Mr Predrag M. Vuletić,
dipl. inž.
Krušik-Akumulatori,
Valjevo

ODREĐIVANJE STVARNIH DEFORMACIJA NA MESTIMA SAVIJANJA PRI PROFILNOM SAVIJANJU ROTACIONIM ALATIMA

UDC: 620.178.6:621.981

Rezime:

U ovom radu prikazana je metoda ispitivanja stvarne deformacije uzoraka na mestu savijanja, pri oblikovanju profila rotacionim alatima u jednom prolazu. Za ovu namenu konstruisan je specijalni uređaj, pomoću kojeg je moguće, variranjem geometrijskih parametara procesa, doći do podataka o stvarnim deformacijama na mestima savijanja, u slučaju razaranja moguće je konstruisati i dijagram granične deformabilnosti.

Ključne reči: profilisanje, stvarne deformacije, uglovi savijanja, merna mreža, granične deformacije.

DETERMINATION OF ACTUAL DEFORMATIONS AT BENDING POINTS DURING FORM BENDING BY ROTATING TOOLS

Summary:

This work presents a method for testing actual deformations of samples at bending points during form bending by rotating tools in a single pass. For that purpose, a special attachment has been made which helps to find the data of actual deformations at bending points by varying the process geometrical parameters.

Key words: form bending, actual deformations, bending angles, measurement grid, limit deformations.

Uvod

Profilno savijanje rotacionim alatima nalazi širu primenu tek od 1975. godine, jer ovaj postupak obrade zahteva specijalistička znanja, što je jedan od razloga da najveći broj naših fabrika koristi licencnu tehnologiju.

Osnovni cilj primene ove vrste tehnologije je da se do konačnog oblika profila dođe u što manjem broju prolaza bez razaranja i sa minimalnim troškovima.

Nagli razvoj računarskih tehnika u svetu doprineo je da se one primene

i u oblasti obrade deformisanjem, a u okviru nje i u oblasti obrade profilnim savijanjem rotacionim alatima. To se, pre svega, odnosi na primenu CAD-CAPP-CAM sistema. CAD (Computer Aided Design), CAPP (Computer Aided Process Planning) i CAM (Computer Aided Manufacturing) je projektovanje uz pomoć računara, planiranje tehnološkog procesa i izrada uz pomoć računara. Uvođenje tzv. CIM koncepta (Computer Integrated Manufacturing) u obradi deformisanjem podrazumeva integrisanje svih aktivnosti od projektovanja do izrade.

Zajednički istraživački projekat firme Graditelj-SECCO iz Gornjeg Milanovca i Mašinskog fakulteta iz Niša, usmeren je upravo u tom pravcu, jer je rezultat tog projekta programski sistem PROFIL pomoću kojeg je moguće izvršiti automatsko projektovanje tehnologije i alata za profilisanje.

U ovom radu data je metoda i izvršena su ispitivanja stvarne deformacije uzorka na mestu savijanja, prilikom oblikovanja u jednom prolazu, radi utvrđivanja rezervi plastičnosti u ispitivanju materijala. Za te namene konstruisan je specijalni uređaj, čija je skica prikazana na slici 1, a koji može da posluži kao osnova za konstrukciju i izradu univerzalnog uređaja za profilisanje traka u jednom prolazu.

Metodologija ispitivanja i način merenja

Za ispitivanje deformacije uzorka na mestu savijanja korišćena je metoda etapnog savijanja uzoraka sa koor-

na postepenom savijanju uzoraka rotacionim alatima i merenju odgovarajućih parametara za izračunavanje deformacije na mestima savijanja profila. Za ispitivanje su korišćeni uzorci od hladno valjane čelične trake Č.0147 HT-30, dimenzija 170 x 200 x 1 mm. Na površinu pet uzoraka prethodno su elektrohemijским putem nanete, sa obe strane, koordinatne merne mreže sa krugovima (okcima), prečnika 2,05 mm. Uzorci su profilisani sa uglovima od 30°, 35°, 40° i 45°, a konstantni radijus savijanja iznosi 5 mm. Deformacija uzoraka na mestima savijanja određivana je na osnovu merenja prečnika elipsi, koje su nastale deformacijom krugova (okaca) koordinatne mreže pri profilisanju. Oznake mernih veličina okaca date su na slici 2.

Rezultati merenja i određivanje stvarne deformacije

Rezultati merenja prečnika elipsi, na osnovu kojih se određuju deformacije na mestima savijanja, prikazani su

Sl. 1 — Skica uređaja za ispitivanje

dinatnim mernim mrežama, koje su nanete na uzorke elektrohemijским putem sa obe strane, pre profilisanja.

Metoda etapnog savijanja uzoraka sa koordinatnim mrežama zasniva se

u tabeli 1, tako da se na osnovu njih može konstruisati kriva stvarnih deformacija.

Ogroman napredak u obradi lima postignut je pronalaskom metode za

određivanje krive granične deformabilnosti, koju su 1975. razradili Amerikanci Keeler i Goodwin (slika 3). Na

Sl. 2 — Deformacija okaca merne mreže sa unutrašnje i spoljne strane

za svaki od njih na kritičnom mestu stvori drugačije naponsko stanje. To se može postići promenom geometrije alata, podešavanjem oblika i dimenzija uzoraka, podmazivanjem, i dr.

U toku ispitivanja uzorci se naprežu dok ne dođe do razaranja, jer se samo na taj način može konstruisati dijagram granične deformabilnosti. Ista metodologija, koja se koristi za DGD (dijagram granične deformabilnosti), korišćena je i za konstrukciju dijagrama stvarne deformabilnosti, jer pri profilisanju nije došlo do razaranja. Upoređenjem ta dva dijagrama lako se može utvrditi postojanje rezerve plastičnosti za dati materijal i uslove profilisanja.

Logaritamske deformacije uzorka proračunate su po formulama:

$$\varphi_{1u/s} = \ln(d_{\max}/d_0) = \ln(d_{1u/s}/d_0)$$

$$\varphi_{2u/s} = \ln(d_{\min}/d_0) = \ln(d_{2u/s}/d_0)$$

Na osnovu proračunatih vrednosti, prikazanih u tabeli 2, nacrtan je di-

Tabela 1

Ugao $\alpha_{so} [^\circ]$	Unutrašnja strana		Spoljašnja strana	
	$d_{1u(mm)}$	$d_{2u(mm)}$	$d_{1s(mm)}$	$d_{2s(mm)}$
30	2,09	1,97	2,34	2,07
35	2,12	1,95	2,37	2,10
40	2,15	1,94	2,47	2,11
40	2,17	1,91	2,50	2,14
45	2,21	1,85	2,55	2,22

ordinatu se nanosi glavna (veća) deformacija φ_1 , a na apscisu manja φ_2 . Te dve deformacije određuju se merenjem osa elipsi na mestu razaranja ili najveće deformacije. Ispitivanje se obavlja na više različitih uzoraka od istog materijala, ali se pri tome podešava, da se

jagram stvarnih deformacija (sl. 3). S obzirom na mali broj podataka, isprekidanom linijom je data pretpostavljena trajektorija krive dijagrama deformacija, koja pokriva mnogo šire područje deformacije nego što je to prikazano u tabeli 1.

Analiza rezultata

Zavisnost između veličine deformacije mesta savijanja u dva ortogonalna pravca moguće je odrediti, uz

te uslove na mestima savijanja trake. Međutim, na tim mestima nije došlo do vidljivih pukotina na materijalu ni pri uglovima savijanja u jednom prolazu od 45° , što je onemogućilo kon-

Tabela 2

Ugao $\alpha_{so(0)}$	Unutrašnja strana		Spoljašna strana	
	φ_{1u}	φ_{2u}	φ_{1s}	φ_{2s}
30	0,0193	-0,0398	0,1323	0,0097
35	0,00336	-0,0500	0,1451	0,0241
40	0,0476	-0,0552	0,1864	0,0288
40	0,0569	-0,0707	0,1985	0,0430
45	0,0752	-0,1027	0,2163	0,0797

Sl. 3 — Dijagram deformabilnosti

prethodno utvrđivanje veličina logaritamskih deformacija na različitim uzorcima.

Veličine logaritamskih deformacija dostižu maksimalne vrednosti za da-

strukciju dijagrama granične deformabilnosti tzv. Keeler-Goodwinovog dijagrama.

Činjenica da prilikom profilisanja sa različitim uglovima nagiba profila

(30°, 35°, 40° i 45°) nije došlo do vidljivih pukotina u materijalu govori da vrednosti deformacija navedenih u tabeli 2 nisu maksimalne vrednosti za materijal, što znači da u materijalu postoji rezerva plastičnosti i da se on može profilisati i sa uglovima većim od 45° u jednom prolazu bez razaranja.

Položaj krive granične deformabilnosti na sl. 3 mogao bi da se utvrdi samo eksperimentalnim putem sa uglovima profilisanja većim od 45° ili sa radijusom savijanja manjim od 5 mm.

Dijagram stvarne deformabilnosti pokazuje da sve tačke njegove krive i sve tačke ispod krive pripadaju području u kome sigurno neće doći do razaranja u materijalu pri ovom režimu profilisanja.

Konstrukcija uređaja (sl. 1) omogućava brzo utvrđivanje parametara

dijagrama, po uzoru na dijagram sa slike 3, a samim tim i sigurno profilisanje različitih profila bez rizika od razaranja materijala.

Zaključak

Hladno profilisanje rotacionim alatima predstavlja nov, ekonomičan metod oblikovanja metala. Razlozi što ono još nije našlo širu primenu su višestruki. Jedan od njih su visoki troškovi tehničke pripreme, tj. konstrukcije i izrade valjaka, zbog zahteva za visokospecijalizovanim i stručnim kadrom.

Cilj rada je da upozna naše stručnjake sa ovom metodom proizvodnje, kroz određivanje stvarnih deformacija.

Literatura:

- [1] Triševskij, I. S., Doktorov, M. E.: Teoretičke osnove procesa profiliranja, Metalurgija, Moskva, 1980.
- [2] Plančak, M., Vilotić, D., Vujović, V.: Tehnologija plastičnosti u mašinstvu II, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1992.

- [3] Vuletić, M. P.: Hladno deformisanje rotacionim alatima i proračun profila, ODM 12/1987, Novi Sad.
- [4] Vuletić, M. P.: Prilog istraživanju parametara procesa kod profilnog savijanja rotacionim alatima, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.