

- [9] Chitkara, N.R., and Aleem, A., "Extrusion of Axi-symmetric Bimetallic Tubes: some Experiments using Hollow Billets and the Application of a Generalized Slab Method of Analysis", *Int. J. Mech. Sci.* Vol. 43, pp. 2857–2882, (2001).
- [10] Kang, C.G., Jung, Y.J., and Kwon, H.C., "Finite Element Simulation of Die Design for Hot Extrusion Process of Al/Cu Clad Composite and its Experimental Investigation", *J. Mater Process Technol.* Vol. 124, pp. 49-56, (2002).
- [11] Hwang, Y.M., and Hwang T.F., "An Investigation into the Plastic Deformation Behavior Within a Conical Die during Composite Rod Extrusion", *J. Mater Process Technol.* Vol. 121, pp. 226-233, (2002).
- [12] Kazanowski, P., Epler, M.E., and Misiolek, W.Z., "Bi-metal Rod Extrusion-process and Product Optimization", *Mater Sci. and Eng.* Vol. 369, pp. 170–180, (2004).
- [13] Nowotynska, I., and Smykla, A., "Influence of Die Geometric Parameters on Plastic Flow of Layer Composites during Extrusion Process", *J. Mater Process Technol.* Vol. 209, pp. 1943-1949, (2009).
- [14] Khosravifard, A., and Ebrahimi, R., "Investigation of Parameters Affecting Interface Strength in Al/Cu Clad Bimetal Rod Extrusion Process", *Materials and Design*, Vol. 31, pp. 493-499, (2010).
- [15] Prager, W., and Hodge, P.G., "*Theory of Perfectly Plastic Solids*", John Wiley and Sons Inc., New York, (1951).
- [16] Gordon, W.A., Van Tyne, C.J., and Moon, Y.H., "Axisymmetric Extrusion through Adaptable Dies-Part 1: Flexible Velocity Fields and Power Terms", *Int. J. Mech. Sci.* 2007, Vol. 49, pp. 86–95, (2007).
- [17] Yang, D.Y., and Han, C.H., "A New Formulation of Generalized Velocity Field for Axisymmetric Forward Extrusion through Arbitrarily Curved Dies", *Transactions of the ASME, J. Eng. Ind.* Vol. 109, pp. 161–168, (1987).
- [18] Gordon, W.A., Van Tyne, C.J., and Moon, Y.H., "Axisymmetric Extrusion through Adaptable Dies-Part 3: Minimum Pressure Streamlined Die Shapes", *Int. J. Mech. Sci.* Vol. 49, pp. 104-115, (2007).

Nomenclature

m_1	: friction factor between sleeve and die
m_2	: friction factor between core and sleeve
r, θ, ϕ	: spherical coordinates
r_f	: spherical radius of exit velocity discontinuity surface
r_i	: spherical radius of entrance velocity discontinuity surface
R_{1f}	: outer radius of sleeve at exit

R_{2f}	: outer radius of core, in extruded bimetallic rod
R_{1i}	: radius of container
R_{2i}	: outer radius of core in initial bimetallic rod
Δv	: amount of velocity discontinuity
L	: length of die
S	: area of frictional or velocity discontinuity surface
U_r, U_θ, U_ϕ	: velocity components in spherical coordinate
U_f	: exit velocity
U_i	: entrance velocity
J^*	: externally supplied power of deformation
\dot{W}_f	: power dissipated on the frictional surfaces
\dot{W}_i	: internal power of deformation
\dot{W}_s	: power dissipated on the velocity discontinuity surfaces

Greek symbols

$\dot{\varepsilon}_{rr}, \dot{\varepsilon}_{\theta\theta}, \dot{\varepsilon}_{\phi\phi}$: normal strain rate components
$\dot{\varepsilon}_{r\theta}, \dot{\varepsilon}_{r\phi}, \dot{\varepsilon}_{\theta\phi}$: shear strain rate components
η	: local angle of the die surface with respect to the local radial velocity component
α	: angle of the line connecting the initial point of the die to the final point of the die
β	: angle of interface surface in deformation zone
$\psi(r)$: angular position of the die as a function of radial position
$\psi_i(r)$: angular position of the interface as a function of radial position
σ_c	: mean flow stress of the core material
σ_s	: mean flow stress of the sleeve material

چکیده

در این مقاله، فرآیند اکستروژن مستقیم میله های دو فلزی با قالب منحنی به روش کرانه فوقانی تحلیل و به روش اجزا محدود شبیه سازی شده است. با ارایه یک میدان سرعت در دستگاه مختصات کروی، مقادیر توان های داخلی، توان های برشی و توان های اصطکاکی به دست آمده اند. از حل کرانه بالایی ارایه شده، برای محاسبه نیروی اکستروژن در دو شکل قالب مخروطی و منحنی استفاده شده است. فرآیند اکستروژن دو فلزی در این دو شکل قالب با نرم افزار المان محدود ABAQUS شبیه سازی شده اند. برای اعتبار دهی تحلیل انجام شده، نتایج روش کرانه فوقانی با نتایج به دست آمده از آزمایشهای سایر محققان و شبیه سازی به روش اجزا محدود مقایسه شده اند. این مقایسه تطابق مناسبی را نشان دادند.

Proof Read