



TESTOVANIE TECHNOLOGIÍ ČISTENIA A RELIÉFOVANIA POVRCHU DREVA SUCHÝM ĽADOM

Pavel Šmíra¹ – Andrea Nasswettrová¹ – Jozef Kúdela²

Abstract

Degraded and polluted surface of old structural wood is a common problem occurring in historic buildings requiring protective treatment. Cleaning of wooden constructions can be very laborious. Appropriate methods of surface cleaning for such constructions are needed to reduce the expenditures and to meet the strict ecological standards. One of these methods is cleaning with dry ice (CO₂).

We evaluate this cleaning technology for wooden constructions in situ, for carpentry products and for wooden artefacts. The testing results of technology of pre-treatment of wood surface with dry ice indicate that the dry ice application can rapidly and effectively remove all contamination from the wood surface, without producing secondary waste. The technology is also suitable for wood surface embossing.

The changes in surface roughness, colour and wetting demonstrate that the old wood treatment with dry ice not only facilitates effective removal of surface contamination. In addition, the surface treated in this way is well wettable with apolar and apolar-polar liquids, thanks to increase in the wood surface energy.

Key words: *old wood, dry ice, surface cleaning, surface embossing, surface properties*

ÚVOD

Počas starnutia dreva vplyvom pôsobenia rôznych druhov žiarenia, vlhkosti a tepla vo vzájomnej interakcii dochádza k nežiaducim morfológickým a chemickým zmenám na jeho povrchu (Hon 1981, Feist 1990, Williams *et al.* 2001, Tolvaj *et al.* 2011, Huang *et al.* 2012). Tento problém sa týka aj drevených konštrukcií vystavených v exteriéri. Povrch takýchto konštrukcií (najmä krovov) býva navyše často znečistený prachom, vtáčim a netopierim trusom, atď. Tieto skutočnosti môžu zhoršovať zmäčanie povrchu dreva a zohrávať tak negatívnu úlohu pri jeho impregnácii ochrannými prostriedkami, lepení, alebo povrchovej úprave (Šmíra *et al.* 2014).

¹ Thermo Sanace, s.r.o., Chamrádová 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika
e-mail: info@thermosanace.eu

² Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
e-mail: kudela@tuzvo.sk

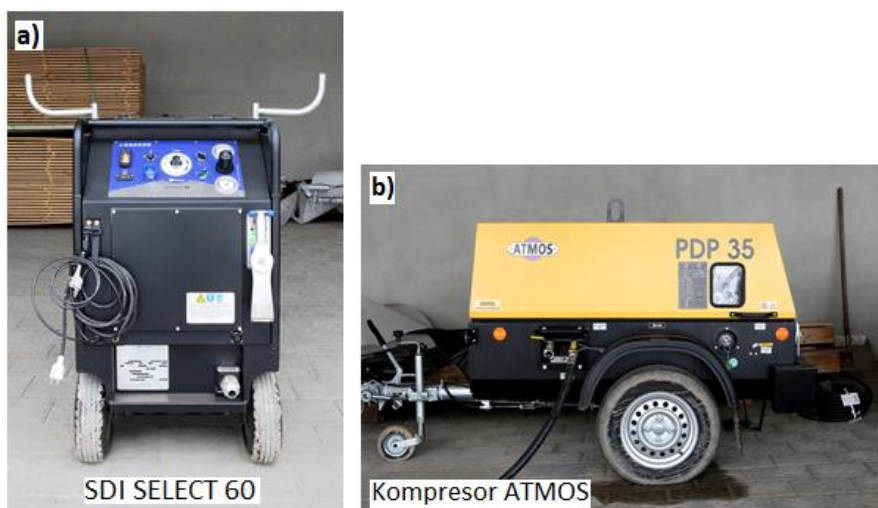
Pred impregnáciou, povrchovou úpravou, či lepením takéhoto dreva je potrebné jeho povrch očistiť. Odstraňovanie zdegradovanej vrstvy dreva, čistenie drevených povrchov od nečistôt a od starých náterov vo väčšom rozsahu je veľmi náročné a prácne. Preto sa hľadajú vhodné spôsoby čistenia povrchu dreva, ktoré sú nenáročné na prácnosť a zároveň spĺňajú aj ekologické a hygienické kritériá.

Jedným zo spôsobov čistenia, ktoré by mohlo spĺňať uvedené požiadavky, je technológia tryskania suchým ľadom. Suchý ľad je pevná forma oxidu uhličitého (CO_2) o hustote $1100\text{--}1600\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a teplote $-78,8\text{ }^\circ\text{C}$, ktorý sa za normálnych atmosférických podmienok netopí. Vďaka svojej flexibilitě, možnosti regulácie, citlivosti, ekologickosti a výkonnosti, nachádza technológia úpravy povrchu suchým ľadom veľmi široké možnosti využitia v celom rade odvetví (Liu 2012, Uhger 2012). Suchým ľadom sa dajú čistiť najrôznejšie konštrukčné prvky bez demontáže, priamo na mieste.

Cieľom práce bolo aplikovať a otestovať technológiu tryskania suchým ľadom za účelom očistenia povrchu dreva od nežiaducich nečistôt a za účelom reliéfovania povrchu dreva.

TECHNOLÓGIA ČISTENIA SUCHÝM ĽADOM

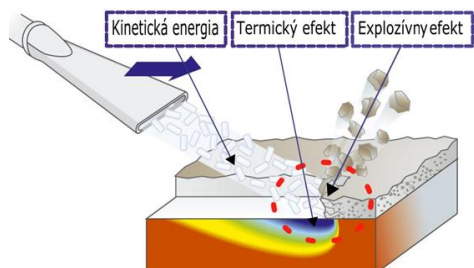
Na čistenie povrchu dreva bolo použité zariadenie SDI SELECT 60 (obr. 1a), v ktorom sa nachádza suchý ľad vo forme peliet alebo blokov. Potrebný tlak na emitovanie peliet zabezpečoval kompresor (obr. 1b).



Obr. 1 Zariadenie na čistenie povrchu dreva suchým ľadom

Princíp odstraňovania nežiaducich nečistôt z povrchu dreva je znázornený na obr. 2. Pelety suchého ľadu urýchľované prúdom stlačeného vzduchu nadzvukovou rýchlosťou dopadajú na znečistený povrch dreva. Pri ich dopade na čistený povrch vznikajú akési mini-explózie, ktoré z podkladu odstránia nežiaduce vrstvy a nečistoty. Pretože suchý ľad okamžite sublimuje, všetky nečistoty sú odstránené bez toho, aby zanechali abrazívne zvyšky.

Technológia tryskania suchým ľadom bola aplikovaná na konštrukčných prvkoch *in situ* (obr. 3), na čistenie stavebno-stolárskych výrobkov a artefaktov z dreva (obr. 4).



Obr. 2 Fázy procesu čistenia suchým ľadom



Obr. 3 Aplikácia technológie čistenia povrchu konštrukčných prvkov suchým ľadom *in situ*.



Obr. 4 Aplikácia technológie čistenia povrchu konštrukčných prvkov suchým ľadom na zasmolené stĺpy, stavebno-stolárske výrobky a drevené artefakty

VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Pri hodnotení opracovania povrchu dreva suchým ľadom prebiehalo v dvoch fázach. Hodnotilo sa, či samotná technológia spĺňa podmienky pre daný účel, a hodnotila sa tiež zmena vlastností povrchu dreva po opracovaní suchým ľadom.

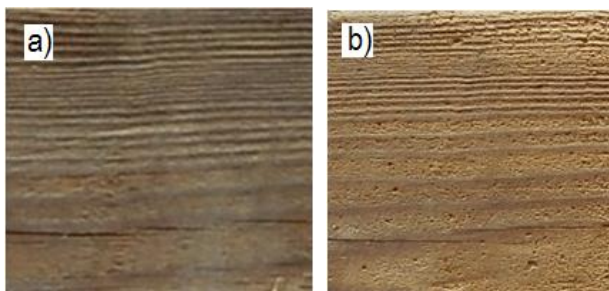
Testovanie samotnej technológie ukázalo, že pri dopade peliet suchého ľadu na povrch dreva sa tento prudko ochladzuje. V dôsledku tohto tepelného šoku sa nečistoty na povrchu stávajú krehkými a strácajú adhéziu k podkladu. Súčasne s týmto tepelným efektom suchý ľad intenzívne sublimuje, v dôsledku čoho zväčšuje svoj objem až 541krát. Vďaka tejto vysokej vnútornej rozpínavosti sa narušená vrstva povrchu dreva spolu s nečistotami odstráni.

Z ekologického hľadiska je dôležité, že pri čistení suchým ľadom nevzniká sekundárny odpad ako je to v prípade čistenia napr. kremičitým pieskom. Táto technológia nie je nebezpečná, pretože sa pri nej nepoužívajú žiadne toxické látky ani podporné chemikálie.

Kombináciou vhodných aplikačných trysiek sa dosiahne vysoká rýchlosť a efektivita čistenia. Efektivita čistenia sa ešte zvýši tým, že pri čistení nie je potrebná demontáž konkrétnych konštrukčných prvkov ani stavebno-stolárskych výrobkov. Pri čistení povrchu dreva od jeho nečistôt sa dá technológia nastaviť tak, aby nebola abrazívna a nepoškodzovala významne povrch dreva.

Pre odstraňovanie hrubších vrstiev sú vhodnejšie pelety. Pre odstraňovanie tenkých a krehkých vrstiev, mäkkých materiálov a pre úpravu povrchu zložitých geometrických tvarov je vhodnejší odkrajovaný ľad z blokov.

Boli sledované tiež vybrané povrchové vlastnosti starého dreva po opracovaní suchým ľadom (Šmíra *et al.* 2014). Jednalo sa o jedľové hranoly, ktoré boli pôvodne opracované kresaním. Sledovala sa zmena morfológie povrchu dreva, zmáčanie a zmena farby. Zvýšená drsnosť povrchu jedľového dreva opracovaného suchým ľadom bola spôsobená drobnými priehlbinami, ktoré po sebe zanechávali úlomky suchého ľadu po ich dopade na povrch dreva (obr. 5). Tieto boli pomerne rovnomerne rozptýlené hlavne v jarnom dreve. Drobné otvory boli tiež príčinou zníženia rozdielov v drsnosti pozdĺž a naprieč vlákien. Ich veľkosť a frekvencia výskytu sa dá regulovať intenzitou emitovania ľadových peliet.



Obr. 5 Vzorky dreva zo starého trámu. a) pôvodný povrch hranola, b) po opracovaní suchým ľadom

Po opracovaní povrchu starých trámov suchým ľadom sa významne zmenila aj ich farba. Čo sa týka zmeny farby povrchu, tak môžeme konštatovať, že „oživí“ povrch aj po tejto stránke. Zmenu morfológie povrchu a zmenu farby dokumentuje obr. 5. Po opracovaní

povrchu suchým ľadom drevo bolo svetlejšie, súradnica a* sa posunula smerom k červenej a súradnica b* smerom k žltej farbe.

Zmeny na povrchu dreva týkajúce sa jeho drsnosti a zmáčania ukázali, že opracovanie povrchu starého dreva suchým ľadom nielenže efektívne napomáha odstráneniu nečistôt, ale zvyšuje aj jeho povrchovú energiu, a tým aj zmáčateľnosť nepolárnymi aj nepolárno-polárnymi kvapalinami. Zvýšenie voľnej povrchovej energie vylepší aj adhéziu týchto látok k drevu, čím sa skvalitní jeho povrch pre povrchovú úpravu, impregnáciu, resp. lepenie.

APLIKÁCIA TECHNOLOGIE ZA ÚČELOM RELIÉFOVANIA POVRCHU

Opracovanie suchým ľadom sme tiež aplikovali na smrekové drevo za účelom reliéfovania jeho povrchu. Ukázalo sa, že zmenou tlaku v kombinácii s množstvom peliet suchého ľadu môžeme dosiahnuť rôznu hĺbku reliéfu povrchu (obr. 6).



Obr. 6 Reliéf radiálneho povrchu smrekového dreva. a) pôvodný povrch, b) po opracovaní CO₂ (množstvo ľadu 1,6 kg/min pri tlaku 0,5 MPa), c) po opracovaní CO₂ (množstvo ľadu 2,5 kg/min pri tlaku 0,5 MPa)

Reliéfovaný povrch dreva sa vytvára jednak v dôsledku odstránenia vrstvy jarného dreva, ktorého hustota je približne 2,6 krát nižšia ako letného dreva, a jednak v dôsledku stlačenia jarného dreva. Danou technológiou sa dosiahne výraznejší efekt ako kartáčovaním. Navyše reliéfovanie technológiou suchého ľadu je efektívnejšie a menej prácne.

ZÁVER

Praktická aplikácia technológie predúpravy povrchu dreva suchým ľadom potvrdila, že daná technológia rýchlo a efektívne odstraňuje všetky nečistoty z povrchu dreva, pričom nevzniká sekundárny odpad. Vhodná je tiež na reliéfovanie povrchu dreva.

Zmeny vlastností, ku ktorým dochádza na povrchu dreva, možno vo všeobecnosti považovať za pozitívne.

PodĎakovanie: Táto publikácia vznikla vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied (Grant No. 1/0893/13 „Povrchové vlastnosti a interakcie na fázovom rozhraní drevo – kvapalina“).

LITERATÚRA

- Feist, W. C. 1990. Outdoor wood weathering and protection. In: Rowell, R.M. and Barbour, J.R. (Eds.), *Archaeological Wood Properties, Chemistry, and Preservation*. Washington DC: Advances in Chemistry Series 225. Proceedings of 196th meeting, American Chemical Society.
- Hon, D. N. 1981. Photochemical degradation of lignocellulosic materials. Grassie, N. (Ed.), *Developments in Polymer Degradation-3*. Essex: Applied Science Ltd. Chapter 8, p. 229–281.
- Huang, X., Kocaefe, D., Kocaefe, Y., Boluk, Y., Pichette, A. 2012. A spectrocolumetric and chemical study on color modification of heat-treated wood during artificial weathering. *Applied Surf. Sci.*, 258(14): 5360–5369.
- Liu, Y. H., Daisuke, H., Shuji, M. 2012. Particle removal process during application of impinging dry ice jet. *Powder Technology* 217: 607–613.
- Šmíra, P., Nasswetrová, A., Štěpánek, J. 2014. Úprava povrchů suchým ledem CO₂. Metody ochrany historických dřevěných konstrukcí. Seminář Lázně Kyselka o.p.s., obec Kyselka a Omnium z.s., ve spolupráci s Národním památkovým ústavem ÚOP v Lokti, květen 2014.
- Šmíra, P., Ihracký, P., Mrenica, L., Nasswetrová, A., Kúdela, J. 2014. Pre-treatment of surface of old wood structural elements with dry ice. In: *Proceedings of the 57th International Convention of Society of Wood Science and Technology* (Eds.: Barnes, H. M. and Herian, V. L.), June 23–27, 2014, Zvolen, s. 727–736
- Tolvaj, L., Molnar, Z., Nemeth, R. 2013. Photodegradation of wood at elevated temperature: Infrared spectroscopic study. *Journal Photochemistry and Photobiology, B: Biology* 121: 32–36.
- Unger, A. 2012. Decontamination and “deconsolidation” of historical wood preservatives and wood consolidants in cultural heritage. *Journal of Cultural Heritag.* 13(3):196–202.
- Williams, R. S., Knaebe, M. T., Evans, J. W., Feist, W. C. 2001. Erosion rates of wood during natural weathering: Part III. Effect of exposure angle on erosion rate. *Wood and Fiber Science*, 33(1): 50–57.