

Raziskava analitične metode za določitev sil pri hladnem tolkalnem valjanju večutornih gredi

Qun Ma* – Xiangwei Zhang

Znanstveno-tehniška šola za vojaško orožje, Tehniška univerza Xi'an, Kitajska

Hladno tolkalno valjanje je učinkovit postopek za plastično preoblikovanje kovine pri izdelavi večutornih gredi. Dva valja z visoko hitrostjo valjata kovino s prekinitvami, kovina pa se pri tem plastično deformira in nastanejo utori, ki ustrezajo obliki profila valjev. V članku je za preučitev procesa deformacije kovine ter za točno in učinkovito določitev parametrov sil in energije pri hladnem tolkalnem valjanju postavljen diskreten analitični model, ki omogoča izračun poteka preoblikovalne sile pri hladnem tolkalnem valjanju.

Preučena so bila gibanja med preoblikovanjem in lastnosti v coni deformacije kovine. Proces hladnega tolkalnega valjanja je bil diskretiziran na podlagi spreminjanja lokacije in parametrov deformacijske cone v kovini. Sila preoblikovanja v vsaki diskretni točki je bila izračunana po metodi glavnih napetosti. Končno je bil postavljen še diskreten analitični model za izračun sil pri obravnavanem procesu.

Deformiranje kovine je bilo simulirano v programskem paketu za analize po metodi končnih elementov DEFORM-3D in izračunana je bila sila pri preoblikovanju. Valj je bil modeliran kot togo telo, obdelovanec pa kot plastično telo. Analiza lastnosti deformacijske cone v kovini je bila tudi eksperimentalno verificirana. Za potrebe izvedbe eksperimentalnega hladnega tolkalnega valjanja in meritev je bil predelan horizontalni rezkalni stroj. Izdelan je bil valj, ki je bil vpet v vreteno horizontalnega rezkalnega stroja. Sila pri preoblikovanju je bila izmerjena s triosnim senzorjem PCB261A03.

Radialna sila, določena s simulacijo po metodi končnih elementov in eksperimentalno, je veliko večja od tangencialne sile, za verifikacijo diskretnega analitičnega modela pa je bila zato upoštevana samo radialna sila. Napaka maksimalne vrednosti radialne sile, izračunane po diskretnem analitičnem modelu, je znašala 7 % v primerjavi z rezultati simulacije po metodi končnih elementov oz. 4 % v primerjavi z rezultati eksperimentov. Trend spremenljive radialne sile, izračunan z diskretnim analitičnim modelom, se ujema z rezultati simulacije po metodi končnih elementov in z rezultati eksperimentov. Tudi čas hladnega tolkalnega valjanja, izračunan z diskretnim analitičnim modelom, se ujema z rezultati simulacije po metodi končnih elementov, od rezultatov eksperimentov pa je manjši. Diskretni analitični model in simulacija po metodi končnih elementov ne upoštevata vpliva elastične deformacije in trenja valja, prav tako pa ne zajemata oblike kovine po deformaciji. Čas hladnega tolkalnega valjanja je zato razmeroma kratek.

Opis kompleksnega procesa plastične deformacije kovin je v vsakem primeru težaven matematični problem, saj so lega in parametri deformacijske cone v kovini odvisni od časa. Trenutno se večina raziskav izvaja s simulacijami po metodi končnih elementov, saj ni ustreznih analitičnih modelov ali empiričnih formul. Z diskretizacijo kontinuirnega procesa deformacije kovine in obravnavo posameznih časovnih rezin je mogoče postaviti točen analitični model. Celoten deformacijski proces je mogoče popisati z numeričnim iskanjem najboljšega prilega na diskretnih rezultatih. Diskretni analitični model za hitro in točno določitev sil pri hladnem tolkalnem valjanju je lahko v pomoč pri raziskavah parametrov postopka in pri razvoju opreme, zato ima veliko tehnično aplikativno vrednost.

Simulacije po metodi končnih elementov lahko v primerjavi z analitičnimi modeli zajamejo celoten proces deformacije kovine, rezultati pa so bolj intuitivni in podrobni. Raziskave bo v prihodnje mogoče usmeriti v kombiniranje s simulacijami po metodi končnih elementov, preučitev procesa deformacije kovin in oblik po deformaciji, zajeti pa bo treba tudi vpliv elastične deformacije valja. Z omenjenimi raziskavami bo mogoče še dodatno optimizirati diskretni analitični model.

Ključne besede: diskretna analitična metoda, hladno tolkalno valjanje, preoblikovalna sila, deformacijska cona, simulacija po metodi končnih elementov, radialna sila