebastião Carlos da Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zvezna univerza v Itajubi, Inštitut za industrijski inženiring in upravljanje, Brazilija

<sup>2</sup> Zvezna univerza v Itajubi, Strojniški inštitut, Brazilija

<sup>3</sup> Univerza Sorbona, Tehniška univerza v Compiègne, Oddelek za strojništvo, Francija

V raziskavi je bila opravljena gnezdena študija ponovljivosti in obnovljivosti (NGR&R) merilnega sistema z analizo variance (ANOVA) za identifikacijo komponent variabilnosti pri strižnem preizkusu z delovanjem natezne sile, s katerim se ugotavljata dve lastnosti: strižna in natezna trdnost. Eksperimenti so bili opravljeni z vroče pocinkanim jeklom po načrtu DOE, v katerem izbrani preizkušanci predstavljajo realno amplitudo procesa. Uporovno točkovno varjenje (UTV) je tehnika spajanja konstrukcijskih elementov, ki je razširjena v avtomobilski industriji zaradi svoje prilagodljivosti, primernosti za avtomatizacijo, preprostega rokovanja, raznovrstnih možnosti in nizkih stroškov. Zaradi razširjenosti in pomena tehnologije UTV v industriji so bile razvite nove metodologije za prilagajanje parametrov, ki prispevajo k nadzoru in sposobnosti procesa.

Preizkušane je v strižnem preizkusu izpostavljen delovanju sil v nasprotnih smereh. Težnje po boljši kakovosti vodijo industrijska podjetja k nenehnemu izboljševanju učinkovitosti. Tudi kadar je vsa pozornost posvečena izboljšavam procesa, ta zato ni nujno boljši, saj so lahko viri variabilnosti tudi v merilnem sistemu. Obstaja torej potreba po verifikaciji variabilnosti merilnih sistemov v industrijskih procesih, kot je UTV.

Za nadzorovanje in spremljanje kakovosti rezultatov UTV je na voljo več preizkusov za določanje mehanskih lastnosti, kot je strižni preizkus. Gre za porušno preiskavo, s katero se vrednoti mehanska trdnost zvarne točke. Porušne preiskave v avtomobilski industriji se izvajajo z občasnim vzorčenjem. Kakovost procesov se verificira s kvantitativnimi metodami in variabilnost v rezultatih porušnih preiskav lahko izhaja tako iz proizvodnega procesa kakor tudi iz samega merilnega sistema. V tem primeru se je treba pri eksperimentalnih postopkih izogniti merilnim napakam.

Ponovljivost je določena z variabilnostjo sistema pri vnaprej določenih pogojih merjenja (del, okolje, operater, merilna oprema) enega samega preizkušanca. Obnovljivost je določena s povprečno variabilnostjo merilnega sistema med različnimi operaterji, ki merijo isti preizkušane z isto opremo.

Predstavljena analiza merilnega sistema s primerjavo strojev za natezni preizkus (stroja 1 in 2), na katerih se izvajajo porušne preiskave (denimo strižni preizkus) rezultatov procesa UTV, je izviren prispevek, saj objavljena poročila o tovrstnih analizah procesa UTV ne vključujejo podobnih vrednotenj. Poleg tega je na osnovi pregledane literature mogoče potrditi tudi pomen uporabe pocinkane jekla v tem procesu. Glede na pomen merilnih sistemov v industrijskih procesih (še posebej pri UTV) je v članku predstavljena študija NGR&R merilnega sistema za strižni preizkus, s katero so bili preverjeni viri variabilnosti merilnega sistema v procesu UTV, in sicer s primerjavo dveh strojev za natezni preizkus po metodi ANOVA. Omejitve procesnih parametrov so bile za zagotavljanje zelenih načinov odpovedi opredeljene na podlagi preliminarnih preizkusov. Uporabljena je bila metoda načrtovanja eksperimentov (DOE), tako da so lastnosti uporabljenih preizkušancev predstavljale realno amplitudo procesa UTV.

Ugotovljeno je bilo, da daje stroj št. 1 večji prispevek k variabilnosti sistema in da njegovi merilni rezultati niso pod nadzorom, kakor tudi da ima ta stroj manjšo stopnjo ponovljivosti kot stroj št. 2. Poleg tega stroj št. 1 ni bil dobro nastavljen, saj je več preizkušancev med testi zdrsnilo. Iz rezultatov sledi sklep, da so potrebne določene izboljšave pri vpenjanju preizkušancev s prevlekami (kot je pocinkana pločevina), s katerimi bodo odpravljeni zdrsi, rezultati preizkusov s tovrstno opremo pa bodo zanesljivejši.

Ugotovljena je bila tudi večja variabilnost meritev pri preizkušancu št. 7, še posebej na stroju št. 1. Nova študija po identifikaciji odstopajočega dela je pokazala zmanjšanje variabilnosti sistema za merjenje natezne trdnosti, novi točki zunaj nadzora pa sta bili ugotovljeni pri preizkušancih št. 1 in 2.

**Ključne besede:** točkovno varjenje, analiza merilnega sistema, strižni preizkus, NGR&R, ANOVA, DOE, variabilnost