

Magnetski kontrolnik za mjerenje ispupčenja profila pilne trake**

Sažetak

Naprava je predviđena za mjerenje ispupčenja profila uzdužno savijenih listova pilnih traka, koji su specifičnim postupkom hladnog valjanja prednapeti, u oštrionicama pilanskih pogona. U članku je kritički analiziran konvencionalni način mjerenja napetosti u pilnoj traci i prikazan novi magnetski kontrolnik. Za razliku od konvencionalnog načina, novim se kontrolnikom provjerava profil lista pile kod takvog radiusa uzdužne zakrivljenosti pilne trake koji odgovara polumjeru kotača oko kojeg će se pila ovijati tokom rezanja. Novi kontrolnik pokazuje mjeru ispupčenja pilne trake, brojčano, a te vrijednosti su pogodne za uspoređivanje i temelj su preporuka za proizvodnu praksu. Uz to je u skraćenom obliku prikazana matematska obrada problema i dio rezultata provedenih pokusnih mjerenja.

Ključne riječi: pilna traka — tračna pila.

MAGNETIC CONTROLLER FOR ACME MEASUREMENT OF THE BAND SAW BLADE TRANSVERSE DEFLECTED SHAPE

Summary

The device is intended to measure the acme of the transverse deflected shape of band saw blades, tensioned by a specific cold rolling process in saw mill filing rooms. A critical analysis of conventional measurements of residual stresses in the blade and a description of the new magnetic controller are given. By the new controller, unlike the conventional light gap method, the measurement is taken by bending the blade over a radius equal to the one of the pulley to be used in the actual sawing operation. The new controller gives numerical values for the acme of the transverse deflected shape, being convenient for comparisons and for formulating instructions for the working practice. A short survey of the mathematical treatment of the problem and a part of experimental results are also given.

Key words: band saw blade — band saw.

1. UVOD

U toku pripreme listova tračnih pila, u oštrionicama pilanskih pogona, vrši se hladno valjanje pilnih traka specifičnim postupkom. Cilj valjanja je da se unutar materijala pile stvore određeni prednaponi u pravcu uzdužne osi trake. Prednaponi trebaju biti takvog intenziteta i rasporeda po širini trake da — sumirani s naponima koji će se javiti u listu pile tokom rada stroja — omogućе visoku stabilnost pile u uvjetima piljenja, a time i točnost i produktivnost stroja. Navedeni postupak valjanja naziva se često napinjanje valjanjem ili kraće napinjanje.

U praksi se često nailazi na slučajeve da je neadekvatno prednapeta pila limitirajući faktor brzine posmaka, ili da, uslijed lošeg valjanja, dolazi do previsoke koncentracije naprezanja, te do zamora i pukotina u materijalu pile — naročito u pazuhu zuba. Ove pojave ukazuju na važnost kvalitetnog napinjanja pila valjanjem.

U vezi s tim, treba istaći da se više desetaka puta u toku pripreme pile — a naizmjenično s

pojedinih fazama valjanja — vrši provjera oblika profila pilne trake, radi reguliranja i kontrole postupka napinjanja. Takvo ispitivanje lista tračne pile predstavlja jednu od ključnih faza u procesu napinjanja i pripreme pila. Zato i ovo provjeravanje napetosti u tračnoj pili ima presudno značenje za točnost piljenja i produktivnost pilanskih tračnih pila.

Zadnjih godina konstruirani su elektronski strojevi [15], [16], koji samostalno vrše napinjanje tračnih pila i provjeru ostvarenih prednapona. Vjerojatno zbog svoje složenosti i visoke cijene, ovi strojevi za sada nisu naišli na širu primjenu, te u našu zemlju nije uvezen niti jedan takav uređaj. U stvari, danas se u većini pogona mjerenje napetosti u pilnoj traci vrši na posve zanatski način. Za ovu uobičajenu tehniku mjerenja nisu precizno određeni ni postupak rada, niti kontrolne mjere, te ove operacije vrše oštrači — »saw-doctors« — prema individualnom zanatskom znanju i »osjećaju«. To je jedan od razloga da, kod istih tipova tračnih pila, u inače sličnim uvjetima, nalazimo višestruko različite, a ponekad i izrazito male brzine posmaka.

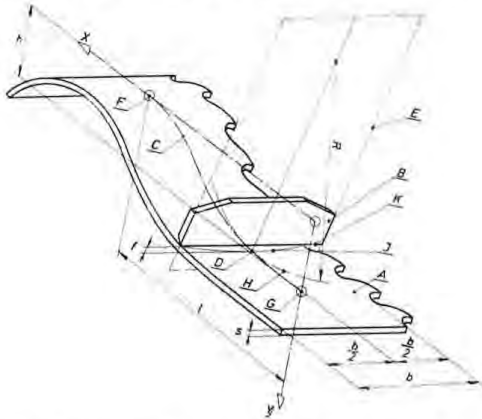
Novi magnetski kontrolnik za mjerenje ispupčenja profila pilnih traka predstavlja pokušaj da se ostvari naprava pristupačna širokoj primjeni. Ta naprava će omogućiti definiranje postupka uz iskazivanje brojčanih vrijednosti određene točnosti.

* Mario Stambuk, dipl. ing., Tvornica strojeva »Bratstvo«, Zagreb.

** Prva obrada materije koja se tretira u ovom članku bila je izvršena u okviru teme Fonda za naučni rad SRH: »Studij, ispitivanje i idejna razrada specifične konstrukcije pilanskih tračnih pila takovih parametara, koji će odgovarati uvjetima razreza domaćih i egzotičnih vrsta drva« Zagreb 1975. g. Nosilac teme: prof. dr. Josip Hribar, dipl. ing.

2. ISPUPČENJE PROFILA LISTA TRAČNE PILE KAO POKAZATELJ NAPETOSTI U PILNOJ TRACI

Napetost u pilnoj traci u praksi se provjerava posredno — kontrolom geometrijskog oblika profila uzdužno savijenog lista tračne pile. Najčešće primjenjivani postupak prikazan je na sl. 4. Ispitivanja [10] objavljena 1975. g. pokazala su da ova posredna tehnika mjerenja nije sasvim pouzdana. Međutim, dok se ne istraže druge točnije metode, ovakav će se posredni način i dalje primjenjivati u praksi, i zato ga je potrebno unaprijediti u granicama postojećih mogućnosti.



Slika 1. Principijelna shema konvencionalnog režima mjerenja napetosti u pilnoj traci: A — pilna traka savijena na konvencionalni način, kako je to prikazano na sl. 4; B — kontrolni lineal s ravnim mjernim bridom (K); C — elastična linija pilne trake (od točke F do točke G), nacrtana na gornjoj površini pile; E — zamišljena ravnina okomita na elastičnu liniju (C), u točki mjerenja (D); D — točka mjerenja; F — lijevi kraj elastične linije (C), gdje je pilna traka oslonjena na visini h iznad stola; G — desni kraj elastične linije (C), gdje se odignuti kraj pilne trake oslanja na stol; H — osklulatorna kružnica elastične linije (C) u točki mjerenja (D); J — kontura gornjeg brida poprečnog presjeka pilne trake kroz točku mjerenja (profil pilne trake); K — mjerni brid kontrolnog lineala. Ostale oznake iz sl. 1 opisane su u odjeljku 8.1.

Najčešće se napetost u pilnoj traci provjerava (sl. 1) mjerenjem udaljenja (f) sredine profila (J) od mjernog brida (K) lineala (B). Prilikom takvog mjerenja, elastična linija (C) lista pile na mjestu mjerenja (D) savijena je pod izvjesnim radiusom (R). U literaturi i prospektima mogu se naći preporučene iskustvene veličine za ispupčenje f [4], [5], [12], [13]. Međutim, za ove iskustvene podatke nisu navedeni uvjeti pri kojima su podaci ustanovljeni, nisu navedena dozvoljena odstupanja, a rezultati u raznim izvorima ponekad se značajno međusobno razlikuju. Zato je korištenje ovih preporuka otežano.

U nekim se oštrocima primjenjuju kontrolni lineali, sličnog oblika kao na sl. 1, ali sa zakrivljenim mjernim bridom. Oblik krivine mjernog brida određuje se prema iskustvu. Zadatak je radnika da valjanjem ostvari takvu napetost

u pilnoj traci da krivina poprečnog profila trake odgovara krivini mjernog brida kontrolnog lineala. Za oblik krivine mjernog brida publicirani su preporučeni podaci, najčešće u vidu datih radiusa krivina [12], [13], ali se i kod korištenja tim mjerama nailazi na slične probleme kakvi su navedeni za preporučene vrijednosti ispupčenja f .

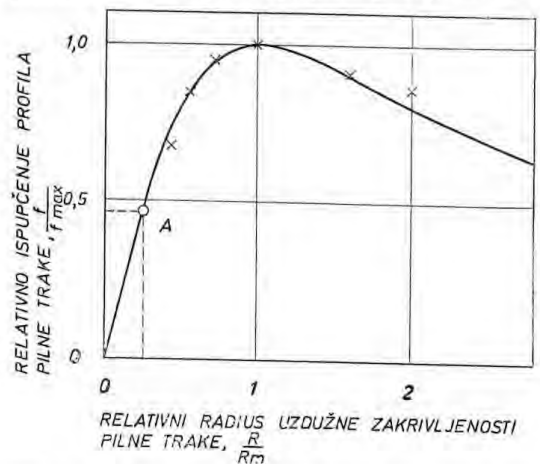
U ovome radu, kao pokazatelj napetosti u pilnoj traci, usvojit će se veličina ispupčenja profila pilne trake. Ova dimenzija pogodnija je od radiusa lučnog brida, zbog mogućnosti neposrednijeg prikazivanja brojčanim vrijednostima, uz dozvoljena odstupanja — tolerance.

Za dalja razmatranja uvjetno je usvojena toleranca $T = 0,1$ mm, kao dozvoljeno odstupanje mjerenja ispupčenja f novim magnetskim kontrolnikom. Može se smatrati da je takva toleranca mjerenja u ovome trenutku prihvatljiva, jer predstavlja osjetno povišenje točnosti u odnosu na uobičajenu praksu, a tehničko ostvarenje takvog zahtjeva ne predstavlja osjetne teškoće.

3. RADIUS UZDUŽNE ZAKRIVLJENOSTI LISTA TRAČNE PILE KOD KOGA TREBA MJERITI ISPUPČENJE PILNE TRAKE

Kako je pokazao Wüster [1], sl. 2, veličina ispupčenja f , kod prednapete tračne pile ovisi o radiusu R uzdužne krivine na mjestu mjerenja, a varira unutar opsega od 0 do f_{\max} . Prema tome, ispupčenje f ne može predstavljati neku mjeru napetosti u savijenoj traci kad nije poznat radius krivine pile kod kog je ispupčenje ustanovljeno.

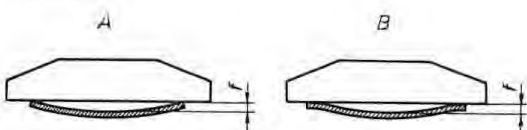
Kao je list tračne pile savijen u krivinu radiusa kotača pile, tada profil dobiva takav oblik kakav se formira na kotačima neposredno prije zatezanja trake na stroju. Ovaj profil prikazuje poprečnu konturu pile koju je moguće promatrati



Slika 2. Grafikon relativnog ispupčenja profila pilne trake kao funkcije relativnog radiusa uzdužne zakrivljenosti lista pile: A — točka koja orijentacijski prikazuje relativno ispupčenje profila kad je pila savijena u krivini radiusa kotača pile. Križići (x) predstavljaju srednje vrijednosti jedne od serija mjerenja provedenih u okviru ovog rada, radi usporedbe s teoretskom krivuljom. Dodatna objašnjenja u odjeljku 7.1.

i mjeriti, a koja je najbliža stanju pile, kakvo se ostvaruje na kotačima tokom rada stroja. Zato je ovaj profil trake najpogodniji za uspoređivanje s profilom vijenca kotača pile, radi procjene i određivanja dodatnih prednapona koje zahtijevaju ostali utjecajni faktori (zatezanje pile na stroju, zagrijavanje pile tokom rada i dr.). Na osnovi razmatranja profila lista pile zakrivljenog po radiusu kotača pile, moguće je, dakle, danas u široj praksi najbolje procijeniti da li su valjanjem inicirani prednaponi u pilnoj traci takvi da — kada se superponiraju s naponima koji će se javiti u pilnoj traci tokom rada stroja — ostvaruju rezultantne napona koje omogućuju visoki stupanj stabilnosti pile u uvjetima rezanja.

Osim toga, kako iznosi Allen [2] (sl. 3), samo kod radiusa zakrivljenosti pile, koji odgovara polumjeru kotača pile, moguće je ustanoviti da li će pila na stroju pokazati neželjeno smanjenje napetosti u rubnim pojasevima, uslijed fenomena »anticlastic«.



Slika 3. Skica karakterističnih oblika profila uzdužno savijenog lista tračne pile: A — lučni oblik; B — »antiklastično« povijanje rubnih pojaseva. Dodatno objašnjenje u odjelku 7.2.

Iz navedenog slijedi da je, radi dobivanja definiranih rezultata, potrebno kontrolirati ispušćenje profila pilne trake. Za unaprijed dogovoreni radius uzdužne zakrivljenosti lista pile, a radi određivanja optimalne prednapetosti u listu pile, potrebno je da taj dogovoreni radius savijanja trake na mjestu mjerenja bude jednak polumjeru kotača pile.

4. ANALIZA KONVENCIONALNOG NAČINA MJERENJA NAPETOSTI U PILNOJ TRACI

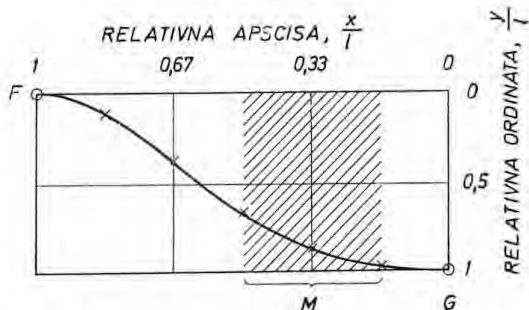
Danas se tehnika posrednog mjerenja napetosti u pilnoj traci najčešće obavlja na način prikazan slikom 4, koji ćemo u ovom tekstu označavati nazivom: konvencionalni.



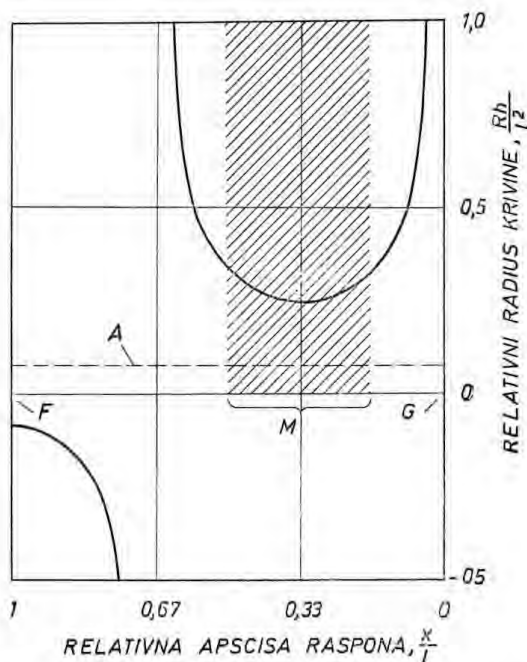
Slika 4. Fotografija konvencionalnog načina mjerenja napetosti u listu tračne pile. Dodatno objašnjenje u odjelku 7.3.

Radi analize ovog načina mjerenja, računskim putem su izvedeni slijedeći izrazi (vidi poglavlje 7.):

- obrazac za funkciju elastične linije lista pile kakva se formira prilikom konvencionalnog načina mjerenja (sl. 5),
- obrazac za funkciju radiusa uzdužne zakrivljenosti, duž raspona konvencionalne elastične linije (sl. 6),

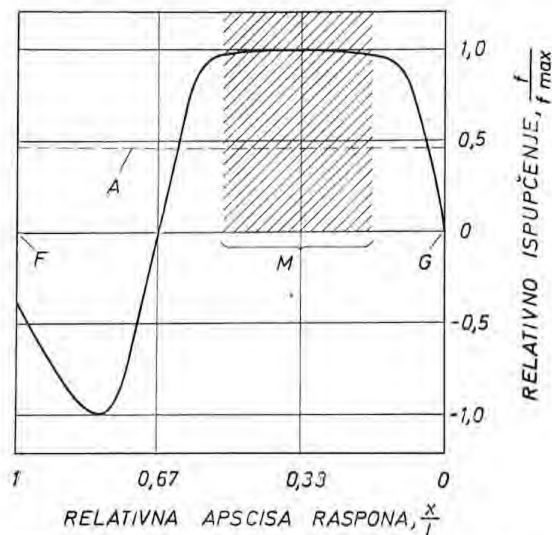


Slika 5. Elastična linija lista tračne pile, kakva se često formira prilikom konvencionalnog načina mjerenja napetosti u pilnoj traci, prikazana u bezdimenzionalnim koordinatama: F — lijevi oslonac pile (prema sl. 1); G — desni oslonac pile (prema sl. 1); M — područje mjerenja. Križići (x) predstavljaju srednje vrijednosti izvršenih mjerenja na opitnoj pili. Dodatna objašnjenja u odjelku 7.4.



Slika 6. Orientacijski grafik promjene relativnog radiusa krivine duž raspona, kod elastične linije kakva se formira prilikom konvencionalnog načina mjerenja napetosti u pilnoj traci: A — linija koja predstavlja relativni radius kotača pile; F — mjesto lijevog oslonca pile (prema sl. 1); G — mjesto desnog oslonca pile (prema sl. 1); M — područje mjerenja. Dodatna objašnjenja u odjelku 7.5.

— obrazac za funkciju ispupčenja profila lista pile, duž raspona konvencionalne elastične linije (sl. 7).



Slika 7. Orijeatacioni grafikon promjene relativnog ispupčenja profila pile duž raspona, kod elastične linije napetosti u pilnoj traci: A — linija koja predstavlja relativno ispupčenje, kad bi pila bila savijena u krivinu radiusa kotača; F — mjesto lijevog oslonca pile (prema sl. 1); G — mjesto desnog oslonca pile (prema sl. 1); M — područje mjerenja. Dodatna objašnjenja u odjelku 7.6.

Izvršena mjerenja¹ na tračnim pilama debljine $S = 1,1 \dots 1,3$ mm potvrdila su rezultate matematske obrade, tako da se za pile navedenih debljina može utvrditi slijedeće:

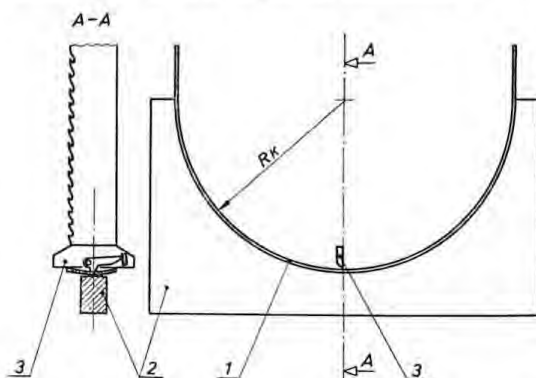
1. Na desnom dijelu konvencionalne elastične linije pilne trake, u području gdje se vrši mjerenje ispupčenja f , nije određen položaj, a najčešće i ne postoji mjesto na kome bi radius krivine elastične linije odgovarao polumjeru kotača, sl. 6. To znači da radnik tokom mjerenja konvencionalnim načinom ne može vidjeti takav oblik profila pilne trake kakav se formira na kotaču u neposredno prije zatezanja pile.
2. Kod konvencionalnog načina mjerenja napetosti u pilnoj traci, u području mjerenja se formira ispupčenje f , koje se značajno razlikuje od ispupčenja f_k , kakvo se formira na pili savijenoj u krivinu radiusa kotača (sl. 7; tab. I; odjeljak 7.6 i 7.8). To znači da radnik ne može neposredno usporediti očitane veličine ispupčenja f pilne trake s veličinom odgovarajućeg ispupčenja profila na kotaču pile.
3. Kako je vidljivo iz sl. 4 i opisa u odjelku 7.3, postojeće upute za konvencionalni način mjerenja su nedovoljno određene, te omogućavaju različita tumačenja i indivi-

¹ Eksperimentalne radove i mjerenja, čiji su dijelovi korišteni u ovom tekstu, izvršio je dipl. teh. Zoran Zgaga, u tvornici »BRATSTVO«, Zagreb.

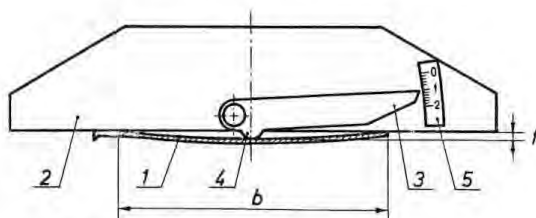
dualne postupke mjerenja. Ovdje treba navesti i nalaz da kod kontrolnog lineala s ravnim bridom radnik vidi svijetli procjep, koji je približno dva puta širi od stvarnog razmaka između pile i mjernog brida lineala (tabela 1; odjelak 7.8). To znači da po konvencionalnom postupku očitane vrijednosti ispupčenja nemaju objektivni značaj. Očitane vrijednosti predstavljaju individualne ocjene, u okviru individualno izgrađenog načina rada svakog pojedinog oštrača.

Iznesene neodređenosti konvencionalnog načina mjerenja jedan su od uzroka da se nisu mogli uspostaviti numerički normativi koji bi definirali potrebnu napetost u pilnoj traci za pojedine režime piljenja. Zato svaki oštrač mora, na osnovi vlastitog iskustva i za vlastiti stil rada, tokom prakse izgrađivati vlastitu predstavu o potrebnoj veličini ispupčenja f , za pojedine režime piljenja. Oštrača ima boljih i lošijih, a dobri »saw-doctori« su vrlo deficitaran kadar. Tako kapacitet tračnih pila, a često i cijele pilane, postaje ovisan o jednom faktoru koji je velikim dijelom izvan domaćaja industrijskog režima kontrole i planiranja.

Radi rješavanja navedenih problema posredne tehnike mjerenja napetosti u listu tračne pile, konstruiran je novi magnetski kontrolnik.



Slika 8. Skica postupka i pomagala kojim su izvršena pokusna mjerenja ispupčenja lista tračne pile, savijene u polukrug radiusa kotača pile: 1 — list tračne pile; 2 — drvena šablona čiji je radius jednak polumjeru kotača pile; 3 — mjerna naprava s kazaljkom i skalom, prikazana na slici 9.



Slika 9. Skica mjerne naprave s kazaljkom i skalom: 1 — poprečni presjek (profil) uzdužno zakrivljenog lista pile; 2 — kontrolni lineal; 3 — okretna kazaljka; 4 — pipkalo kazaljke; 5 — mjerna skala (jedan podjelak širine cca 1 mm, odgovara veličini 0,1 mm ispupčenja f). Dodatno objašnjenje u odjelku 7.7.

Vrijednosti ispućenja f , snimljene na pokusnom listu tračne pile ($s = 1,2$ mm; $b = 120$ mm) radi analize konvencionalnog načina mjerenja napetosti u pilnoj traci. Dodatna objašnjenja u odjelku 7.8.

TABELA I

| Red. br. alinee | Opis podataka | Oznaka podataka | Oznake mjesta mjerenja na pokusnoj pilnoj traci | | | | | Aritmetička sredina | Standardna devijacija |
|-----------------|--|-------------------|---|------|------|-----|------|---------------------|-----------------------|
| | | | a | b | c | d | e | | |
| 1. | Ispućenje lista tračne pile savijene u polukrug radiusa kotača pile $R_k = 550$ mm. Mjerenje je izvršeno po postupku prikazanom na sl. 8 | f_k (mm) | 0,4 | 0,38 | 0,4 | 0,4 | 0,42 | 0,4 | 0,013 |
| 2. | Stvarno ispućenje na konvencionalno savijenoj pili, izmjereno mjernom napravom s kazaljkom i skalom, sl. 9 | f_n (mm) | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,8 | 0,75 | 0,76 | 0,025 |
| 3. | Okom procijenjeno ispućenje na konvencionalnoj savijenoj pili uz pomoć kontrolnog lineala s ravnim bridom, sl. 4. | f_o (mm) | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 2 | 2 | 1,6 | 0,34 |
| 4. | Stvarno ispućenje na konvencionalno savijenoj pili u odnosu na ispućenje pile savijene u polukrug radiusa kotača $R_k = 550$ mm | $\frac{f_s}{f_k}$ | 1,9 | 2 | 1,9 | 2 | 1,8 | 1,92 | 0,075 |
| 5. | Okom procijenjeno ispućenje u odnosu na stvarno ispućenje — kod konvencionalno savijene pile | $\frac{f_o}{f_s}$ | 2 | 1,7 | 1,3 | 2,5 | 2,7 | 2 | 0,5 |
| 6. | Okom procijenjeno ispućenje na konvencionalno savijenoj pili u odnosu na ispućenje pile u odnosu na ispućenje pile savijene u polukrug radiusa kotača $R_k = 550$ mm | $\frac{f_o}{f_k}$ | 3,7 | 3,4 | 3,3 | 5 | 4,8 | 4 | 0,7 |

Vrijednosti ispućenja f_k , snimljene na jednom pokusnom listu tračne pile ($s = 1,2$ mm; $b = 120$ mm) radi analize točnosti postupka mjerenja napetosti u pilnoj traci pomoću novog magnetskog kontrolnika. Dodatna objašnjenja u odjelku 7.9.

TABELA II

| Red. br. alinee | Opis podataka | Oznaka podataka | Oznake mjesta mjerenja na pokusnoj pilnoj traci | | | | | Aritmetička sredina | Standardna devijacija |
|-----------------|--|------------------|---|------|------|------|-------|---------------------|-----------------------|
| | | | a | b | c | d | e | | |
| 1. | Ispućenje lista tračne pile savijene u polukrug radiusa kotača pile $R_k = 550$ mm. Mjerenje je izvršeno po postupku prikazanom na sl. 8 | f_k (mm) | 0,40 | 0,38 | 0,4 | 0,40 | 0,42 | 0,40 | 0,0126 |
| 2. | Ispućenje ustanovljeno magnetskim kontrolnikom. Mjerenje je izvršio radnik A. | f_{kA} (mm) | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,42 | 0,405 | 0,0214 |
| 3. | Ispućenje ustanovljeno magnetskim kontrolnikom. Mjerenje je izvršio radnik B. | f_{kB} (mm) | 0,38 | 0,42 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,0126 |
| 4. | Razlika očitanih ispućenja $\Delta f_k = f_{kA} - f_k$ | Δf_A | 0 | 0,02 | 0 | 0 | -0,02 | 0 | 0,0126 |
| 5. | Razlika očitanih ispućenja $\Delta f_B = f_{kB} - f_k$ | Δf_B | -0,02 | 0,04 | 0 | 0 | -0,02 | 0 | 0,022 |
| 6. | Razlika očitanih ispućenja $\Delta f_{AB} = f_{kA} - f_{kB}$ | Δf_{AB} | 0,02 | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0,008 | 0,01 |

5. PRIKAZ NOVOG MAGNETSKOG KONTROLNIKA ZA MJERENJE ISPUŠČENJA PROFILA PILNE TRAKE²

Osnovni dio novog kontrolnika, sl. 11, predstavlja lučna šablona (6), čiji je radius jednak polumjeru kotača stroja (R_k), po kojem će se pila uvijati tokom rezanja. Na lučnu šablonu učvršćena su dva permanentna magneti (7) koja privlače list pile i priljubljuju ga uz lučni brid šablone. Time se, u okolini mjesta mjerenja (D), pilna traka uzdužno savija u luk, čiji je radius (R_k) jednak polumjeru kotača pile. Kontrolni lineal (2), postavljen uz okomicu (S), visinski je pomičan, te se, oslonjen na bridove pile, odiže iznad mjesta mjerenja (D), za određenu visinu (f_k). Pipkalo (4), dodirujući — uslijed težine kazaljke (3) — pilu na mjestu mjerenja, daje vrhu kazaljke višestruko povećani otklon. Tako se ispuščenje pile može očitati na skali (5), čiji svaki podjelak, širine oko 1 mm, pokazuje 0,1 mm ispuščenja pile (f_k). Po svojoj konstrukciji, magnetski kontrolnik je jednostavan, te se njegova cijena može uspoređivati s cijenom nekoliko kubičnih metara piljene građe.

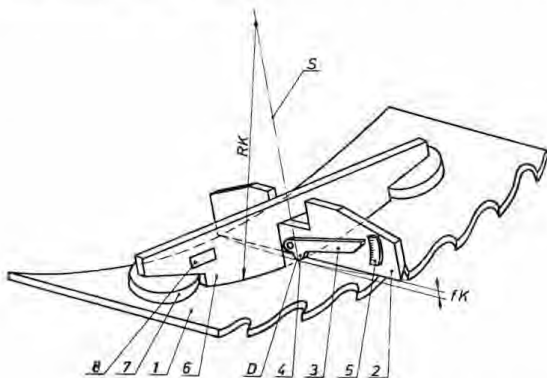
Rukovanje magnetskim kontrolnikom KNP prikazano je na slici 10, a dalje razjašnjenje postupka dano je prema oznakama na sl. 11. Prije početka mjerenja treba provjeriti da li je na mjestu za oznaku (8) utisnuta brojka koja definira veličinu promjera kotača pile, za koji je pila koja se mjeri namijenjena. Drugim riječima, svaka pilna traka treba raspolagati s toliko vrsta magnetskih kontrolnika koliko ima raznih promjera kotača na svojim tračnim pilanama. Tokom mjerenja kontrolnik treba biti postavljen na pilu tako da lučni brid šablone (6) dotiče pilu približno po simetrali širine i da kontrolni lineal (2) prolazi približno kroz dno ozubine. Pri tome treba voditi računa da list pile naliježe na lučni brid šablone u dvije ili više točaka. Zato će, prema potrebi, naročito kod debljih pila, radnik lijevom rukom podržati pilu prema prednjem magnetu. Veličinu ispušče-



Slika 10. Fotografija postupka mjerenja napetosti u pilnoj traci pomoću magnetskog kontrolnika

² Magnetski kontrolnik za mjerenje ispuščenja profila pilne trake, tip KNP, prijavljen je kao pronalazak kod Saveznog Zavoda za patente, Beograd, pod br. P. 258/75 na ime autora i izvršen je u proizvodni program Tvornice strojeva »BRATSTVO«, Zagreb.

nja (f_k) pokazuje kazaljka (3) na skali (5). Kod uvježbanih radnika vrijeme potrebno za kontrolu jedne pile magnetskim kontrolnikom ne razlikuje se bitno od vremena potrebnog za mjerenje po konvencionalnom načinu.



Slika 11. Principijelna shema magnetskog kontrolnika napetosti u pilnoj traci: 1 — pilna traka; 2 — kontrolni lineal položen okomito na uzdužnu os pilne trake, koji se, oslonjen na bridove pile, samostalno visinski podešava; 3 — okretna kazaljka; 4 — pipkalo kazaljke; 5 — mjerna skala; 6 — šablona s bočnim bridom radiusa kotača pile, položena u simetralnoj ravni pile; 7 — permanentni magneti; 8 — oznaka dijametra luka šablone (8) koji odgovara promjeru kotača pile za koji je kontrolnik namijenjen; D — točka mjerenja; f_k — ispuščenje profila pile, koje odgovara radiusu kotača pile R_k ; R_k — radius kotača pile za koji je kontrolnik namijenjen; S — okomica na pilu u točki mjerenja, D.

Radi provjere točnosti magnetskog kontrolnika izvršena su mjerenja na pokusnim pilama:

- Na svakom obilježenom mjestu pokusne tračne pile izvršena su po dva mjerenja: jedno s magnetskim kontrolnikom, drugo prema postupku prikazanom na sl. 8. Očitani rezultati pokazuju da magnetski kontrolnik daje praktički jednake vrijednosti ispuščenja pile, kao i mjerenje u punom polukrugu radiusa kotača pile (tabela II; odjelak 7.9).
- Na svakom obilježenom mjestu pokusne tračne pile dva radnika izvršila su po jedno mjerenje magnetskim kontrolnikom. Dobiveni rezultati pokazuju da kod primjene magnetskog kontrolnika očitani rezultati ne ovise o radniku, tj. da se odstupanja očitanih rezultata nalaze u okviru dogovorene tolerance mjerenja $T = 0,1$ mm (tabela II; odjelak 7.9).

U oštionicama gdje se kontrola napetosti u listovima tračnih pila vrši konvencionalnom tehnikom, primjena magnetskog kontrolnika može pružiti neke nove mogućnosti za unapređenje pogonske prakse, npr.:

- Novim kontrolnikom se rukuje rutinski, prema jasnim uputama. Zato je obuka radnika jednostavnija i ne zahtijeva posebno sobne »saw-doctore«.

b) Očitane mjere praktički su neovisne o radniku. Time je omogućeno da, osim oštrača, i drugi radnici mogu izvršiti provjeru kvaliteta operacije napinjanja valjanjem, npr. posebni tehnički kontrolori, rukovaoci tračnih pila i dr. Ovo je bitan preduvjet za prevođenje postupka napinjanja valjanjem iz zanatskog u industrijski režim tehnologije.

c) Magnetskim kontrolnikom očitana ispušćenja predstavljaju brojčane vrijednosti ustanovljene pod definiranim uvjetima i s određenom točnošću. To pruža mogućnosti da se više nego do sada izmjenjuju iskustva između stručnjaka koji se bave ovom problematikom. To daje mogućnosti da se vrše pokusna mjerenja i istraživanja, te da se na osnovi ovih radova formiraju orijentacijske tablice i upute za praktičnu primjenu u pilanama.

Nova naprava je relativno jeftina i uključuje se u standardnu opremu oštrionica za pripremu listova pilanskih tračnih pila. Zato ne postoje objektivna ograničenja za širu primjenu novog postupka. Međutim, razumljivo je, ako se u jednoj pilani želi unaprijediti tehnologija napinjanja pila sa zanatskog na viši industrijski nivo, onda je za taj progres potreban odgovarajući angažman inženjersko-tehničkog kadra.

6. ZAKLJUČCI

1. Na mjestu gdje se mjeri ispušćenje profila kao mjera napetosti u pilnoj traci, list pile treba biti savijen u uzdužnu krivinu unaprijed određenog radiusa, koji je jednak polumjeru kotača pile.
2. Kod konvencionalnog načina, na mjestu mjerenja formirano ispušćenje profila pilne trake značajno se razlikuje od ispušćenja koje se ostvaruje na pili savijenoj u krivinu radiusa kotača pile. Osim toga, kod konvencionalnog postupka različiti radnici mogu na istom mjestu jedne pile ustanoviti različite vrijednosti ispušćenja, ovisno o individualnom načinu mjerenja.
3. Primjenom novog magnetnog kontrolnika, uzdužna os lista tračne pile, na mjestu mjerenja, prinudno se savija u krivinu radiusa kotača pile, a formirano ispušćenje profila trake se očitava na skali s tolerancijom $T = 0,1$ mm.

7. DODATNA OBJAŠNJENJA UZ SLIKE I TABELE

7.1. Krivulja na sl. 2 predstavlja grafički prikaz

funkcije $\frac{f}{f_{\max}} = \frac{2}{R/R_m + R_m/R}$, koja je izvedena

na osnovi obrazaca iz literature [1]. Ovdje je

$R_m = \frac{b^2 \beta^2}{s \sqrt{10}}$, i predstavlja radius krivine kod koga

se formira maksimalno ispušćenje, f_{\max} . Značenje oznaka fizikalnih veličina dano je u poglavlju 8.1.

Supstitucijom $R = R_k = K_1 \cdot s$ i $b = K_2 \cdot s$ u gornje obrasce te eliminiranjem veličine R_m dobiva se:

$$\frac{f}{f_{\max}} = \frac{f_k}{f_{\max}} = \frac{2}{\frac{K_1 \sqrt{10}}{K_2^2 \beta^2} + \frac{K_2^2 \beta^2}{K_1 \sqrt{10}}}$$

Ako se, dalje, u dobivenu jednadžbu uvrste brojčane vrijednosti kakve se često susreću u praksi: $K_1 = 500$; $K_2 = 100$; $\beta = 0,8$ (odjelak 8.1), izlazi da

je $\frac{f_k}{f_{\max}} = 0,465$, što je prikazano točkom A, na sl. 2.

Dobivena ordinata točke A pokazuje — pri naprijed usvojenim odnosima za K_1 , K_2 , β , — da je ispušćenje f_k pile savijene na radius R_k , kotača pile, približno dva puta manje od maksimalnog ispušćenja, f_{\max} , koje se može pojaviti na pilnoj traci.

7.2. Kod nekih listova tračnih pila koji, kod konvencionalnog mjerenja napetosti u pilnoj traci, imaju lučni oblik profila (sl. 3 A), može se pokazati »antiklastično« povijanje rubnih pojaseva trake (sl. 3 B), kad se pila uzdužno savije na radius kotača pile. Pojava »antiklastičnog povijanja« je, bez sumnje, veliki problem napinjanja valjanjem kod tankih tračnih pila, namijenjenih za rad pod visokim zateznim naponima (high-strain) [2].

7.3. Konvencionalni način mjerenja napetosti u pilnoj traci, sl. 4, prikazan je u literaturi fotografijama, skicama i najčešće vrlo kratkim opisima [1], [3], [4], [5], [6], [7], [13], [14]. Radi ilustracije navodi se detaljnija tekstualna uputa iz [13]:

»List podignemo lijevom rukom za oko 1/3 metra, tako da se formira luk. Kontrolnik, koji mora biti dugačak najmanje koliko iznosi širina lista, držimo u desnoj ruci. Ako koristimo kontrolnik s ravnim mjernim bridom, lako ga pritisnemo poprečno na list pile, na mjestu koje je neposredno iznad radnog stola. Između kontrolnika i lista sada vidimo svijetli procjep — taj otvor može na najvišem mjestu biti visok nekoliko desetinki milimetra. Prava (potrebna) mjera ovog otvora ovisi od okolnosti: to je prema tome stvar iskustva, a za prosuđivanje koristimo očnu mjeru. Važno je da svijetli otvor bude simetričan u odnosu na sredinu. U drugom slučaju, kada se koristi zaobljeni (konveksni) kontrolnik, koji je na bazi iskustva izrađen s točnom krivinom, mora ga se čvrsto pritisnuti uz pilu. Ako je napinjanje izvedeno na pravilan način, ne smije se vidjeti nikakav svijetli zazor.«

Može se uočiti da postupak mjerenja u ovim izvorima nije potpuno određen, npr.: nisu precizirani

mjesto i način hvatanja pile, te mjesto mjerenja; u pojedinim uputama preporučene su različite visine dizanja lista iznad radnog stola; sila kojom treba osloniti kontrolnik na pilu u trenutku mjerenja opisuje se riječima »lako« ili »čvrsto« pritiskanje; potrebno ispupčenje, odnosno krivina profila, određuje se »iskustvom«; veličina ispupčenja očitava se »očnom mjerom«; isti postupak mjerenja predviđa se za razne trake, bez obzira na dimenzije lista i dimenzije stroja na kojem će raditi.

7.4. Krivulja na slici 5 predstavlja grafički prikaz

funkcije $\frac{y}{1} = 1 - 4 \left(\frac{x}{1}\right)^3 + 3 \left(\frac{x}{1}\right)^4$ koja vrijedi u

području $0 \leq \frac{x}{1} \leq 1$, gdje je $1 = \sqrt{\frac{6 E h s^2}{\gamma}}$

Ovaj obrazac je izveden na osnovi razmatranja sl. 1 i sl. 4, te uz prihvaćanje slijedećih uvjeta:

1. Pilna traka je homogena elastična greda stalnog pravokutnog presjeka; zanemareni su zubi pile i promjena oblika poprečnog presjeka u slijed ispupčenja f .
2. Greda je opterećena isključivo vlastitom težinom; zanemarene su sile pritiska kontrolnika prilikom mjerenja, kao i slučajne horizontalne sile.
3. U izravnoj gredi ne postoje unutarnji naponi; zanemareni su naponi nastali uslijed napinjanja valjanjem, kao i drugi preostali naponi nastali tokom izrade, transporta, pripreme, rada i održavanja pile.

4. Ugibi elastične linije su mali; $\frac{h}{1} < 0,25$.

5. $(x = 0; y = h), (x = 0, y' = 0), (x = 0, y'' = 0), (x = 1, y = 0), (x = 1, y' = 0)$.

Križići (X) označavaju rezultate mjerenja provedenog na pili ($s = 1,2 \text{ mm}$; $b = 120 \text{ mm}$) radi provjere gore prikazanog obrasca za elastičnu liniju. Tokom ovog pokusa bili su ispunjeni uvjeti, navedeni gore, pod r. br. 2, 4, 5. Analogne rezultate pokazali su i drugi pokusi izvedeni pod istim uvjetima.

7.5. Krivulja na sl. 6 predstavlja grafički prikaz

funkcije $R \frac{h}{l^2} = - \frac{1}{-24 \frac{x}{1} + 36 \left(\frac{x}{1}\right)^2}$ koja vri-

jedi u području $0 < \frac{x}{1} < 2/3$ i $2/3 < \frac{x}{1} \leq 1$, za elastičnu liniju iz sl. 5.

Supstitucijom $R = R_k = K_1 \cdot s$ i $1 = \sqrt{\frac{6 E h s^2}{\gamma}}$

u gornjoj jednadžbi dobiva se $\frac{R_h}{l^2} = \frac{R_k h}{l^2} = K_1 \sqrt{\frac{\gamma h}{6 E}}$

Ako se, dalje, u dobivenu jednadžbu uvrste brojčane vrijednosti kakve se često susreću u praksi: $\gamma = 7,7 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$, $E = 0,206 \cdot 10^{12} \text{ N/m}^2$, $K_1 = 500$,

$h = 0,333 \text{ m}$ (odjelak 8.1), izlazi da je $\frac{R_k h}{l^2} = 0,0715$,

što je prikazano linijom A na sl. 6. Dobivena linija A s ordinatama 0,0715, pri ranije usvojenim uvjetima i vrijednostima γ , E , K_1 , h — pokazuje da na desnom dijelu pile gdje se konvencionalno vrši mjerenje napetosti u traci ne postoji mjesto s krivinom koja bi odgovarala radiusu kotača pile.

7.6. Krivulja na slici 7. predstavlja grafički prikaz funkcije

$$\frac{f}{f_{\max}} = \frac{2}{-3,6} + \frac{-24 \left(\frac{x}{1}\right) + 36 \left(\frac{x}{1}\right)^2}{-3,6}$$

koja je izračunata za elastičnu liniju prikazanu na sl. 5. Gornja funkcija izvedena je iz obrazaca navedenih u odjelku 7.1; 7.4; 7.5, a vrijedi za brojčane vrijednosti kakve često susrećemo u praksi: $\beta = 0,8$; $K_2 = b/s = 100$; $\gamma = 7,8 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$; $E = 0,206 \cdot 10^{12} \text{ N/m}^2$; $h = 0,333 \text{ m}$ (odjelak 8.1).

Ordinate linije A predstavljaju relativno ispupčenje $\frac{f_k}{f_{\max}} = 0,465$ pilne trake, kako je izračunato u odjelku 7.1.

Položaj linije A prema krivulji na sl. 7 pokazuje — pri naprijed usvojenim uvjetima i vrijednostima za β , K_2 , γ , E , h — da na desnom dijelu pile, gdje se konvencionalno vrši mjerenje napetosti u pilnoj

traci, nastaje relativno ispupčenje $\frac{f}{f_{\max}} = 1$, koje se

značajno razlikuje od relativnog ispupčenja $\frac{f}{f_{\max}} =$

0,465, kakvo odgovara pili savijenoj na radius kotača pile R_K (sličan rezultat dobiven je i optima — tabela I).

7.7. Naprava prikazana na sl. 9 je u principu jednaka analognom sklopu magnetskog kontrolnika, sl. 10 i sl. 11. Prilikom provjere točnosti ovog mjera, pomoću etalona, ustanovljeni raspon odstupanja bio je manji od $T = 0,1 \text{ mm}$.

7.8. Brojke u alineama 1, 2, 4 (Tabela I) pokazuju da su se stvarna ispupčenja f_s , izmjerena konven-

cionalnim načinom, značajno razlikovala od ispušćenja f_k , izmjerenih na pili savijenoj u polukrug radiusa kotača pile, $R_k = 550$ mm. Do sličnih rezultata dovode razmatranja grafa na sl. 7. i objašnjenja u odjelku 7.6.

Brojke u alineama 2, 3 i 5 (Tabela I) pokazuju da su, na konvencionalno savijenoj opitnoj traci, okom procijenjena ispušćenja f_n , bila približno dvostruko veća od stvarnih ispušćenja f_s izmjerenih mjernom napravom sl. 9. Ova činjenica bi se mogla tumačiti time da radnik, prilikom očne procjene ispušćenja, nesvjesno ocjenjuje svjetlosni procjep koji je dvostruko širi od stvarnog razmaka između lineala i pile. Naime, radnik registrira svijetlu traku koja se očitava između realnog mjernog brida ravnala i slike tog istog mjernog brida koja se ogleda na glatkoj površini pile (sl. 4).

Podaci u alinei 6 (Tabela I) pokazuju da su na opitnoj pili okom očitana ispušćenja f_n , bila prosječno 4 puta veća od ispušćenja f_k , izmjerenih na traci savijenoj u polukrug kotača pile R_k .

Navedena mjerenja obavljena su na obilježenim mjestima a, b, c, d, e pokusnog lista tračne pile ($s = 1,2$ mm; $b = 120$ mm), koji je bio uredno napet valjanjem. Mjerenja na drugim pilnim trakama, izvršena na isti način, dala su analogne rezultate.

7.9. Brojke u alineama 1, 2, 3, 4, 5 (Tabela II) pokazuju da ispušćenje f_{kA} i f_{kB} — izmjerena magnetskim kontrolnikom na opitnoj pili — nisu značajno odstupala u odnosu na ispušćenja f_k — ustanovljena na istoj pilnoj traci, kada je ova bila savijena u polukrug kotača pile $R_k = 550$ mm. Nađene razlike Δf_A i Δf_B manje su od tolerance $T = 0,1$ mm, dogovorene u odjelku 2.

Vrijednosti u alinei 6 (Tabela II) pokazuju da se ispušćenja f_{kA} i f_{kB} , očitana na opitnoj pili, jedan put od strane radnika A, drugi put od strane radnika B, nisu međusobno značajno razlikovala. Ustanovljene razlike Δf_{AB} manje su od tolerance $T = 0,1$ mm, dogovorene u odjelku 2.

Navedena mjerenja obavljena su na obilježenim mjestima a, b, c, d, e pokusnog lista tračne pile ($s = 1,2$ mm; $b = 120$ mm) koji je bio uredno napet valjanjem. I kod drugih analognih opita, izmjerena odstupanja Δf kretala su se unutar tolerance $T = 0,1$ mm.

8. POPIS OZNAKA I NEKIH NAZIVA, KORIŠTENIH U OVOM ČLANKU

8.1. Popis oznaka

- b — širina pilne trake od dna ozubine do lednog brida (sl. 1).
- E — modul elastičnosti materijala pile. U ovome je članku primjenjivana vrijednost $E = 0,206 \cdot 10^{12}$ N/m² — 21.000 kp/mm².
- f — ispušćenje profila valjanjem prednapete pilne trake, koja je na mjestu mjerenja uzdužno savijena u krivinu određenog radiusa R (sl. 1).

- f_k — ispušćenje f, profila, valjanjem prednapete pilne trake, koja je na mjestu mjerenja ispušćenja uzdužno savijena u krivinu radiusa kotača pile R_k .
- f_{max} — maksimalno ispušćenje f profila valjanjem prednapete pilne trake, koja je, na mjestu mjerenja ispušćenja, uzdužno savijena u krivinu radiusa R_m (sl. 2).
- h — visina iznad stola na kojoj je oslonjena pilna traka prilikom konvencionalnog mjerenja napetosti u pili (sl. 1).
- KNP — oznaka tipa magnetskog kontrolnika za mjerenje ispušćenja profila pilne trake (sl. 10).
- K_1 — odnos radiusa kotača pile R_k i debljine pilne trake s, ($K_1 = R_k : s$). U praksi često nalazimo odnos $K_1 = 500$, bolje poznat kao odnos $D : s = 1000$ ($D = 2 R_k$).
- K_2 — odnos širine pile b i debljine lista s, ($K_2 = b : s$). U praksi se odnos K_2 često nalazi u blizini vrijednosti 100.
- l — raspon elastične linije pile, prilikom konvencionalnog načina mjerenja napetosti u pilnoj traci (sl. 1).
- R — radius krivine (oskulatornog kruga) elastične linije pilne trake na mjestu mjerenja ispušćenja profila (sl. 1).
- R_k — radius kotača stroja, oko koga će se ovijati list tračne pile tokom procesa rezanja.
- R_m — radius krivine pilne trake pri kojem se pojavljuje najveće ispušćenje f_{max} , na pilnoj traci (sl. 2).
- s — debljina lista tračne pile (sl. 1).
- T — uvjetno prihvaćena toleranca mjerenja veličine ispušćenja f (odjelak 2).
- x — apscisa elastične linije pilne trake (sl. 1).
- y — ordinata elastične linije pilne trake (sl. 1).
- β — empirički korektivni koeficijent [4]. U ovome članku primjenjivana je vrijednost $\beta = 0,8$, koja je usvojena prema rezultatima vlastitih mjerenja izvršenih na listovima tračnih pila.
- γ — specifična težina materijala pile. U ovome članku primjenjivana je vrijednost $\gamma = 7,7 \cdot 10^4$ N/m³ = 7.8 p/cm³.

8.2. Neki nazivi korišteni u ovome članku

Antiklastično povijanje pojaseva pilne trake prikazano je na sl. 3.

Konvencionalni način mjerenja napetosti u pilnoj traci prikazan je na sl. 4. I neki drugi pojmovi vezani za ovaj način mjerenja označeni su u članku nazivom konvencionalni.

List tračne pile, koji predstavlja beskonačnu pilnu traku, je alat radnog stroja, tračna pila.

Pod napetošću u pilnoj traci podrazumijeva se u članku posebna konfiguracija prednapona u neopterećenom i izravnatom dijelu pilne trake. Ovi se prednaponi ostvaruju uzdužnim hladnim valjanjem uz primjenu posebnog stroja, valjačica pila, u oštrionicama za pripremu pilanskih tračnih pila. Tim postupkom, koji se često naziva napinjanje valjanjem ili napinjanje, istežu se pojedini uzdužni pojasevi (zone) pilne trake preko granice elastičnosti. Kao posljedica trajnih deformacija uslijed valjanja, pojavljuju se uzdužni vlačni prednaponi u rubnim pojasevima, a tlačni prednaponi u srednjim pojasevima neopterećenog izravnog dijela lista tračne pile.

Oštrači ili »saw-doctors« su radnici koji vrše napinjanje valjanjem u radionicama za pripremu i održavanje pilanskih tračnih pila.

LITERATURA

- [1] WÜSTER, E.: Die Berechnung der Reckvorspannungen in Gatter- und Bandsägeglättern. Holz als Roh- und Werkstoff 24 (1966) 4, 134—144.
- [2] ALLEN, F. E.: High-Strain/Thin Kerf. Modern Sawmill Techniques; Proceedings of the First Sawmill Clinic; Portland, Oregon, February 1973.
- [3] SCHMALTZ, G.: Die amerikanischen Methoden zur Behandlung der Bandsägeblätter und ihre Elastizitätstheoretische Begründung. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Band 71, Nr 47, 1927.

- [4] WACKER, H.: Die Behandlung breiter Bandsägeblätter, Holz-Zentralblatt Verlags. GmbH, Stuttgart, 1965.
- [5] SIMONDS, A.: The Art of Saw Doctoring Wide Bandsaws, Trade Cronicles Ltd, London 1953.
- [6] FRONIUS, K.: Die Arbeit am Gatter und an anderen Sägewerkmaschinen, Holz-Zentralblatt Verlags — GmbH, Stuttgart 1965.
- [7] KUČEROV, I. K., PAŠKOV, V. K.: Stanki i instrumenti lesopilno derevoobrativajušćeg proizvodstva, Lesnaja promišlenost, Moskva 1970.
- [8] FENZEL, P.: Sägezurichtung und Werkzeugkunde, Victoria-Verlag, Wien 1953.
- [9] FEOKTISTOV, A. E.: Lentočno Pilenie stanki, Lesnaja promišlenost, Moskva, 1976.
- [10] FOSCHI, R. O.: The Light-Cap Technique as a Tool for Measuring Residual Stresses in Bandsaw Blades, Wood Science and Technology 9 (1975) 4, 243—255.
- [11] ZUBČEVIĆ, R.: Tračne pile i njihova upotreba u pilanama, Zavod za tehnologiju drveta, Sarajevo 1965.
- [12] COVEL HANCHETT SAW AND KNIFE FITTING MANUAL, Covell-Hanchett Company, Michigan, 1943.
- [13] Herstellung und Pflege von Holzbandsägeblättern (prospekt — uputstvo), Uddeholm, Schweden, 1971.
- [14] Behandlung und Bearbeitung von Sandulk Holzbandsägenstahl, (prospekt — uputstvo), Schweden, 1973.
- [15] Kockums Autoband Roll Tensioner 246, (prospekt), Kockum Industry AB, Söderhamn, cca 1975.
- [16] Machine automatiques pour l'entretien des scies à ruban Rekmatic, (prospekt), Sté Sepem, St-Germain-en-Laye, cca 1975.

Recenzenti:

Doc. ing. ing. Stanko Sever

Prof. dr ing. Marijan Brežnjak

STRUČNJACI U DRVNOJ INDUSTRIJI, PILANARSTVU, SUMARSTVU, POLJOPRIVREDI I GRAĐEVINARSTVU:

ČUVAJTE DRVO JER JE ONO NAŠE NACIONALNO BOGATSTVO!

Sve vrste drva nakon sječe u raznim oblicima (trupci, piljena građa, građevna stolarija, krovne konstrukcije, drvne oplata, drvo u poljoprivredi itd.) izloženo je stalnom propadanju zbog razornog djelovanja uzročnika truleži i insekata.

ZATO DRVO TREBA ZAŠTITITI jer mu se time vijek trajanja nekoliko puta produljuje u odnosu na nezaštićeno drvo.

ZAŠTITOM povećavamo ili čuvamo naš šumski fond, jer se produljenom trajnošću smanjuje sječa. Većom trajnošću ugrađenog drva smanjujemo troškove održavanja.

INSTITUT U SVOJIM LABORATORIJIMA OBAVLJA ATESTIRANJE I ISPITIVANJE SVIH SREDSTAVA ZA KONZERVIRANJE DRVA, POVRŠINSKU OBRADU, PROTUPOŽARNU ZAŠTITU DRVA I LJPILA.

Zaštitom drva smanjuje se količina otpadaka. Zaštitom drva postiže se bolja kvaliteta, a time i povoljnija cijena.

U pogledu provođenja zaštite svih vrsta drva obratite se na Institut za drvo u Zagrebu.

Institut raspolaže uvježbanim ekipama i pomagalicama, te može brzo i stručno izvršiti sve vrste zaštite drva, tj. trupaca (bukva, hrast, topola, četinjače, sve vrste piljene građe, parena bukovina, krovne konstrukcije, ugrađeno drvo, oplata, lampe-rije, umjetnine itd.)