

Andrija Bogner, Ivica Grbac, Stjepan Risović¹

Kvantifikacija sposobnosti površine drva za lijepljenje

Determination of the ability of wooden surface for gluing

Pregledni rad • Review paper

Prispjelo - received: 15. 12. 2003. • Prihvaćeno - accepted: 21. 04. 2004.

UDK 630*812.2; 674.07

SAŽETAK • U radu su prikazana svojstva adhezije sa stajališta graničnih površina i njihovih energija. Objašnjena je površinska napetost, kao i površinska energija. Prikazana je razlika između glatke i hrapave površine te izvedena jednadžba za faktor hrapavosti, kao i utjecaj hrapavosti na kut kvašenja i površinsku energiju.

Objašnjen je pojam kritične površinske energije i napravljen njezin proračun za bukovu brušenu površinu. Određen je rad adhezije i objašnjeno kako se on može iskoristiti za ocjenu optimalne površinske napetosti ljepila, a napravljen je i proračun navedenih parametara za bukovu brušenu površinu.

Ključne riječi: rad adhezije, kut kvašenja, kritična površinska energija, faktor hrapavosti, optimalna površinska energija adheziva

ABSTRACT • This paper presents adhesion theory from the standpoint of surface energy. The nature of surface tension is discussed and shown to be dimensionally and numerically similar to surface energy. Differentiation is made between smooth surfaces and rough surfaces and a roughness factor is introduced. Critical surface energy has been explained and calculated for beech sanded surface. The paper also presents work of adhesion as a criterion for the determination of optimum surface tension of adhesives and calculation of the maximum work of adhesion and optimum surface tension.

Key words: work of adhesion, wetting angle, critical surface energy, roughness factor, optimum surface tension of adhesives

1 UVOD 1 INTRODUCTION

Adhezija je neobično važna za pojedine tehnološke procese u drvnoj industriji jer upravo adhezijske sile omogućuju lijepljenje različitih materijala, kako u procesima lijepljenja, tako i u procesima

površinske obrade drva. Adhezija ovisi o mnogo činitelja, a najvažniji su svojstva adherenda (drva) i adheziva (ljepila). Osim toga, ovisi o obradi površine drva i drugim činiteljima (Voyutski, 1975). Iz toga proizlazi da je važno dobro obraditi površinu drva za lijepljenje (sljubnicu) kako bi ona imala što veću energiju za adheziju s ljepi-

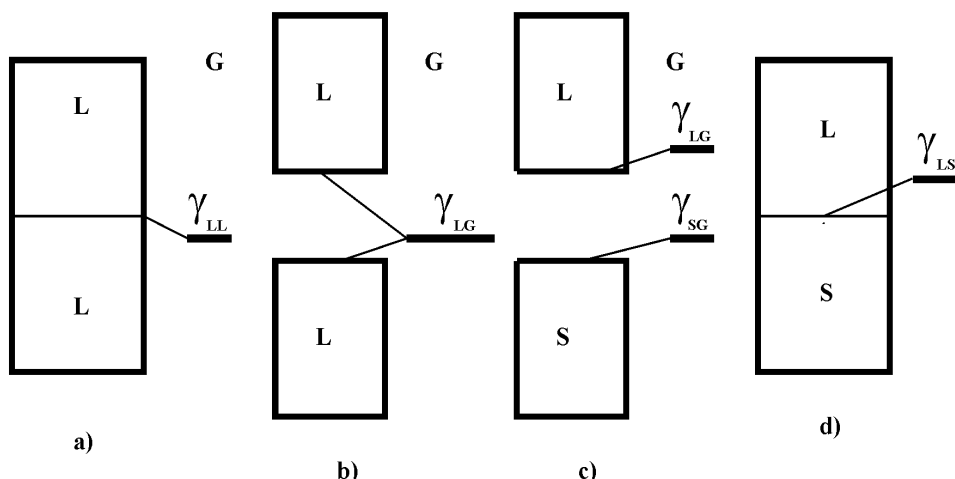
¹Autori su izvanredni profesor, redoviti profesor i docent Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

¹The authors are associate professor, professor and assistant professor, respectively, at the Faculty of Forestry of the Zagreb University.

Vrsta drva Wood species	Stanje površine* Condition of surface	Površinska energija Surface energy mN/m
<i>Fagus sylvatica</i>	1	51,5
<i>Fagus sylvatica</i>	5	43,6
<i>Fagus sylvatica</i>	4	42,5
<i>Fagus sylvatica</i>	2	74,3
<i>Pseudotsuga menz.</i>	3	52,8
<i>Pseudotsuga menz.</i>	1	44-50
<i>Pinus sylvestris</i>	4	45,1
<i>Pinus sylvestris</i>	2	66,1
<i>Abies alba</i>	4	44,3
<i>Abies alba</i>	2	83,2
<i>Tsuga heterophylla</i>	4	35,5
<i>Tsuga heterophylla</i>	2	77,3
<i>Thuja plicata</i>	4	47,0
<i>Thuja plicata</i>	2	78,0
<i>Pseudotsuga tax.</i>	4	47,5
<i>Pseudotsuga tax.</i>	2	72,3
<i>Qercus robur</i>	4	14,8
<i>Qercus robur</i>	2	68,9
<i>Betula alleghas.</i>	4	39,0
<i>Betula alleghas.</i>	2	74,2
<i>Tectona grandis</i>	4	54,3
<i>Tectona grandis</i>	2	63,3

*1 - blanjana površina s dubinom hrapavosti $R_t=43,5 \mu\text{m}$ (planed surface with $R_t=43,5 \mu\text{m}$); 2 - brušeno neposredno prije mjerenja karborundum brusnim papirom granulacije F20 (sanded surface with sanding grit size 60); 3 - mikrotomirana površina (microtomed surface); 4 - mjerenje obavljeno nakon stajanja obrađene površine u sobnoj klimi nekoliko tjedana (sanded surface and measured after few weeks); 5 - brušeno brusnim papirom granulacije F17, dubinska hrapavost $R_t=18,5 \mu\text{m}$ (sanded surface with sanding grit size F17, $R_t=18,5 \mu\text{m}$)

Tablica 2.
Površinska energija za neke vrste drva i stanje površine
Table 2
Surface energy for some wood species, and condition of surface



Slika 1.
Stupci tekućine i krutine pri razdvajanju i spajanju te energije graničnih površina u atmosferi zraka G: 1a) stupac tekućine L, 1b) razdvojeni stupci tekućine, 1c) razdvojeni stupac tekućine L i stupac krutine S, 1d) spojeni stupac tekućine i krutine

Figure 1
The columns of liquid and solid at connection and disconnection and their interfacial surface energy in the atmosphere of air G: 1a) the column of liquid L, 1b) disconnected columns of liquid, 1c) disconnected columns of liquid L and solid S, 1d) connected columns of liquid and solid

tekućine W_C , dakle radu koji je potreban za razdvajanje dvaju slojeva tekućine.

Rad adhezije W_A i rad kohezije W_C najjednostavnije ćemo objasniti pomoću skice na slici 1.

Zamislimo li da je prvi stupac prikazan na slici 1a) stupac neke tekućine i označimo ga sa L, tada je energija međupovršine (γ_{LL}) označene crtkanom linijom jednaka 0. Razdvajanjem stupca tekućine po označenoj površini stvorit će se

dvije nove granične površine između tekućine i okolnog zraka (slika 1b), a za to će biti potrebna energija koja je jednaka energiji novo-nastalih graničnih površina. Budući da je ovdje riječ o razdvajanju istovrsne materije, govorimo o koheziji, pa možemo napisati da je rad kohezije:

$$W_c = 2 \cdot \gamma_{LG} \quad (2)$$

Dakle, ako za primjer uzmemo vodu, bit će potreban rad jednak dvostrukoj

Vrsta drva <i>Wood species</i>	Obrada površine <i>Condition of surface</i>	Kut kvašenja* θ , ° <i>Wetting angle θ, °</i>
bukovina - <i>beech</i>	blanjano - <i>planed</i>	48,0
bukovina - <i>beech</i>	blanjano i premazano 10%-tnom otopinom NH_4OH <i>planed and treated with 10% NH_4OH</i>	20,8
bukovina - <i>beech</i>	fino piljeno - <i>fine saw</i>	33,9
bukovina - <i>beech</i>	fino piljeno i premazano 10%-tnom otopinom NH_4OH <i>fine sawn and treated with 10% NH_4OH</i>	25,8
smrekovina - <i>spruce</i>	blanjano - <i>planed</i>	43,9
smrekovina - <i>spruce</i>	blanjano i premazano 10%-tnom otopinom NH_4OH <i>planed and treated with 10% NH_4OH</i>	38,7
smrekovina - <i>spruce</i>	fino piljeno - <i>fine sawn</i>	18,2
smrekovina - <i>spruce</i>	fino piljeno i premazano 10%-tnom otopinom NH_4OH <i>fine sawn and treated with 10% NH_4OH</i>	18,2

* U svim navedenim primjerima kut kvašenja mjeren je na radijalnom presjeku drva.

Iz tablice 3 vidljivo je da na kut kvašenja utječe i vrsta obrade površine, dakle hrapavost drva. Utjecaj hrapavosti na kvašenje prvi je definirao Wenzel 1949. godine, a hrapavost je definirao kao omjer realne površine i njezine geometrijske projekcije, što možemo prikazati jednadžbom:

$$r = \frac{A}{a} \quad (9)$$

r - faktor hrapavosti

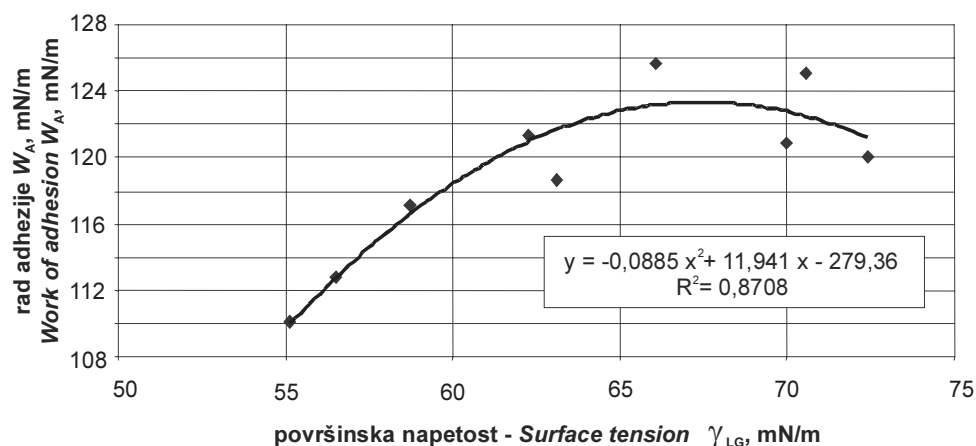
A - realna površina plohe

a - geometrijska projekcija plohe.

Iz jednadžbe (10) vidi se da hrapavost multiplicira kvašenje, a time i površinsku energiju drva, pa se na taj način povećava i rad adhezije.

Rad adhezije vrlo je koristan parametar jer pomoću njega možemo izračunati optimalnu površinsku napetost ljepljivosti za površinu drva koju želimo lijepiti i koja ima određena svojstva (Bogner, 2002), što je prikazano na slici 3.

Površina bukovine bila je obrađena brusnim papirom granulacije 60. Postavlja se pitanje koju površinsku napetost treba imati ljepljivo da bi se postigla maksimalna



Tablica 3.

Kut kvašenja za destiliranu vodu i neke vrste drva za različito obrađene površine

Table 3

Wetting angle for distilled water and some wood species and condition of surface

Slika 3.

Odnos između površinske napetosti γ_{LG} i rada adhezije W_A za površinu bukovine brušenu brusnim papirom granulacije br. 60, $W_{A,max} = 123,40$ mN/m, $\gamma_{LG,opt} = 67,46$ mN/m

Figure 3

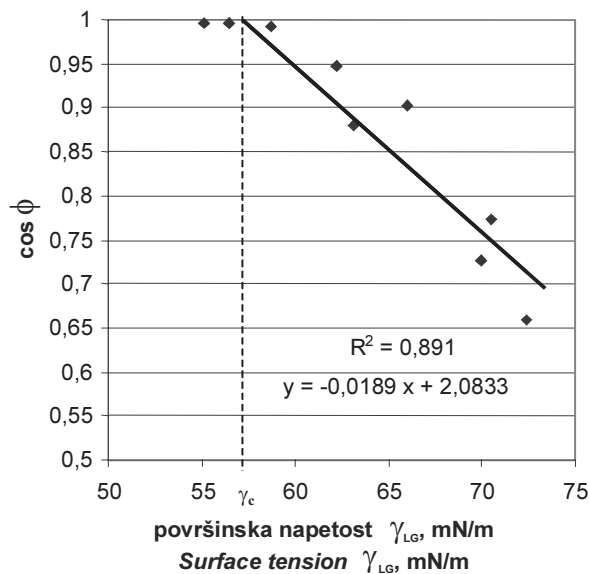
Relation between surface tension γ_{LG} and work of adhesion W_A for the sanded surface, and the calculation of maximum work of adhesion $W_{A,max} = 123,40$ mN/m and optimum surface tension $\gamma_{LG,opt} = 67,46$ mN/m

Za idealno glatke plohe faktor hrapavosti iznosi $r=1$, a za hrapave plohe $r>1$. Ako kut kvašenja na idealno glatkoj plohi označimo sa θ , a na kut hrapavoj plohi sa θ' , tada možemo napisati da je:

$$\cos \theta' = r \cdot \cos \theta \quad (10)$$

adhezija. Maksimalnoj adheziji odgovara i maksimalni rad adhezije, koji možemo izračunati koristeći se površinskom napetosti tekućine i kutom kvašenja, što se vidi iz jednadžbe (8).

Ako više tekućina različitih površinskih napetosti pomoću specijalne pipete



Slika 4.
Odnos površinske napetosti γ_{LG} i kosinusa kuta kvašenja uz proračun kritične površinske energije $\gamma_c=57,2$ mN/m za površinu bukvine brušenu papirom granulacije br. 60
Figure 4
Relation between surface tension γ_{LG} and cosine wetting angle and calculation of critical surface energy $\gamma_c=57,2$ mN/m for sanded beech surface with sanding paper grit size 60

bio maksimalan. Dakle, nije točna tvrdnja da bi za dobru adheziju površinska energija drva i površinska napetost ljepljivosti morali biti maksimalni, a površinska energija međufaze kruto - tekuće minimalna, što bi se moglo pogrešno zaključiti promatrajući samo jednadžbu (4).

6 ZAKLJUČAK 6 CONCLUSION

Kut kvašenja važan je parametar pomoću kojega možemo odrediti energetska svojstva površine drva. Taj se kut relativno lako mjeri, a moderna mjerna oprema omogućuje precizno mjerenje i obradu mjernih podataka putem računala.

Metodama prikazanim u radu može se procjenjivati slobodna površinska energija drva, a uz pomoć rada adhezije može se procijeniti optimalna površinska napetost adheziva pri kojoj će rad adhezije biti maksimalan.

Površinu drva moguće je modificirati i tako joj povećati površinsku energiju. Modifikacija se može izvesti premazivanjem kemikalijama, izlaganjem ionizirajućem zračenju ili mehaničkim metodama kojima se površina obrađuje tako da se postigne odgovarajuća hrapavost.

Opisane metode omogućuju nam da mjerimo adheziju te da putem modifikacije površine drva i prilagodbe površinske napetosti ljepljivosti postignemo maksimalno moguću adheziju, a time čvrstoću i trajnost lijepljenih spojeva drva.

7 LITERATURA 7 REFERENCES

1. Bogner, A. 1991: Modifikation der Holzoberfläche zur Verbesserung der Verleimung. Holz als Roh- und Werkstoff, 49 (7-8): 271 - 275.

2. Bogner, A., Grbac, I., Despot, R. 2002: Adhesion and Optimum Surface Tension of Adhesives. Wood Research, 47 (4): 17 - 26.
3. Collett, B. M. 1972: A Review of Surface and Interfacial Adhesion in Wood Science and Related Fields. Wood Science and Technology, 6 (1): 1 - 42.
4. Gray, V. R. 1962: The Wettability of Wood. Forest Products Journal, 12 (9): 452 - 461.
5. Nguyen, T., Johns, E. 1978: Polar and Dispersion Forces Contributions to the Total Surface Free Energy of Wood. Wood Science and Technology, 12: 63 - 74.
6. Packham, D. E. 1992: Handbook of Adhesion. Ed. D.E. Packham, Longman Scientific and Technical, Harlow Essex, England, 455 - 458.
7. Rabel, W. 1971: Einige Aspekte der Benetzungstheorie und ihre Anwendung auf die Untersuchung und Veränderung der Oberflächeneigenschaften von Polymer. Farbe und Lack, 77 (10): 997 - 1006.
8. Voyutski, S. 1975: Colloid Chemistry. Moscow, MIR Publishers.
9. Wehle, H. D. 1979: Zur Bestimmung der Oberflächenspannung von Holz und Oberflächenmaterialien. Teil II. Holztechnologie, 20 (4): 219 - 222.
10. Wenzel, R. N. 1949: Surface roughness and contact angle. J. of Phys. and Colloid Chem. 53.
11. Zisman, W. A. 1963: Influence of constitution on adhesion. Ind. and Eng. Chem. 55 (10): 19 - 38.
12. Zisman, W. A. 1964: Relation of equilibrium contact angle to liquid and solid constitution Advances in Chemistry Series 43.

Corresponding address:

Assoc. Prof. ANDRIJA BOGNER, PhD
Department for Design and
Technology of Wood Products
Faculty of Forestry, University of Zagreb
Svetošimunska 25, HR-10000 ZAGREB
CROATIA
E-mail: bogner@sumfak.hr