

# Variabilnost preoblikovalnega utrjanja po globini pri debelih ploščah iz jekla visoke trdnosti: nova metoda inverzne karakterizacije

Kristof Denys<sup>1</sup> – Niels Vancraeynest<sup>1</sup> – Steven Cooreman<sup>2</sup> – Marco Rossi<sup>3</sup> – Sam Coppieters<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Oddelek za gradiva, KU Leuven, Belgija

<sup>2</sup>Arcelor Mittal Global R&D / OCAS NV, Belgija

<sup>3</sup>Oddelek za industrijski inženiring in matematične vede, Università Politecnica delle Marche, Italija

Debele plošče iz jekla visoke trdnosti lahko zaradi proizvodnega procesa izkazujejo nehomogeno plastično vedenje materiala po globini. Napetost tečenja in lastnosti preoblikovalnega utrjanja lahko tako variirajo po globini plošče. Za opredelitev zanesljivega modela plastičnosti, ki ga bo mogoče uporabiti v simulacijah po metodi končnih elementov pri optimizaciji procesov preoblikovanja ali preučevanju integritete velikih konstrukcij, je potrebna karakterizacija omenjenih materialnih lastnosti. Običajna metoda karakterizacije vključuje razrez debele plošče iz jekla visoke trdnosti na rezine in izvedbo standardnih nateznih preizkusov. Tak pristop pa zahteva veliko eksperimentalnega dela.

Podan je predlog novega preizkušanca, ki omogoča inverzno identifikacijo lastnosti preoblikovalnega utrjanja na različnih točkah po globini debele jeklene plošče. Gre za natezni preizkušavec s krožnimi žepi na različnih globinah. Polja deformacij v žepih se zajamejo s postopkom digitalne slikovne korelacije (DIC). Za vsak žep se inverzno identificira vnaprej opredeljeni zakon preoblikovalnega utrjanja po metodi posodabljanja modela končnih elementov (FEMU). Postopek je bil najprej optimiziran in numerično potrjen z virtualnimi eksperimenti na modelu po metodi končnih elementov z znano variabilnostjo lastnosti preoblikovalnega utrjanja. Postopek je bil končno eksperimentalno validiran s karakterizacijo preoblikovalnega utrjanja 10 mm debele plošče iz jekla kvalitete S690QL.

Predlagana inverzna metoda omogoča hkratno identifikacijo lastnosti preoblikovalnega utrjanja v petih različnih slojih jeklene plošče z debelino 10 mm. Postopek inverzne identifikacije se kvalitativno ujema z metodo razreza na rezine. Ugotovljeno je bilo rahlo odstopanje, ki ga je mogoče pripisati predvsem uporabi vnaprej opredeljenega zakona utrjanja pri metodi FEMU. Kakovost S690QL izkazuje znatno variabilnost lastnosti preoblikovalnega utrjanja po globini.

Uporaba nateznega preizkušanca s krožnimi žepi je nov pristop za inverzno karakterizacijo variabilnosti preoblikovalnega utrjanja po globini pri debelih jeklenih ploščah. Študija vključuje numerično analizo za oblikovanje preizkušanca ter validacijo identifikacijske strategije. Metoda je bila nato uporabljena na plošči iz jekla S690QL debeline 10 mm, rezultati pa so bili primerjani z rezultati klasične metode razreza.

**Ključne besede:** preoblikovalno utrjanje po globini, FEMU, Nelder-Mead, stereo DIC, S690QL, debelo jeklo visoke trdnosti