

Tudi področje osebnih vesti je lahko zanimivo za spodbujanje osebnih stikov med strokovnjaki. Naši ustvarjalci si ob življenjskih jubilejih gotovo zaslužijo kakšno vrstico.

Problematika »Poročil iz delovnih organizacij« je podobna problematiki »Iz prakse za prakso«. Redkokatere delovne organizacije so organizirane tako, da bi se v njih na nekem mestu stekali podatki o tehničnih rešitvah. Takšno zbiranje podatkov pa je šele prvi korak k sporočanju, za katero je treba veliko spodbujanja in spretnosti.

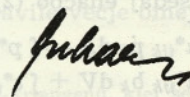
Specialist na nekem področju v delovni organizaciji ni vedno tudi človek, ki bi bil zmožen in imel voljo, da bi svoja dognanja prenašal naprej. Poleg tega ne more računati s širokim odzivom. Če pa hoče tak specialist priti v stik s strokovnjakom enake specializacije, ima neposrednejše možnosti, da pride do tega stika. In vendar je treba takim pomagati, jih pritegniti.

So pa tudi primeri, ko strokovnjak meni, da je njegov dosežek prerasel okvir poročila iz delovne organizacije, in naj bi bil uvrščen med splošne razprave. To mnenje je povsem zmotno, saj je bistvena vendarle vsebina prispevka in ne, na kateri strani je objavljen. Če pa je dober prispevek uvrščen med poročila delovne organizacije, pomeni to ugled ne samo za avtorja, temveč tudi zanj. Nekatere naše delovne organizacije imajo raziskovalce, katerih dosežki so povsem enakovredni (in tudi boljši) dosežkom raziskovalcev različnih inštitucij. Sam sem četrto stoletje preživel v eni od naših velikih delovnih organizacij, zato zelo cenim delo teh marljivih ljudi, včasih že kar zanesenjakov, ki morajo v nemogočih razmerah reševati probleme, ki so življenjskega pomena za kolektiv.

V poročilih je doslej najbolj zvesto sodeloval Litostroj iz Ljubljane, deloma mogoče tudi zaradi mednarodnih stikov Strojniškega vestnika. Manj se je oglašala Tovarna avtomobilov in motorjev iz Maribora, nekaj delovnih organizacij pa le občasno.

Razveseljivo pa je, da se je pridružila slovenska sekcija Društva za tribologijo. Zeleti je, da bi jo posnemale še druge aktivne sekcije.

K navedenemu uredniškemu programu naj dodam le še željo, da bi Svet Strojniškega vestnika omogočil njegovo uresničitev z uspešnim finančnim uravnovešenjem prejemkov in izdatkov.



UDK 621.771.2.001.2

Rezultati izračuna preoblikovanja pločevine z valjanjem

IZTOK POTRČ — ANDRO ALUJEVIČ

1. Uvod

Medtem ko smo o teoriji robnih elementov za plastifikacijske probleme [1] in o rezultatih uporabe pri nekaterih konstrukcijskih problemih [2] že poročali v SV, smo v letu 1984 izvedli v okviru raziskovalnega projekta »Obdelovalni sistemi in proizvodna kibernetika« tudi povsem tehnološko obravnavo valjanja kovin [3]. Povzetek ter rezultate želimo v tem sestavku predstaviti domači strokovni javnosti.

2. Teorija

Vodilna enačba za probleme ravninskega deformacijskega stanja po pristopu začetnih deformacij je naslednja

$$c_{ij} \dot{u}_j = \int u_{ij}^* \dot{p}_j dA - \int p_{ij}^* \dot{u}_j dA + \int u_{ij}^* \dot{b}_j dV + \int \sigma_{jki}^* \dot{\epsilon}_{pjk} dV \quad (1)$$

kjer pomenijo u_{ij}^* , p_{ij}^* , σ_{jki}^* fundamentalne rešitve, medtem ko je

$$\bar{\sigma}_{jki}^* = \sigma_{jki}^* + 2\nu \delta_{jk} r_{,i} / (4\pi(1-\nu)r) \quad \text{pri } \dot{\epsilon}_{v,p} = 0$$

oziroma

$$\bar{\sigma}_{jki}^* = \sigma_{jki}^* - \nu \delta_{jk} r_{,i} / (4\pi(1-\nu)r) \quad \text{pri } \dot{\epsilon}_{pjk} = \dot{\epsilon}_{Tjk} = \alpha \dot{T} \delta_{jk}$$

in je prirastek deformacij

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{1}{2} (\dot{u}_{i,j} + \dot{u}_{j,i}) = \dot{\epsilon}_{ij}^e + \dot{\epsilon}_{ij}^p$$

Napetostne prirastke dobimo z odvajanjem enačbe (1) ter z upoštevanjem konstitutivnega zakona

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_{ij} = & \int (-\sigma_{ijk}^* \dot{p}_k dA - \int p_{ijk}^* \dot{u}_k dA + \\ & + \int (-\sigma_{ijk}^* \dot{b}_k dV + \int \bar{\sigma}_{ijkl}^* \dot{\epsilon}_{pkl} dV - \\ & - G/(4\pi(1-\nu)) \cdot (2\dot{\epsilon}_{p,ij} + (1-4\nu)\dot{\epsilon}_{p,ii}\delta_{ij}) \end{aligned} \quad (2)$$

kjer je za $\dot{\epsilon}_v^p = 0$:

$$\bar{\sigma}_{ijkl}^* = \sigma_{ijkl}^* + G/(2\pi(1-\nu)r^2) \cdot (4\nu r_{,i} r_{,j} \delta_{kl} - 2\nu \delta_{ij} \delta_{kl})$$

ter za čiste temperaturne deformacije, ko je

$$\dot{\epsilon}_{ijk}^p = \dot{\epsilon}_{ijk}^T = \alpha \dot{T} \delta_{ijk} : \bar{\sigma}_{ijkl}^* = \sigma_{ijkl}^* - G/(2\pi(1-\nu)r^2) \cdot (2\nu r_{,i} r_{,j} \delta_{kl} - \nu \delta_{ij} \delta_{kl})$$

Prosti člen enačbe (2) preide v obliko

$$-G(1+\nu)/(1-\nu) \cdot \alpha \dot{T} \delta_{ij}$$

Za primere ravninskega napetostnega stanja lahko uporabimo tudi enačbi (1) in (2), kjer pa so

$$\bar{\sigma}_{jki}^* = \sigma_{jki}^*, \quad \bar{\sigma}_{ijkl}^* = \sigma_{ijkl}^*$$

V vseh tenzorjih z zvezdico (*) preide Poissonovo razmerje $\nu \rightarrow \bar{\nu} = \nu/(1+\nu)$, prosti člen v (2) pa dobi obliko

$$-G/(4(1-\bar{\nu})) \cdot (2\dot{\epsilon}_{ij}^p + \dot{\epsilon}_{ll}^p \delta_{ij})$$

Za primer pristopa po metodi začetnih napetosti se enačba (1) glasi

$$c_{ij} \dot{u}_j = \int u_{ij}^* \dot{p}_j dA - \int p_{ij}^* \dot{u}_j dA + \int u_{ij}^* \dot{b}_j dV + \int \epsilon_{jki}^* \dot{\sigma}_{ijk}^p dV \quad (3)$$

Prirastek deformacij je tu zamenjan s prirastkom napetosti

$$\dot{\sigma}_{ij} = 2G(\dot{\epsilon}_{ij} - \dot{\epsilon}_{ij}^p) + 2G\nu/(1-2\nu) \cdot (\dot{\epsilon}_{ll} - \dot{\epsilon}_{ll}^p) \delta_{ij}$$

Podobno kakor pri postopku začetnih deformacij dobimo sedaj enačbo (2) v obliki

$$\dot{\sigma}_{ij} = \int u_{ijk}^* \dot{p}_k dA - \int p_{ijk}^* \dot{u}_k dA + \int u_{ijk}^* \dot{b}_k dV + \int \epsilon_{ijk}^* \dot{\sigma}_{pjk}^p dV - 1/(8(1-\nu)) \cdot (2\dot{\sigma}_{ij}^p + (1-4\nu)\dot{\sigma}_{ll}^p \delta_{ij}) \quad (4)$$

Tudi tu je treba zamenjati ν z $\bar{\nu}$ za probleme ravninskega napetostnega stanja.

3. Numerična obdelava

Pomiki in robne napetosti:

$$H\dot{u} = G\dot{p} + D\dot{\epsilon}^p \quad (5)$$

Napetosti v notranjih točkah:

$$\dot{\sigma} = G\dot{p} - H\dot{u} + (D' + C')\dot{\epsilon}^p \quad (6)$$

V izrazih (5) in (6) je $\dot{\epsilon}^p$ brez zadnjega prirastka.

Po opravljenem elastičnem predračunu sprememo sistem (5) v obliko

$$x = K(\epsilon^p + \Delta\epsilon^p) + \lambda_i m \quad (7)$$

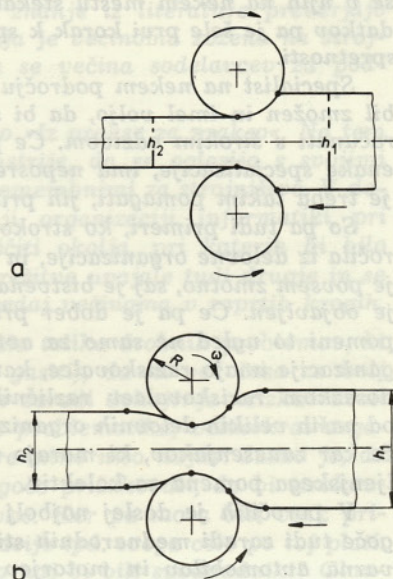
ter sistem (6) v

$$\sigma = B(\epsilon^p + \Delta\epsilon^p) + \lambda_i n \quad (8)$$

kjer sta m in n rešitvi elastičnega dela, λ_i pa je prirastek obremenitve.

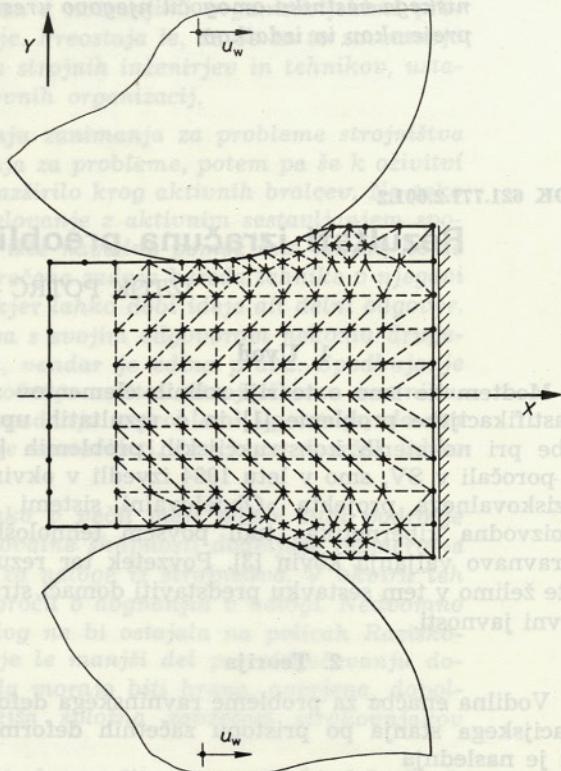
4. Primer rezultatov

Obravnavali smo primer preoblikovanja pločevine z valjanjem (sl. 1). Z modelom robnih elementov in notranjih celic (sl. 2) smo izračunali pojav



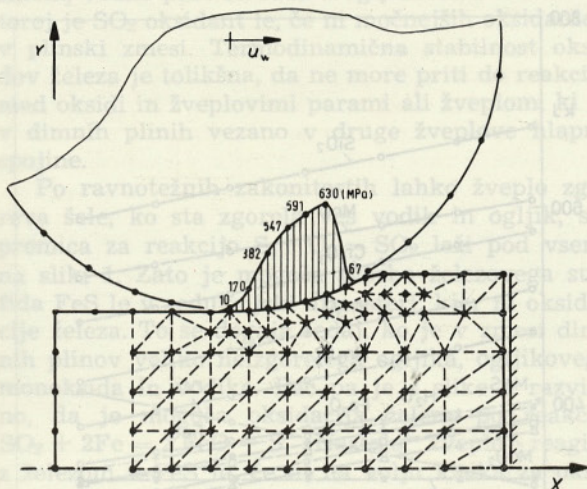
Slika 1.

a — Model togo-plastičnega materiala
b — Model elasto-plastičnega materiala

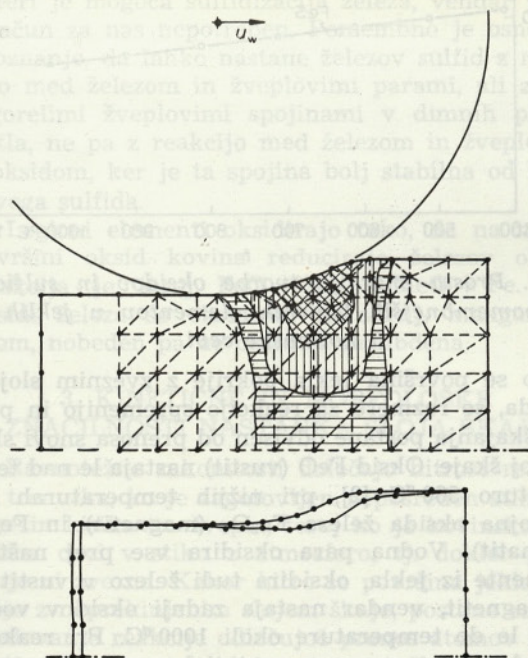


Sl. 2. Model valjanja pločevine in kontaktnega območja

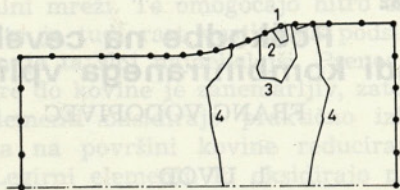
in potek kontaktnih sil med orodjem in obdelovancem (sl. 3), kakor tudi širjenje plastifikacijskih con v pločevini (sl. 4). Ustrezno porazdelitev kriterialnih napetosti v obdelovancu ob začetku plastifikacije in ob koncu izračuna prikazujeta sliki 5 in 6.



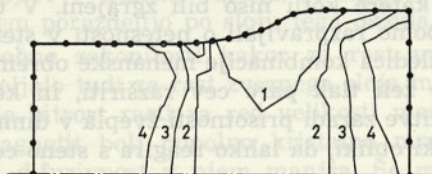
Sl. 3. Potek kontaktnih tlakov med orodjem in obdelovancem



Sl. 4. Širjenje plastične cone v pločevini in deformacija obrisa



Sl. 5. Izonapetosti ob pričetku plastifikacije
1 — 250 MPa = S_{yield} , 2 — 180 MPa, 3 — 100 MPa, 4 — 50 MPa



Sl. 6. Izonapetosti proti koncu izračuna
1 — 300 MPa, 2 — 250 MPa = S_{yield} , 3 — 180 MPa, 4 — 100 MPa

Podani rezultati so bili dobljeni na računalniku CYBER 875.¹ Z razmeroma fino diskretizacijo in ustrezno zahtevnemu konvergenčnemu kriteriju so bili računski časi med 1300 in 1800 sekund. Večji del tega časa pa odpade na komunikacijo s perifernim diskom ob vsakem iteracijskem koraku. Pri spremenjeni verziji našega računalniškega programa smo prenesli informacije z diska v hitri pomnilnik in tako za 50 % skrajšali računske dobe, vendar pa so se zato pojavile večje omejitve števila možnih vozlišč.

¹ Na univerzi v Nürnberg-Erlangenu, kjer se mudi I. Potrč na izpopolnjevanju pri prof. dr. G. Kuhn.

LITERATURA

- [1] A. Alujevič, P. Leš, I. Potrč: Uporaba robnih elementov v plastomehaniki. Strojniški vestnik, 29, str. 81—82, Ljubljana 1983.
- [2] I. Potrč, A. Alujevič: Rezultati postopka robnih elementov v ravninski plastomehaniki. Strojniški vestnik, 30, str. 63—65, Ljubljana 1984.
- [3] I. Potrč, A. Alujevič, P. Škerget: Evaluacija valjanja pločevine z metodo robnih elementov. 6. simpozij »Projektiranje i pračenje proizvodnje računalom« (B2.01), Zagreb 1984.

Naslov avtorjev: asistent Iztok Potrč, dipl. inž. str.,
red. prof. dr. Andro Alujevič, FINucE,
Tehniška fakulteta, VTO strojništvo,
62000 MARIBOR, Smetanova 17