



PARALELNÁ SPOLUPRÁCA DVOCH VYSOKOFREKVENČNÝCH LISOV PRI PLASTIFIKÁCII A OHÝBANÍ NÁBYTKOVÝCH PRÍREZOV

Ivan Makovíny

Abstract

The aim of this paper is theoretical analyse of high frequency heating in bending of furniture blocks by two parallel working presses with different geometrical shapes.

We have derived general formulae for analysing of heating process in two presses in dependence on size air gaps and furniture blocks thickness.

There were also determined data about heating behaviour.

Key words: *high frequency, parallel cooperation, two hf presses*

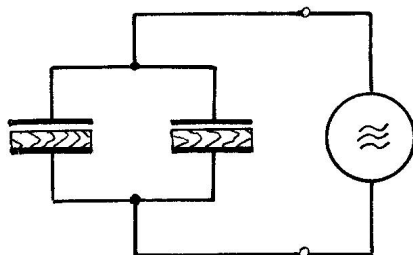
ÚVOD

Konkrétne požiadavky na výrobu nábytku sa prakticky vždy posudzujú aj z ekonomického hľadiska. V súčasnosti je pre výrobu stoličiek charakteristické, že sa vyrábajú malé, resp. stredne veľké série stoličiek, čo zvyšuje náročnosť na pružnosť výroby. Hľadajú sa tiež cesty, ako aj menšie série stoličiek vyrábať úsporne. Pri výrobe ohýbaných dielcov stoličiek metódou voľného ohýbania vo vf lise sa stretli dve protichodné požiadavky – vyrábať, čo najmenší počet lisovacích foriem a pritom využiť menovitý výkon vf generátora. Skĺbenie týchto dvoch požiadaviek si vynútilo paralelnú spoluprácu dvoch vysokofrekvenčných lisov s rôznymi lisovacími formami.

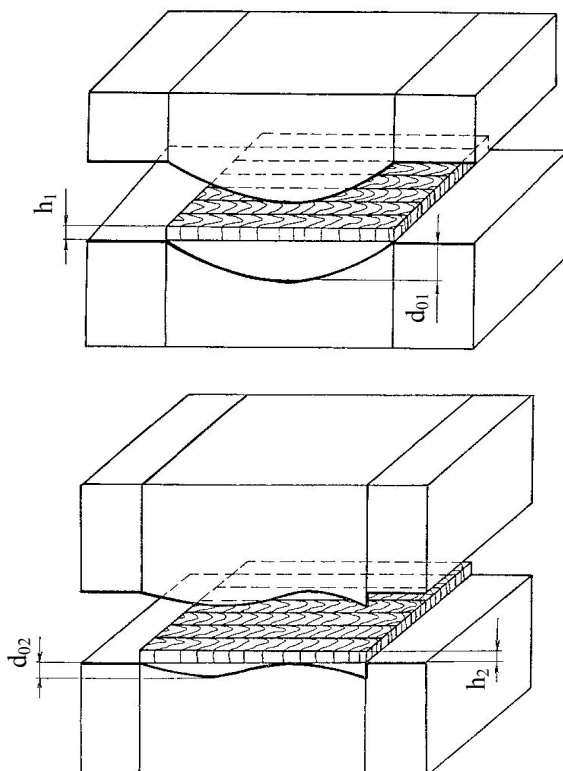
Cieľom tohto príspevku je teoretická analýza hlavných charakteristík ovplyvňujúcich priebeh vf ohrevu a plastifikácie nábytkových prírezov v paralelne pracujúcich dvoch vf lisocho, keď sa požadované tvary dielcov, a tým aj tvar foriem navzájom líšia.

1 FYZIKÁLNE ZÁKLADY

Technológia voľného ohýbania, t. j. ohýbania bez použitia pásnice s využitím vf ohrevu prebieha tak, že rovné nábytkové prírezy sa vložia do tvarovacej formy. Na povrchu matrice a patrice sú umiestnené elektródy, ktoré sú pripojené k vysokofrekvenčnému generátoru. V špecifickom prípade keď sa na jeden vf generátor pripoja dva lisy líšiace sa tvarom foriem vzniknú v lisocho rozdielne podmienky pre priebeh ohrevu. Je to preto, že ladenie vf generátora sa nedá vykonať osobitne pre každý lis, ale len na celú záťaž, ktorú predstavujú dva pracovné kondenzátory zapojené paralelne na zdroj vf energie.



Obr. 1 Schéma elektrického obvodu pri paralelnej spolupráci dvoch vf lisov s pracovnými kondenzátormi C_1 a C_2 pripojenými na vf generátor



Obr. 2 Náčrt dvoch foriem rôzneho tvaru určených pre aplikáciu metódy voľného ohýbania nábytkových prírezov tvarovaných formách pri paralelnej spolupráci dvoch vf lisov.

2 VPLYV VZDUCHOVEJ MEDZERY A HRÚBKY PRÍREZOV NA VF OHREV

Merný objemový výkon p_1 v prvom pracovnom kondenzátore (lisovacích formách) prvého lisu so vzdialenosťou elektród d_1 , keď existuje vzduchová medzera d_{vz1} sa zistí zo vzťahu (Makovíny, 1995)

$$p_1 = \omega \cdot \varepsilon_o \cdot \varepsilon_d'' \cdot \frac{U^2}{(h_1 + d_{01} \cdot \varepsilon_d')^2 + (\varepsilon_d'' \cdot d_{01})^2} \quad (1)$$

kde U je napätie na elektródach, ω – uhlová rýchlosť, ε_o – permitivita vákua, ε_d' – relatívna permitivita dreva, ε_d'' – stratové číslo dreva, h_1 – hrúbka prírezov v prvom pracovnom kondenzátore a d_{01} – veľkosť vzduchovej medzery.

Pre merný objemový výkon v druhom pracovnom kondenzátore bude platiť

$$p_2 = \omega \cdot \varepsilon_o \cdot \varepsilon_d'' \cdot \frac{U^2}{(h_2 + d_{02} \cdot \varepsilon_d')^2 + (\varepsilon_d'' \cdot d_{02})^2} \quad (2)$$

Pre vzdialenosť elektród platí vzťah

$$d_1 = d_{01} + h_1 \quad (3)$$

Pre druhý kondenzátor so vzdialenosťou elektród d_2 , hrúbkou prírezov h_2 a veľkosťou vzduchovej medzery d_{02} platí

$$d_2 = d_{02} + h_2 \quad (4)$$

Zvyšovanie teploty dreva dielektrickým – vľ ohrevom nezávisí od tepelno-technických vlastností dreva, resp. od vedenia tepla v dreve a nezávisí ani od hrúbky materiálu.

Ak bude splnený predpoklad, že počas vľ ohrevu sa do okolia ohrievaného materiálu žiadne teplo neodvádza, a tiež z okolia žiadne teplo do materiálu neprivádza, t.j., že ohrev prebieha adiabaticky. Ďalej, že nedochádza k fázovej premene vody v dreve tak potom pre rýchlosť ohrevu bude platiť rovnica:

$$\frac{d\mathcal{G}}{dt} = \frac{p}{c \cdot \rho} \quad (5)$$

kde \mathcal{G} je teplota, c – merné teplo dreva, ρ – hustota dreva, p – merný ohrievací výkon

Pre rýchlosť ohrevu $v_1 = \frac{d\mathcal{G}}{dt}$ v prvom kondenzátore, resp. v_2 v druhom kondenzátore bude platiť

$$v_1 = \frac{\omega \cdot \varepsilon_o \cdot \varepsilon_d''}{c \cdot \rho} \cdot \frac{U^2}{(h_1 + d_{01} \cdot \varepsilon_d')^2 + (\varepsilon_d'' \cdot d_{01})^2} \quad (6)$$

resp.

$$v_2 = \frac{\omega \cdot \varepsilon_o \cdot \varepsilon_d''}{c \cdot \rho} \cdot \frac{U^2}{(h_2 + d_{02} \cdot \varepsilon_d')^2 + (\varepsilon_d'' \cdot d_{02})^2} \quad (7)$$

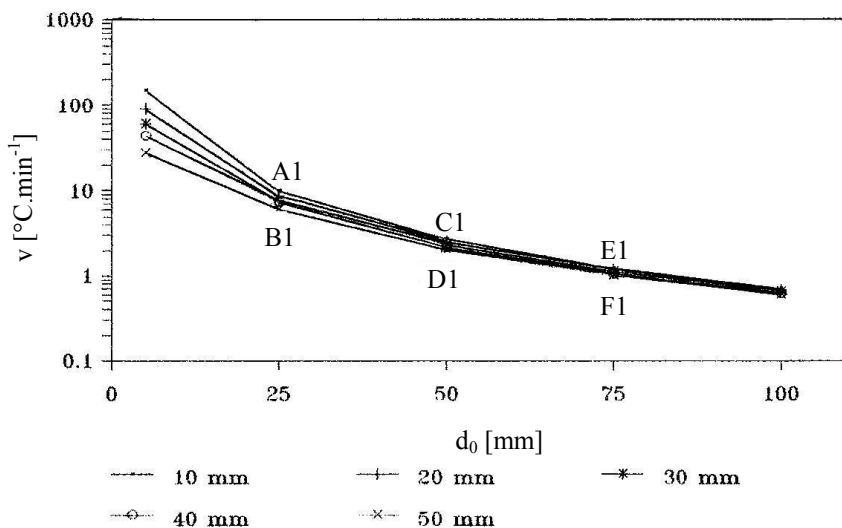
Obecne rýchlosť ohrevu bude v kondenzátore rozdielna. Pre pomer rýchlostí z rov. (6) a (7) po úprave dostaneme vzťah

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{(h_1 + d_{01} \cdot \varepsilon'_d)^2 + (\varepsilon''_d \cdot d_{01})^2}{(h_2 + d_{02} \cdot \varepsilon'_d)^2 + (\varepsilon''_d \cdot d_{02})^2} \quad (8)$$

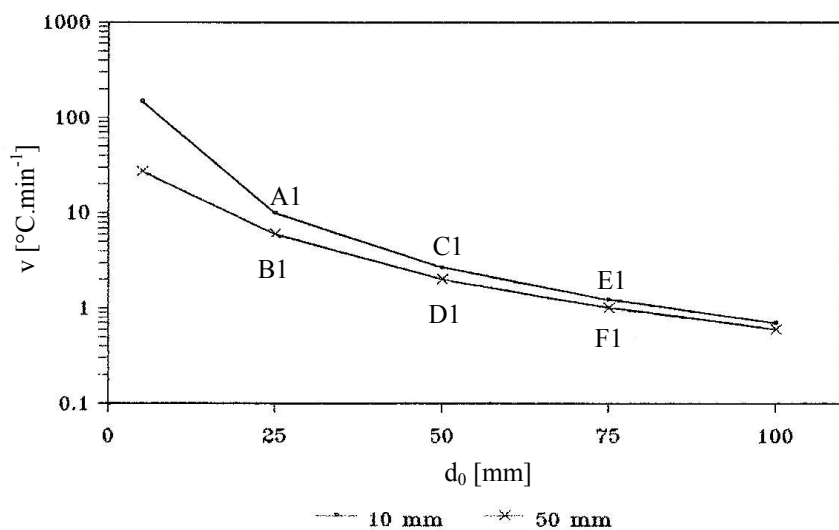
Z rov. (6) je zrejmé, že rozdiely v priebehu ohrevu v paralelne pracujúcich lisoch budú ovplyvnené hrúbkou prírezov, veľkosťou vzduchových medzier, ale tiež aj dielektrickými parametrami dreva, a to aj napriek tomu, že sa použil predpoklad, že sa v lisoch použije bukové drevo s rovnakými dielektrickými vlastnosťami. Dielektrické veličiny vlastne zosilňujú účinok rozdielnej vzduchovej medzery na priebeh ohrevu.

Kvantitatívne vyjadrenie vzťahu oboch rýchlostí sme vyjadrili graficky, (obr. 4 a 6). Tepelné pomery – rýchlosť ohrevu a časový priebeh teploty pri ohreve v oboch lisoch sme teoreticky analyzovali pri použití týchto parametrov: dielektrické vlastnosti dreva bukového dreva (podľa Makovíny, 1987) – $\varepsilon'_d = 5$, $\varepsilon''_d = 0,67$, vlhkosť dreva $w = 16\%$, hrúbky prírezov $h = 10$ až 54 (mm), veľkosti vzduchových medzier $d_{01} = 50$ mm, $d_{02} = (0,1 \div 2) \cdot d_{01}$ a efektívne hodnoty v_f napätia na elektródach 3000 V, resp. 5000 V.

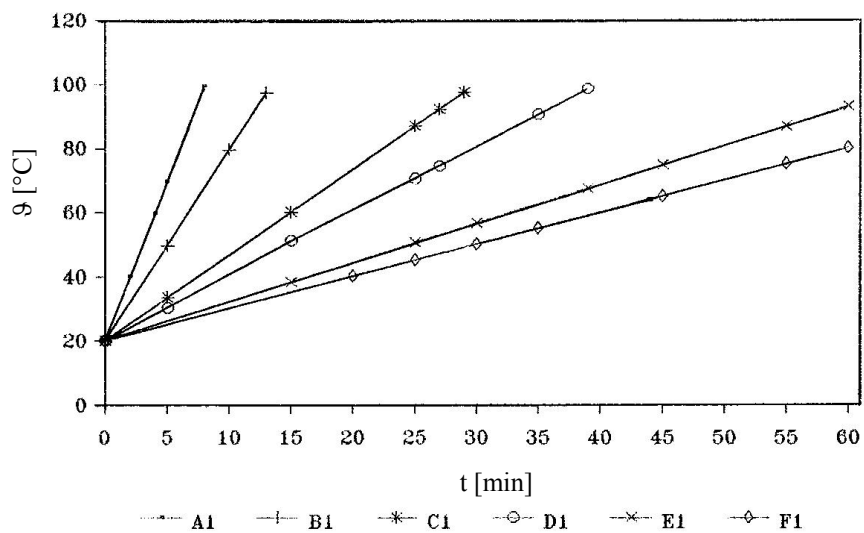
Výsledky teoretických výpočtov sú zobrazené na obr. 3 až 6, v ktorých boli vyznačené body A1 až F1 (obr. 3) a tiež A2 až F2 (obr. 5) a krivky nárastu teploty zodpovedajúce týmto bodom (obr. 4), resp. obr. 6.



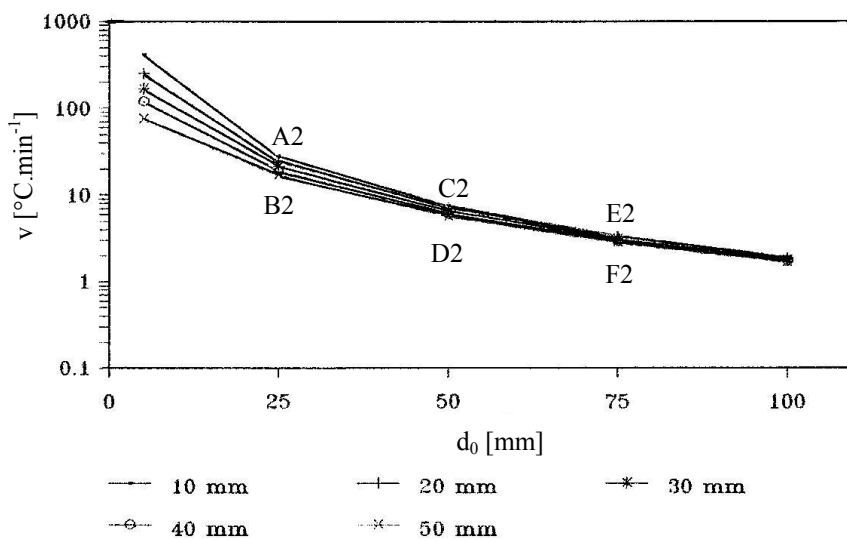
Obr. 3a Závislosť rýchlosti ohrevu v od veľkosti vzduchovej medzery d_0 a napätí na elektródach 3000 V, pri hrúbkach nábytkových prírezov: $h = 10, 20, 30, 40$ a 50 (mm)



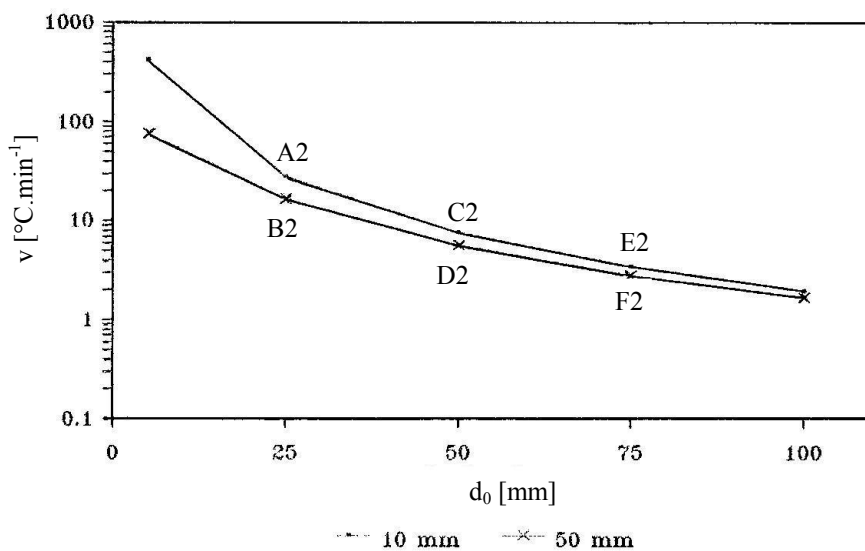
Obr. 3b Závislosť rýchlosti ohrevu v od veľkosti vzduchovej medzery d_0 a napätí na elektródach 3000 V, pri hrúbkach nábytkových prírezov: $h = 10$ a 50 (mm)



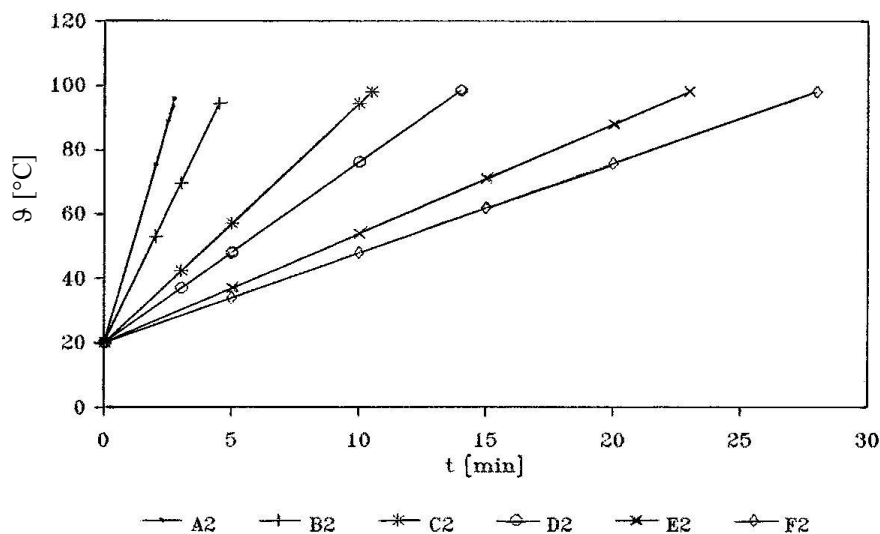
Obr. 4 Priebeh teploty ϑ na čase t pri rôznych ohrievacích rýchlostiach podľa obr. 3b, zodpovedajúci bodom A1, B1, C1, D1, E1 a F1.



Obr. 5a Závislosť rýchlosti ohrevu v od veľkosti vzduchovej medzery d_0 a napätí na elektródach 5000 V, pri hrúbkach nábytkových prírezov: $h = 10, 20, 30, 40$ a 50 (mm)



Obr. 5b Závislosť rýchlosti ohrevu v od veľkosti vzduchovej medzery d_0 a napätí na elektródach 5000 V, pri hrúbkach nábytkových prírezov: $h = 10$ a 50 (mm)



Obr. 6 Priebeh teploty θ na čase t pri rôznych ohrievacích rýchlostiach podľa obr. 5b, zodpovedajúcich bodom A2, B2, C2, D2, E2 a F2.

3 DISKUSIA

Vplyv rozdielnej vzduchovej medzery, rozdielnej hrúbky plastifikovaných prírezov a aj napätia na elektródach pri paralelnej spolupráci dvoch lisov na priebeh ohrevu v prvom a druhom lise môžeme posúdiť s použitím obr. 3 až 6,

Predpokladáme, že rýchlosť ohrevu po dosiahnutie teploty 100 °C je konštantná. Preto sa na jej výpočet použili stredné hodnoty permitivity ε'_d a stratového čísla dreva ε''_d na intervale teploty 20 až 100 (°C).

Vplyv vzduchovej medzery

Vplyvom rastúcej veľkosti vzduchovej medzery d_0 rýchlosť ohrevu výrazne klesá, najmä pokiaľ platí, že $d_0 < 50$ mm, približne nad touto veľkosťou medzery rýchlosť ohrevu klesá pomalšie. Napríklad, ak sa d_0 zväčší z 25 na 50 (mm) tak čas ohrevu na 100 °C zväčší z 8 min na 30 min pri hrúbke prírezov 10 mm a napätí 3000 V, (obr. 4).

Vplyv hrúbky prírezov

So znižovaním hrúbky prírezov sa zvyšuje rýchlosť ohrevu, a tým sa skracuje čas ohrevu. Platí to najmä pokiaľ je vzduchová medzera d_0 menšia ako cca 50 mm. Ak sa hrúbka vzduchovej medzery zvýši na 50 mm a viac, tak sa vplyv hrúbky h na rýchlosť ohrevu znižuje a pri vzduchových medzerách väčších ako 75 mm je tento vplyv zanedbateľný (obr. 3a,b a 5a, b).

Vplyv veľkosti napätia na elektródach

V uvažovanom paralelnom chode lisov platí, že napätia na elektródach lisov sú rovnaké.

So zmenou veľkosti napätia na výstupe generátora sa mení ohrievací výkon. V praxi sa používajú generátory, ktoré majú reguláciu výkonu obvykle až 5 stupňov, s čím korešpondujú rôzne napätia na elektródach.

Pri zvýšení vf napätia sa zvyšuje rýchlosť ohrevu s druhou mocninou (rov. 6 , 7). Napr. z pôvodnej rýchlosti ohrevu $10 [^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}]$ v bode A1 pri napätí $U_1 = 3000 \text{ V}$ sa po zvýšení napätia na $U_2 = 5000 \text{ V}$ rýchlosť v bode A2 zvýši na $30 [^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}]$, t.j. 3-násobne.

Pri paralelnom chode lisov však zmenou výkonu, resp. napätia môžeme len nepatrne korigovať vzájomný rozdiel v priebehu ohrevu dreva v lisoch.

Pri komplexnom posúdení uvažovaných vplyvov môžeme konštatovať, že zvlášť významne budú rozdiel v priebehoch ohrevu v paralelne pracujúcich lisoch ovplyvňovať líšiace sa veľkosti vzduchovej medzery.

Ak nastane situácia, že v prvom lise je väčšia vzduchová medzera ako v druhom lise, tak bude teplota prírezov v prvom lise rásť pomalšie ako v druhom lise. Ak však v prvom lise môžeme znížiť hrúbku tvarovaných prírezov, tak do určitej miery budeme tým kompenzovať spomalenie ohrevu, t.j. plastifikovať tenšie nábytkové prírezy.

Z vypočítaných údajov môžeme pri požadovaných tvaroch geometrických rozmerov foriem posúdiť možnosti dosiahnutia požadovanej teploty napr. cca $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pre začiatok ohýbania a navrhnúť parametre ohrevu pre dosiahnutie dostatočného stupňa plastifikácie v oboch vf lisoch.

ZÁVER

Odvođené vzťahy a vypočítané údaje umožňujú posúdiť možnosti paralelnej spolupráce dvoch vf lisov pri plastifikácii a voľnom ohýbaní nábytkových prírezov, keď sa použijú rozdielne tvary foriem. Dá sa všeobecne konštatovať, že takto sa dá realizovať výroba tvarovaných nábytkových dielcov len ak nie sú rozdiely vo veľkosti vzduchovej medzier lisov príliš veľké. Pritom je možné nepriaznivý účinok rozdielnych vzduchových medzier znížiť zmenšením hrúbky plastifikovaných prírezov v lise, v ktorom ohrev prebieha pomalšie, čiže v lise s väčšou vzduchovou medzerou.. Uvedené tvrdenia boli overené v priemyselnej praxi vo firme Domeko s. r.o., vyrábajúcej sedací nábytok a potvrdila sa ich správnosť.

LITERATÚRA

1. Heisel, U. – Eggert, O. T.: Holzbiegen zwischen gestern und morgen. HOB 38, 1991, č. 5, s. 74, 76, 78, 80
2. Heisel, U. – Eggert, O. T.: Plastifizierung von Buchholz mit Hochfrequenz oder Wasserdampf. HOB, 1990, s. 18 – 26.
3. Kúdela, J.: Zmeny vlastností dreva v procese hydrotermickej plastifikácie. In: Zborník – Medzinárodná vedecká konferencia „50 rokov vysokoškolského drevárskeho štúdia“. 1999, s. 13 – 22
4. Kúdela, J.: Vlhkostné a tepelné namáhanie bukového dreva. Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 2005, 141 s.
5. Makovíny, I.: Elektrofyzikálne vlastnosti dreva. VPA. Vydalo Edičné stredisko VŠLD Zvolen 1987, 108 s.
6. Makovíny, I.: A contribution to the calculation of the fundamental quantities at high-frequency heating and gluing of wood. Drevársky výskum 1995, č. 4, s. 45 – 57.
7. Nemeč, L. – Šulán, E. – Zemiar, J.: Technológia výroby nábytku. Alfa Bratislava, SNTL Praha, 1986, 520 s.
8. Zemiar, J. – Gáborík, J.: Tendencie rozvoja technológií tvarovania dreva ohýbaním. Zborník referátov z odborného seminára – Zvolen mesto drevárskej vedy a praxe. Edičné stredisko TU Zvolen, 1992, s. 395 – 404.