

## Ekspertni sistem za nadzor kota upogibanja na numerično krmiljeni upogibni stiskalnici

### Expert System for Metal Bending Angle Control on Numeric Control Bending Press

Vid Jovišević - Mirko Soković

*V prispevku je prikazan posebej razvit programski sistem, poimenovan ES-APKANT, ki omogoča večjo natančnost in boljšo kakovost postopka upogibanja pločevine ter zagotavlja doseganje zahtevanega kota upogibanja pločevine že v prvi stopnji upogibanja. Podani so model hidravlične upogibne stiskalnice PSE 135/3000, ki je primerna za uvajanje programskega sistema, struktura krmilnega sistema stiskalnice in prikaz sistema za nadzor delovanja stiskalnice. Sistem ES-APKANT je preverjen na primeru upogibanja pločevine iz jekla C45U (Č. 1540).*

© 2005 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

**(Ključne besede: sistemi ekspertni, stiskalnice, upogibanje pločevine, krmiljenje numerično)**

*This paper treated develop expert system ES-APKANT which gives higher accuracy and better quality of metal bending process and guarantee achievement of demanded metal bending angle in first bending operation. The paper shows model of hydraulic bending press PSE 135/3000, which is suitable for implementation of expert system, structure of press numerical control system and description of expert system for bending process control. Expert system ES-APKANT is verified on the example of C45U sheet metal bending.*

© 2005 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

**(Keywords: expert systems, press bending, sheet metal bending, numerical control)**

#### 0 UVOD

Pri uporabi upogibnih hidravličnih stiskalnic na postopek upogibanja pločevine vpliva več dejavnikov. Kot posledica elastičnih deformacij matrice in matrice se upogibni polmer vzdolž upogibice spreminja, kar proizvajalci stiskalnic poskušajo nadomestiti s tehničnimi rešitvami (optimalne poprave oblike upogibnega orodja ali njegove podlage).

Omenjene tehnične rešitve so pravzaprav usmerjene k doseganju zahtevanega kota upogibanja pločevine, pa vendar posamezni proizvajalci stiskalnic niso mogli zagotoviti kota upogibanja s zadostno natančnostjo. Operaterji na upogibnih stiskalnicah se srečujejo s naslednjimi omejitvami:

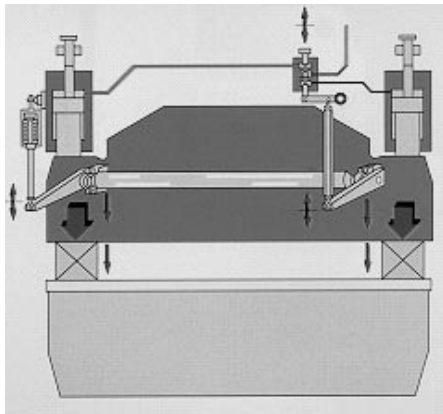
- elastično vračanje pločevine, ki ga ni mogoče natančno vnaprej določiti,
- teoretične formule za določanje giba pehala ne upoštevajo spremembe karakteristik

preoblikovanega materiala (trdota, trdnost, smer valjanja pločevine itn.) ter

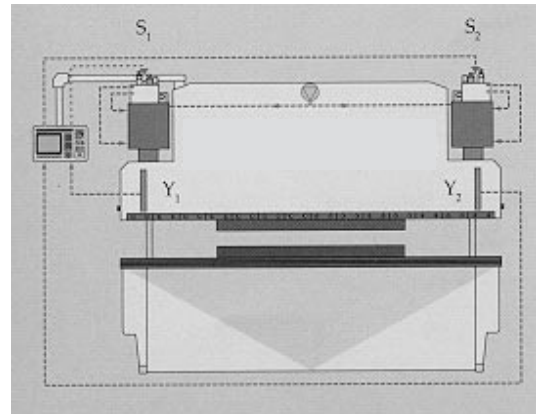
- natančno poznavanje geometrijske oblike orodja.

Te omejitve, kljub sodobnim numeričnim sistemom krmiljenja na stiskalnicah, ki omogočajo številne poprave, zahtevajo, da mora operater na stiskalnici opraviti kar nekaj preverjanj kota upogibanja, vse dokler ne doseže predpisanega kota. V nadaljnjem postopku upogibanja ni mogoče zagotoviti serijske proizvodnje pločevinastih kosov z optimiranimi parametri upogibanja, ker kakršne koli spremembe debeline pločevine ter drugih lastnosti materiala lahko vplivajo na zahtevani kot upogibanja pločevine.

Zaradi tega nastaja problem merjenja in korekcije kota upogibanja pločevine med samim postopkom upogibanja. To omogoča posebej razvit programski sistem ES-APKANT za nadzor kota upogibanja pločevine na hidravlični upogibni stiskalnici PSE 135/3000. ES-APKANT je bil razvit z



Sl. 1. Mehansko krmiljenje pogona



Sl. 2. Elektronsko krmiljenje pogona

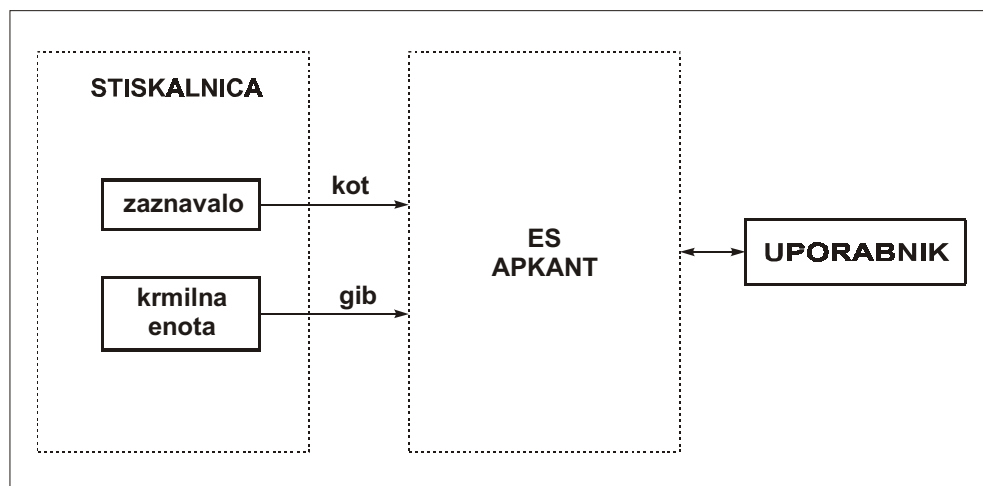
uporabo programske lupine BEST (Black board-based Expert System Toolkit) in domenskih znanj na področju upogibanja pločevine podjetja "JELŠINGRAD" iz Banjaluke.

#### 1 MODEL NUMERIČNO KRMILJENE STISKALNICE ZA UVAJANJE SISTEMA ES-APKANT

Hidravlične upogibne stiskalnice za upogibanje pločevine se izdelujejo v dveh osnovnih izvedbah:

- z mehanskim krmiljenjem pogona (sl. 1) in
- z elektronskim krmiljenjem pogona (sl. 2).

Programski sistem ES-APKANT je načrtovan za uporabo na hidravličnih numerično krmiljenih upogibnih stiskalnicah z elektronskim krmiljenjem. Delovanje pehala krmili servokrmilni sistem. Lega pehala je določena v vsaki točki gibanja s krmilno zanko elektronskega merilnega sistema. Zelo natančna krmilna ventila (S1, S2) omogočata ustrezen dovod olja, da bi dosegli hitrost gibanja pehala ter zahtevano globino prodiranja orodja. Elektronska merilna sistema za nadzor gibanja pehala sta postavljena na dveh mestih (Y1, Y2) in določata predviden položaj pehala med delovnim gibom.



Sl. 3. Sestava krmilnega sistema za nadzor kota upogibanja pločevine na hidravlični upogibni stiskalnici PSE 135/3000

## 2 PRIKAZ NAČRTOVANEGA KRMILNEGA SISTEMA

Struktura načrtovanja krmilnega sistema za nadzor kota upogibanja pločevine na hidravlični upogibni stiskalnici PSE 135/3000 je podana na sliki 3.

Krmilni sistem je načrtovan za družino hidravličnih upogibnih stiskalnic z elektronskim krmiljenjem PSE JELŠINGRAD Banjaluka, kjer se kateri koli lega pehala določa z elektronskim merilnim sistemom. Sistem pa se lahko uporabi tudi na drugih tipih numerično krmiljenih stiskalnic.

Krmilna enota stiskalnice postavlja pehalo tako, da se doseže programirani kot upogibanja pločevine. Postopek se izvede prek elektromehanskega zaznavala, ki je nameščeno pod delovno mizo stiskalnice in je v stalnem stiku s pločevino, ki se upogiba (sl. 4). Zaznavalo neprekinjeno sledi pločevini med postopkom upogibanja in prenaša digitalno informacijo o doseženem kotu upogibanja programskemu sistemu, kateri določa gib pehala prek računalniške krmilne enote RKE.

Mogoča je tudi uporaba laserskega zaznavala za nepretrgano sledenje spremembe kota upogibanja med samim postopkom (sl. 5).

Takšen sistem natančnega merjenja omogoča da računalniško krmiljenje postavlja pehalo

stiskalnice tako, da se doseže zahtevani kot upogibanja, ki ga uporabnik poda programskemu sistemu pred pričetkom postopka upogibanja pločevine. Krmilna enota stiskalnice nenehno postavlja pehalo v nepretrganem postopku upogibanja pločevine. Na ta način programski sistem izravna vse negativne učinke, kot so elastično vračanje pločevine ter trenje med orodjem in pločevino.

## 3 RAZVOJ SISTEMA ES-APKANT

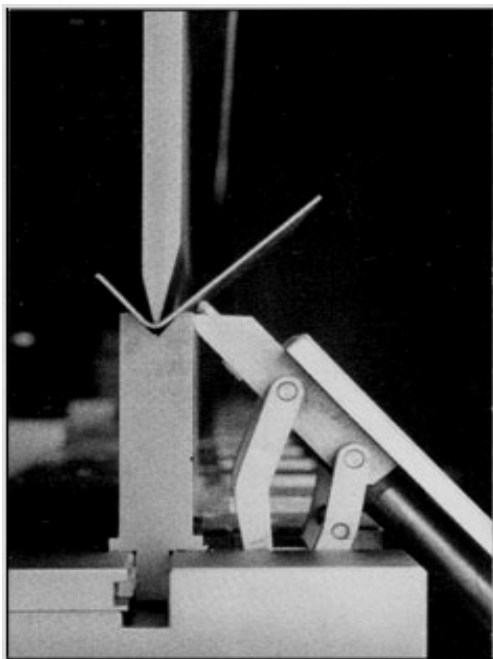
Sestav sistema ES-APKANT je prikazan na sliki 6. Izveden je uporabo treh virov (baz) znanja:

- vhod,
- gib in
- izhod.

Vir znanja "vhod" prevzema tehnološke podatke, potrebne za postopek upogibanja pločevine, ki jih je zbral uporabniški vmesnik od uporabnika.

Vir znanja "gib" določa potreben gib pehala za eno stopinjo spremembe kota upogibanja.

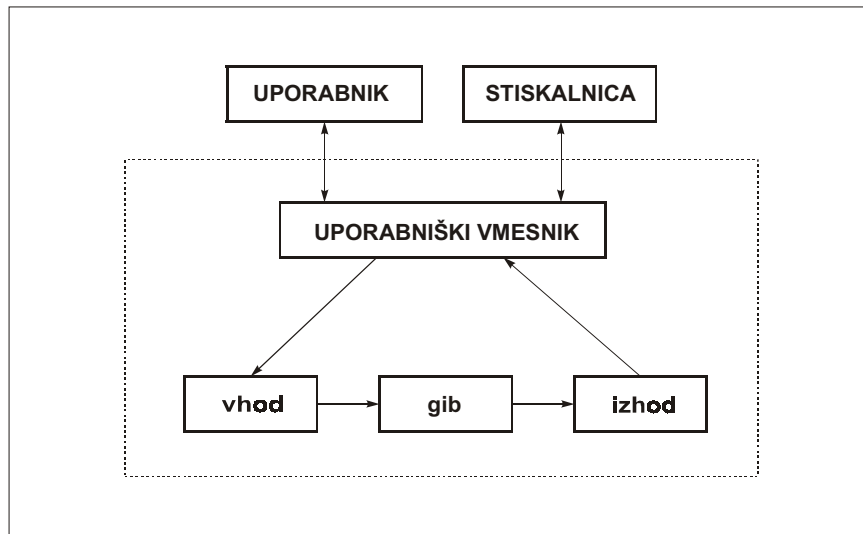
Vir znanja "izhod" vzbudi potreben gib pehala za eno stopinjo spremembe kota upogibanja krmilni enoti stiskalnice vse dokler se kot, izmerjen z zaznavalom, ne ujame s predpisanim kotom.



Sl. 4. Elektromehanično zaznavalo



Sl. 5. Lasersko zaznavalo

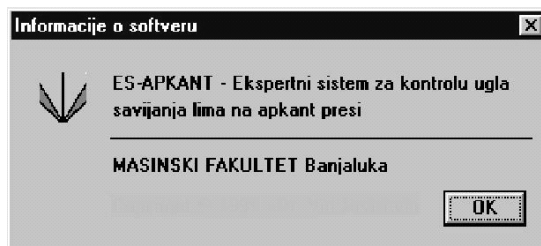


Sl. 6. Struktura programskega sistema ES-APKANT

#### 4 PRIKAZ REZULTATOV UPORABE PROTOTIPNEGA SISTEMA ES-APKANT

ES-APKANT je programski sistem za nadzor kota upogibanja pločevine na hidravličnih numerično krmiljenih upogibnih stiskalnicah. Uvodno dialogno okno (začetni meni) v programu ES-APKANT prikazuje slika 7. Omeniti je treba, da je v tej fazi (prototipnega testiranja) celotni program pisan v srbskem jeziku. Obstaja možnost, da bi se kasneje (po potrebi) ta problem rešil z uporabo nekaterih drugih jezikov, odvisno od uporabnikov.

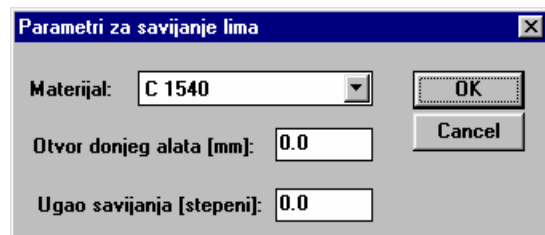
Postopek uporabe programa ES-APKANT poteka po naslednjem postopku. Ob startu aplikacije je treba izbrati postavko za vnos podatkov (*Unos podataka*) v okviru *Ekspert menija*. Tedaj se na zaslonu prikaže podmeni (podokno) za vnos parametrov upogibanja pločevine. Uporabnik najprej definira predpisane parametre upogibanja pločevine (sl. 8).



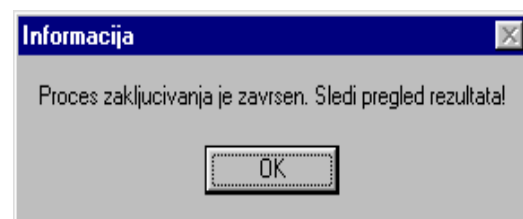
Sl. 7. Uvodno dialogno okno v programu ES-APKANT

Po končanem vnašanju podatkov o vrsti materiala pločevine, ki se upogiba, odprtju spodnjega orodja (matrice) ter zahtevanega kota upogibanja se zažene sklepni modul. Postopek je sklenjen, ko se na zaslonu pojavi podokno, ki pove, da je sklepni modul končal delo (sl. 9).

S pritiskom na gumb OK se uporabniku ponudijo potrebni parametri za začetek postopka upogibanja pločevine, tako kakor je prikazano na sliki 10. To so vhodni parametri, ki jih določa uporabnik, parametri, ki se avtomatsko privzamejo iz baze znanj ter začetna lega kota upogibanja pločevine.



Sl. 8. Vnos parametrov za upogibanje pločevine



Sl. 9. Informacija o končanju postopka sklepnega modula

**Prikaz dobijenih rezultata**

Materijal: C 1540

Otvor donje alata [mm]: 4

Ugao savijanja [stepeni]: 30

Hod pritiskivaca za 1 stepen promene ugla [mm]: 0.17

Savijanje lima

Trenutni ugao [stepeni]: 180.0

Hod pritiskivaca [mm]: 0.0

**Prikaz dobijenih rezultata**

Materijal: C 1540

Otvor donje alata [mm]: 4

Ugao savijanja [stepeni]: 30

Hod pritiskivaca za 1 stepen promene ugla [mm]: 0.17

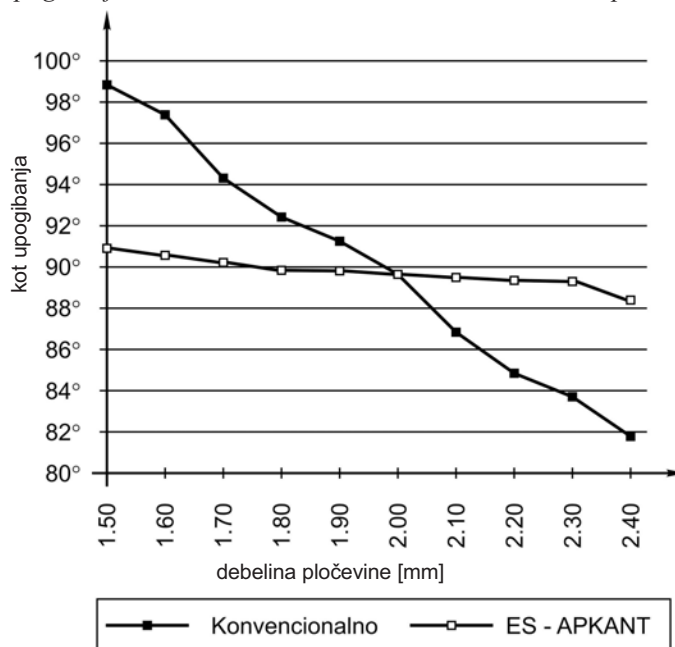
Savijanje lima

Trenutni ugao [stepeni]: 30.

Hod pritiskivaca [mm]: 5.1

Sl. 11. Rezultati po končanem postopku upogibanja

Sl. 10. Začetni parametri postopka upogibanja pločevine



Sl. 12. Primerjava učinkovitosti sistema ES-APKANT in konvencionalnega upogibanja

Pritiskom na gumb START se prične postopek upogibanja na stiskalnici. Pri tem se v poljih podokna za trenutni kot (*trenutni ugao*) in gib pehala (*hod pritiskivača*) prikazuje informacije, ki so injicirane od zaznaval, ki merijo trenutni kot upogibanja.

Ko je dosežen zahtevani kot upogibanja, se na zaslonu pojavi podokno, kakor je prikazano na sliki 11.

Pri tem se gib pehala, ki je določen s programskim sistemom, ne ustavi vse dokler trenutni kot ne doseže predpisanega kota upogibanja pločevine.

Primerjavo učinkovitosti sistema ES-APKANT glede na konvencionalno upogibanje, odvisno od debeline pločevine, prikazuje slika 12.

### 5 SKLEPNE UGOTOVITVE

Programski sistem ES-APKANT je mogoče uporabljati na hidravličnih upogibnih stiskalnicah s servokrmiljenjem in numeričnim krmiljenjem.

ES-APKANT ne uporablja geometrijskih podatkov o orodjih, ker je neposredno merjeni kot

upogibanja nadzorni parameter, ki se uporablja za pozicioniranje pehala z orodjem (patrico).

Vpliv vseh nenadzorovanih motilnih dejavnikov na postopek upogibanja pločevine se nevtralizira s sistemom ES-APKANT. Sistem ne preračunava globine prodiranja pehala z orodjem, saj je načrtovan tako, da pozicionira pehalo glede na zahtevan kot upogibanja pločevine. Ta sistem je odprt za nadaljnji vnos izkustvenih informacij, ki vplivajo na postopek upogibanja pločevine, s čimer se izboljšujejo zmogljivosti sistema ES-APKANT.

Prednosti sistema ES-APKANT glede na

konvencionalni postopek upogibanja pločevine so naslednje:

- zagotavljanje stalne ravni kakovosti upogibanja pločevine,
- minimalen izmet,
- možnost uporabe standardnih orodij,
- možnost oblikovanja programskega sistema za specialne primere.

Potrditev in praktično preverjanje prikazanega prototipnega sistema ES-APKANT sta bili opravljena na hidravlični upogibni stiskalnici tipa PSE 135/3000, podjetja "JELŠINGRAD", Banjaluka.

## 6 LITERATURA

- [1] Gologranc, F. (1987) Uvod v preoblikovanje, *Fakulteta za strojništvo*, Ljubljana.
- [2] Vraneš, S., M. Stanojević (1995) Integrating multiple paradigms within the blackboard framework, *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 21, No. 3, 244-262.
- [3] Jovišević, V., M. Saradžić, M. Santrač (1997) Projektovanje tehnologije savijanja lima za numeričke apkant prese uz podršku PC računara, *Zbornik radova*, VI. Međunarodna konferencija za fleksibilne tehnologije, MMA '97, Sombor, 719-727.
- [4] Konstrukcijsko-tehnološka dokumentacija za družino hidravličnih stiskalnic PSE Jelšingrad, Banjaluka, 1997-2000.
- [5] Katalog proizvajalca upogibnih stiskalnic AMADA, 2002
- [6] Easy-Form Laser, Nadzor kota upogibanja, *LVD, Euroteh 3* (2004) 3, 74-75.

Naslova avtorjev: prof. dr. Vid Jovišević  
Fakulteta za strojništvo  
Univerze v Banjaluki  
V. S. Stepanovica  
BiH - 78000 Banjaluka  
Bosna in Hercegovina

prof.dr. Mirko Soković  
Fakulteta za strojništvo  
Univerze v Ljubljani  
Aškerčeva 6  
1000 Ljubljana

Prejeto:  
Received: 18.10.2004

Sprejeto:  
Accepted: 2.12.2004

Odrpto za diskusijo: 1 leto  
Open for discussion: 1 year