

Slika 1. Automatski uređaj za otvrđivanje zubaca širokih listova tračnih pila (VOLLMER VHM)

A. KRILOV*

ODK 634.0,822

Toplinsko otvrđivanje zubaca lista pile strujom visoke frekvencije*

Sažetak

Otvrdnjivanje oštrice zubaca strujom visoke frekvencije (površinsko kaljenje) ne zahtijeva mnogo vremena. Pored toga, ta je metoda vrlo praktična i ekonomična, posebno kod piljenja mekih i srednje tvrdih vrsta drva.

Ključne riječi: otvrđivanje zubaca lista pile — VF metoda otvrđivanja.

Summary

Thermal High-Frequency Hardening of Sawblade Teeth

Besides being less time consuming, thermal high-frequency hardening appears to be the most practical and economically acceptable method of sawblade teeth preparation, particularly efficient in the median range of low and medium density timbers.

Key words: hardening of sawblade teeth — high-frequency hardening.

1. UVOD

Stanje oštrice zupca utječe na karakteristike u radu i trajanje rada lista pile. U tom se smislu pokazalo pozitivnim oblaganje zubaca tvrdim materijalima. Tako su se postepeno u preradu drva uvažali listovi pila sa zupcima koji su imali na razne

* Dipl. ing. A. Krilov, M. Eng. Sc. radi u Odljelu za tehnologiju drva Komisije za šumarstvo u N. S. W., Australija (Wood Technology Division, Forestry Commission of N. S. W.). Rad je poslan Uredništvu Drvne industrije na engleskom jeziku (nije prije objavljivan) pod originalnim naslovom »Thermal high-frequency hardening of sawblade teeth«. Uredništvo je smatralo korisnim da se rad prevede i objavi u nešto sažetij formi u našem časopisu.

načine otvrdnutu (zakaljenu), odnosno posebno umetnutu oštricu. Takvi su listovi pila redovno pokazivali prednosti pred listovima pila s običnim zupcima. Postepeno se razvila nova tehnika i oprema za otvrđivanje zubaca bazirana na induktivnom zagrijavanju. Radi se o metodi automatskog otvrđivanja površine oštrice zupca — onog dijela lista koji je najaktivniji u procesu piljenja.

Literatura o istraživanjima na tom području, poznatom pod nazivom »otvrđivanje strujom visoke frekvencije (VF)«, vrlo je rjetka i, čini se, skoro isključivo na ruskom jeziku. Spomenut ćemo ukratko ta istraživanja.

Princip induktivnog zagrijavanja metala strujom visoke frekvencije poznat je već dugo. Ipak je VF princip u industriji prerade drva relativno kasno (Birjukov i Čerņišev, 1954. [2]) našao primjenu.

Daljnji razvoj VF principa postignut je kroz radove Ljaguzova (1955) [8], Demjanovskija i Bizova (1964) [4], Borikova i Pozdeeva (1970) [3], Anon. (1970) [1] i, konačno, Karpunina (1970) [5]. Međutim, svi su ti radovi bili ograničeni uglavnom na otvrdnjavanje zubaca lista pile jarmače.

Izgleda da do sada nije bilo opsežnijih i specifičnih istraživačkih studija za korišćenje VF kod listova tračnih pila. Bilo je, doduše, pokušaja za VF obradu zubaca lista tračne pile u praktičnim proizvodnim uvjetima (sl. 1). Obzirom na stalno povećanje broja tračnih pila u pilanama, i moguće značajne koristi, potrebna je odgovarajuća studija primjene VF za otvrdnjavanje zubaca listova tračnih pila.

2. TEHNIKA OTVRDNJAVANJA

Prije nego što se prijeđe na detaljniju diskusiju o otvrdnjavanju VF metodom, dat će se pregled različitih metoda otvrdnjavanja zubaca koje su se primjenjivale ili se primjenjuju u industriji.

2.1 Otvrdnjavanje brusnom pločom

U toku brušenja, oštrica zupca se ugrije u kontaktu s tvrdom brusnom pločom vrlo fine granulacije. Otvrdnjavanje oštrice postiže se zračnim hlađenjem ugrijane oštrice. Ovakva metoda ima niz nedostataka pa se jedva gdje još upotrebljava.

2.2 Otvrdnjavanje trenjem

Otvrdnjavanje trenjem postiže se plazmom ili materijalima sličnim plazmi. Trenje uzrokuje pretvaranje kristala ferita i perlita u polustabilni austenit. Mehaničkim, električnim ili termalnim djelovanjem na austenit dolazi do pretvaranja austenita u martenzit i time do otvrdnjavanja oštrice zupca. Ovakva je tehnika vrlo komplicirana pa nije prihvatljiva za praktičnu upotrebu.

2.3 Otvrdnjavanje na bazi električnog otpora

Za tu se metodu koristi strujom niskog napona a velike jakosti. Elektroda se prisloni uz vrh zupca, dok drugi pol čini sam list pile. Zagrijavanje je obrnuto proporcionalno s presjekom vodiča, pa se maksimum zagrijavanja postiže na vrhu zupca. Uslijed prljavština na zupcu, nejednoličnog pritiska elektrode uz oštricu zupca, različitog trajanja zagrijavanja te drugih razloga, dolazi do sagorjevanja i deformacije dijela oštrice, pa se zupci moraju naknadno oštriti. Pored toga, pokazalo se da takvim načinom otvrdnuti zupci imaju tendenciju pucanja prilikom proširenja.

2.4 Otvrdnjavanje plamenom

Zagrijavanje vrhova zubaca vrši se na visoku temperaturu plinskim plamenikom, a zatim se zupci ohlade i tako otvrdnu. Kao i metodom otpora

struje, i ovdje se zupci otvrdnu kroz cijeli volumen, pa dolazi do problema prilikom proširenja zubaca.

2.5 Otvrdnjavanje strujom visoke frekvencije

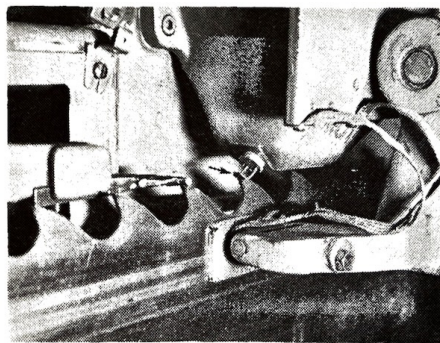
Struja visoke frekvencije zahvaća samo vanjski sloj električnog vodiča — ovdje zupca — pa se proces otvrdnjavanja dešava uglavnom do dubine od 0,2 mm. VF struja može se tako regulirati da se postigne željena debljina otvrdnute zone zupca.

3. FIZIKA INDUKTIVNOG ZAGRIJAVANJA

Primjenom VF struje dolazi do zagrijavanja metala indukcijom. Metal (zubac) je smješten unutar jezgre kroz koju prolazi struja visoke frekvencije (sl. 2). Unutar jezgre stvara se promjenljivo magnetsko polje. Uslijed toga dolazi do stvaranja vrtložne struje i brzog zagrijavanja metala koji se obrađuje (zupca). Što je veća frekvencija struje, to je manja dubina prodiranja u metal. Odnos između dubine prodiranja struje i frekvencije može se izračunati na temelju formule Birjukova i Čerņiševa [2]. Taj je odnos prikazan u tablici 1.

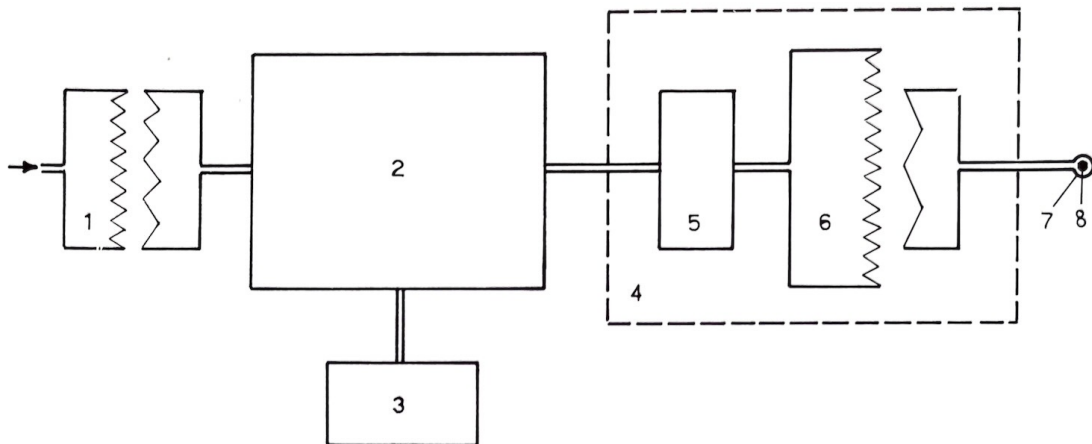
Tab. 1. Odnos između dubine prodiranja u metal i frekvencije struje

Frekvencija (Hz)	Vrst metala		
	Bakar kod 15 °C	Čelik kod 15 °C	Čelik kod 760 °C
	Dubina prodiranja (mm)		
50	10	5	70
500	3	1,5	22
5.000	1	0,5	7
50.000	0,3	0,15	2,2
500.000	0,1	0,05	0,7
5.000.000	0,03	0,015	0,22



Slika 2. Detalj jezgre induktora kroz koju prolazi struja visoke frekvencije. Posebno formirana petlja induktora odgovara dimenziji i formi oštrice zupca.

Iz prednjih podataka može se zaključiti da radiofrekvencija na srednjim valovima može uzrokovati otvrdnjavanje metala do dubine od 0,2 mm. Međutim, dubina zagrijanog sloja ne ovisi samo o frekvenciji već i o trajanju zagrijavanja. Što je vrijeme zagrijavanja duže, to je veća dubina zagrijanog sloja.



Slika 3. Shematski crtež uređaja za induktivno zagrijavanje: 1 — cijevni generator; 2 — kontrolna ploča; 3 — krug opterećenja; 4 — kondenzatorski sklop; 5 — visokofrekventni pretvarač; 6 — induktor; 7 — element koji se zagrijava; 8 — stabilizator napona.

4. UREĐAJ ZA INDUKTIVNO ZAGRIJAVANJE

Uređaj za pravilnu obradu zubaca lista pile VF metodom sastoji se od visokofrekventnog cijevnog generatora, kontrolne ploče, kruga opterećenja i induktora za zagrijavanje zupca (sl. 3). Vrh zupca koji se zagrijava smješten je unutar inducirajuće petlje, čija forma odgovara dimenzijama i formi oštrice zupca (sl. 2). Zbog toga se za različite forme zubaca moraju koristiti i petlje odgovarajućeg oblika. Radi ubrzanja i veće efikasnosti zagrijavanja, razmak između induktura i vrha zupca mora biti što manji (1 mm), nikako ne više od 4 mm.

Imajući u vidu važnost površinskog efekta, obično postoje dvije zavojnice VF transformatora. Inducirajuća petlja redovno je iz bakrene cijevi.

Unutar kontrolne ploče nalazi se posebni vremenski relej za kontroliranje vremena impulsa. Ovi impulsi uzrokuju da generator oscilira na točno određen način čim se zatvori strujni krug. Visokofrekventne oscilacije ne vraćaju se natrag u mrežu, jer bi izazvale smetnje na radio aparatima i televiziji. To se postiže ugrađenim odgovarajućim elektronskim sklopovima.

Prije samoga otvrdnjavanja, zupce treba podvrgnuti već poznatim procesima brušenja, stlačenja i egaliziranja.

5. ZAKLJUČAK

Otvrdnjavanje zubaca lista pile strujom visoke frekvencije ima niz prednosti i nesumnjivo daje bolje rezultate nego druge opisane metode.

Prijenos električne energije je beskontaktni. Uslijed toga zagrijavanje je jednako i pravilno kod svih zubaca — bez obzira na njihovu formu.

Zagrijavanje se vrši na vrlo tankom površinskom sloju zupca, a otvrdnjavanje nastaje mo-

mentalnim odvođenjem topline u hladni centralni, neotvrdnuti dio materijala. Takvi se zupci mogu proširivati bez opasnosti za nastajanje napuklina.

Zahvaljujući beskontaktnoj metodi, zupci ostaju u originalnoj formi i u prvom stanju naoštrenosti. Stoga nije potrebno naknadno oštrenje. Tako pripremljeni listovi pila posebno su efikasni za piljenje vrsta drva s nepravilnim tokom vlaknaca.

Praktična istraživanja VF tehnike otvrdnjavanja zubaca [6], [7] jasno pokazuju da je to najbolji i najekonomičniji način otvrdnjavanja zubaca listova pila, posebno kod piljenja mekih i srednje-tvrđih vrsta drva.

LITERATURA

- ANNON. A machine for hot swaging and hardening of sawteeth. Holz. Zentralb. 96 (114): 1663 (na njemačkom), (1970).
- BIRJUKOV, V. A. i ČERNIŠEV, A. F. Heat treatment of cutting tools with high-frequency current. Derev. lesokhim prom. 3(2):3-6 CSIRO. Translation 3316. (1954).
- BOROVNIKOV, E. U. i POZDEEV, A. S. Effect of high-frequency heating during brazing and tempering on the microstructure and strength of hard-alloy tipped framesaw teeth. Lesn. / 13(2):98-103 (na ruskom). (1970).
- DEMJANOVSKIJ, K. I. i BYZOV, V. I. More about sawblade teeth hardening. Derev. Prom. 13(6):15-6 (na ruskom). (1964).
- KARPUNIN, F. N. Increasing the wear-resistance of framesaw teeth. Lesn. Z. 13(6):63-8 (na ruskom). (1970).
- KRILOV, A. (1970). Mechanics of thermal high-frequency surface hardening of bandsaw teeth. Thesis M. Eng. Sc., Sydney University. (1975).
- KRILOV, A. Stellite-tipping versus high-frequency hardening of bandsaw teeth. Institute of Wood Science. (1976).
- LJANGUZOV, A. V. Electrical contact hardening of swage-set framesaw teeth. Derev. Prom. 4(12):6-7 CSIRO. Translation 3316B. (1955).

Preveo:

Prof. dr Marijan Brežnjak, dipl. ing.