

VPLIV POSPE[ENEGA STARANJA NA MEHANSKE LASTNOSTI PLO[^ IZ MINERALNIH VLAKEN

THE INFLUENCE OF ACCELERATED AGEING ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF MINERAL-WOOL BOARDS

VILMA DUCMAN¹, V. APIH¹, M. KOVA[^]EVI¹, A. SEVER-[KAPIN²

¹Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimi-eva 12, 1000 Ljubljana

²Kemijski inštitut, Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1997-10-01; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-12-19

Pri plo[-ah iz mineralnih vlaken opa' amo, da po dalj[em -asu skladi[-enja in/ali izpostavljanja vremenskim razmeram izgubljajo svoje prvotne mehanske lastnosti. Da bi ugotovili odpornost plo[- na u-inkovanje vremenskih vplivov vla' enja, su[enja in cikli-nih sprememb temperature, smo plo[-e pospe[eno starali v klimatski komori pri temperaturah od -20°C do +50°C in razli-nih stopnjah relativne vlage. Pri staranih in nestaranih plo[-ah smo izmerili tla-no odpornost in razplastno trdnost ter ugotovili, da se tla-na odpornost staranih plo[- zmanj[a za cca 20% glede na nestarane, medtem ko se razplastna trdnost plo[- zmanj[a tudi do 70%. Da bi ugotovili vzrok poslab[anja mehanskih lastnosti smo primerjali videz vlaken iz staranih in nestaranih plo[- z vrsti-nim elektronskim mikroskopom. Pri preliminarnih pregledih smo opazili, da je povr[ina nestaranih vlaken homogena in gladka, medtem ko je povr[ina staranih reliefna, z velikim [tevilom izboklin premera do 0,5 μm.

Klju-ne besede: mineralna vlakna, pospe[eno staranje, mehanske lastnosti

The aim of the experiments described in the contribution was to determine the resistance of mineral-wool boards to weathering. It has been frequently observed that the mechanical properties of such boards worsen after they have been stored and/or exposed to weathering for longer periods of time. In the experiments, mineral-wool boards were subjected to accelerated ageing in a climatic chamber, at temperatures ranging from -20°C to +50°C, and under different conditions of relative humidity. The compressive strength and tensile strength of the tested samples were measured on aged and non-aged boards. It was found that the compressive strength of the aged boards was reduced by up to approximately 20% in comparison with that of non-aged boards, whereas tensile strength was reduced by up to 70%. In order to determine the reasons for such a deterioration in quality, the fibres of both the aged and non-aged boards were examined using a scanning electron microscope. Preliminary results have indicated significant differences in the appearance of the aged and non-aged fibres. The surface of non-aged fibres is smooth and homogeneous, whereas that of the aged fibres is in relief, and the fibres are covered with numerous bulges having diameters of up to 0.5 μm.

Key words: mineral fibres, accelerated ageing, mechanical properties

1 UVOD

Pri plo[-ah iz mineralnih vlaken prihaja do slab[anja mehanskih lastnosti po dalj[em -asu skladi[-enja in/ali izpostavljanja vremenskim vplivom. Po literarnih podatkih¹ je najve-ja te'ava propad vlaken zaradi izpostavljenosti vlagi oziroma kondenzatu vodne pare na vlaknih. Zato je zanje pomembno, da imajo neko kemijsko obstojnost. [e posebej je va'no, da imajo vlakna pri uporabi veziva na osnovi vodnih raztopin fenolnih smol (uporabljajo se pri ve-ini vlaken) -im ni'je izlo-anje alkalnih ionov in -im manj[o degradacijo povr[ine. Ker ne obstajajo standardi za presku[anje vlaken na staranje, proizvajalci v veliki meri uporabljajo preskuse pospe[enega staranja v medijih, ki jim bo produkt kasneje izpostavljen. Na ta na-in sku[ajo predvideti njihovo vedenje v dejanski uporabi.

2 EKSPERIMENTALNO DELO

Plo[-e iz mineralnih vlaken (tip steklena vlakna) smo prerezali ter eno polovico vsake plo[-e shranili v normalnih laboratorijskih razmerah, drugo polovico pa vpeli v lesen okvir in v vertikalnem polo'aju postavili v klima komoro, kjer so bile plo[-e izpostavljene 30 ciklusom.

Program enega ciklusa (24h): 5 ur pri 20°C in 65% rel. vlagi, 6 ur pri -20°C, 7 ur pri 50°C in nasi-eni rel. vlagi ter 6 ur pri -20°C. Med izpostavo je bila v komori stalna intenzivna cirkulacija zraka.

Po izpostavi smo presku[ance vizualno pregledali ter iz obeh polovic (starane in nestarane) izrezali presku[ance dimenzij 200 x 200 mm za meritve tla-ne odpornosti in razplastne trdnosti². Iz sredine staranih in nestaranih plo[- smo vzeli kosme vlaken ter jih pregledali z vrsti-nim elektronskim mikroskopom JEOL pri pospe[evalni napetosti 20 kV. Kosem vlaken brez veziva smo kuhali v destilirani vodi 24h in po preskusu pregledali z vrsti-nim elektronskim mikroskopom. Pred pregledom smo vlakna o-istili samo z alkoholom, kajti ugotovili smo, da UZ kopel lahko daje popa-eno sliko, predvsem v primerih, ko gre za starana vlakna brez veziva, ki pod vplivom vibracij [e dodatno razpadejo (primerjaj **sliko 2a in 2b**).

3 REZULTATI

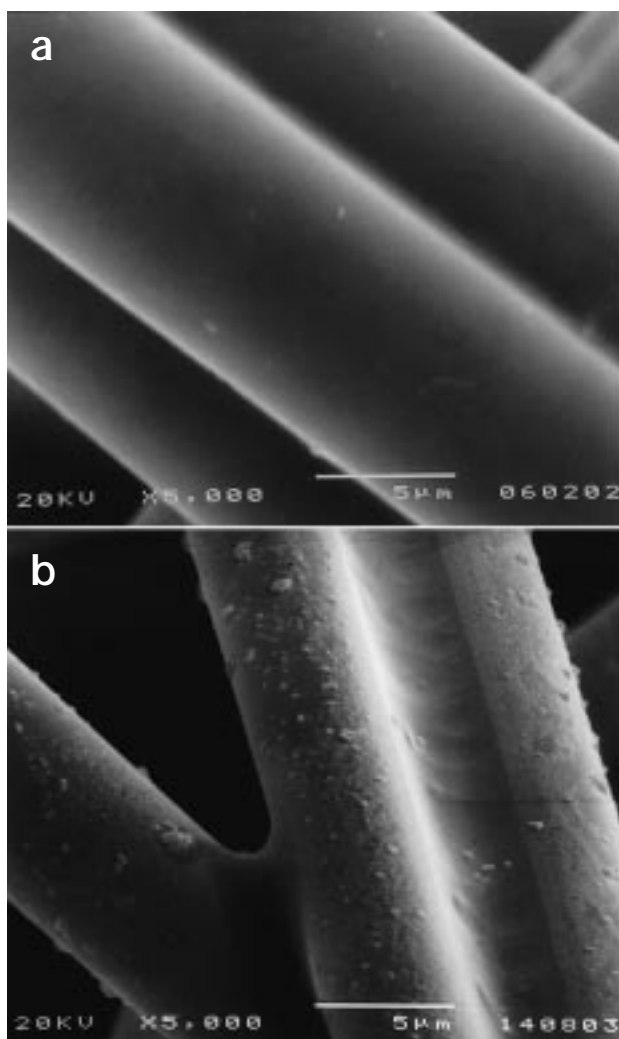
3.1 Vizualni pregled in mehanske lastnosti

Presku[ane plo[-e se po izpostavi 30 ciklusom vizualno niso spremenile. Tla-na odpornost plo[- tipa A je

ostala prakti-no enaka, tla-na odpornost plo{- tipa B se je poslab{ala za 20%, najbolj pa se je poslab{ala razplastna trdnost, in sicer za cca 60 - 70% (Tabela 1). Tla-na odpornost je tla-na napetost pri dolo-eni stopnji deformacije, pri razplastni trdnosti pa gre za razplastevanje mineralne volne kot posledice natezne obremenitve.

Tabela 1: Tla-na napetost pri dolo-eni deformaciji (tla-na odpornost) in razplastna trdnost starih in nestarih vzorcev plo{- iz mineralnih vlaken dveh razli-nih tipov

| Deforma- cija(%) | Tip A | | Tip B | |
|---------------------|---|------------|--------------|------------|
| | nestaran vz. | staran vz. | nestaran vz. | staran vz. |
| | Tla-na napetost (N/m ²) pri deformaciji | | | |
| 5 | 470 | 387 | 623 | 515 |
| 10 | 1058 | 1006 | 1502 | 1223 |
| 15 | 1700 | 1725 | 2435 | 1969 |
| | Razplastna trdnost (N/m ²) | | | |
| | 968 | 362 | 1431 | 394 |



Slika 1: a) Nestarana vlakna tipa A; b) Starana vlakna tipa A (30 ciklusov)

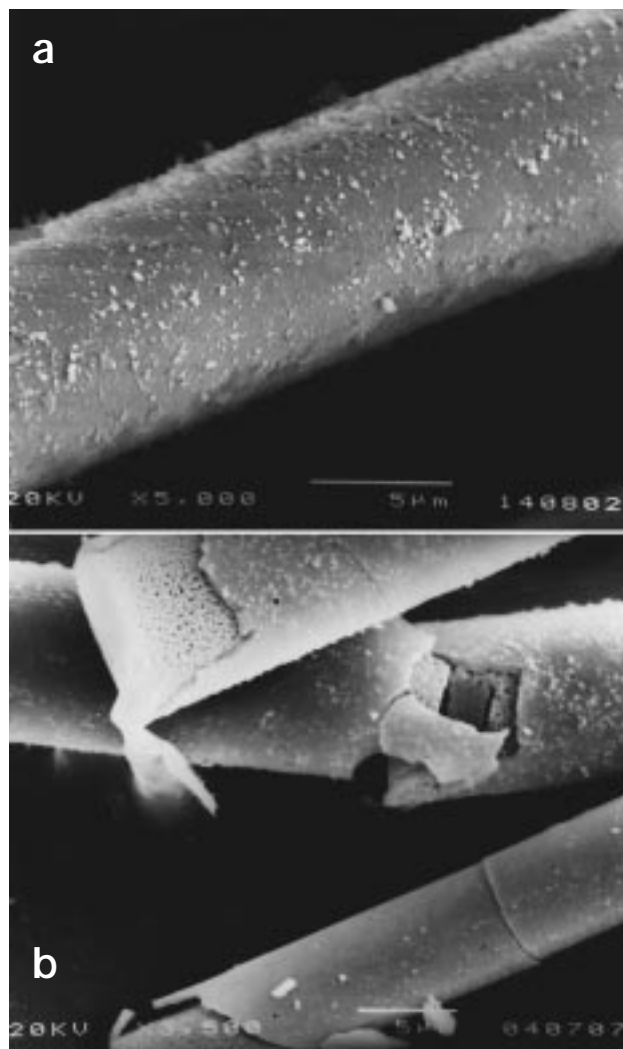
Figure 1: a) Non-aged fibres of type A; b) Accelerated aged fibres of type A (30 cycles)

Iz rezultatov mehanskih preskusov smo skleпали, da gre v prvi fazi za degradacijo veziva, kajti poslab{anje se ka'e najbolj bistveno pri razplastni trdnosti, ki je tudi pokazatelj, kako mo-no so vlakna med seboj povezana, medtem ko se je tla-na napetost pri merjenih deformacijah manj spremenila.

3.2 Pregled vlaken z vrsti-nim elektronskim mikroskopom

Iz mikroskopskega pregleda vlaken lahko ugotovimo, da prihaja do sprememb na povr{ini starih vlaken (slika 1b) glede na povr{ino nestarih (slika 1a). Vlakna so po podatkih proizvajalca prevle-ena s fenolno smolo.

Do izboklin na povr{ini vlaken lahko pride iz ve-razlogov:



Slika 2: a) Vlakna tipa A (brez veziva) v destilirani vodi 24h pri 100°C; b) Vlakna tipa A (brez veziva) v destilirani vodi 24h pri 100°C, -i{-ena v UZ kopeli

Figure 2: a) Fibres of type A (without binder), exposed to distilled water at 100°C for 24 hours; b) Fibres of type A (without binder), exposed to distilled water at 100°C for 24 hours, after cleaning in an ultra-sound bath

1) Ker sta raztezka vlaken in fenolnih smol tako različna (okvirne vrednosti: $\alpha_{\text{steklo}} = 8 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in $\alpha_{\text{fenolne smole}} = 30-45 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), lahko po večjem številu hitrih nihanj temperature (-20 do +50°C) pride do tega, da se plast veziva površine ne oprijema več dobro in vezivo ostane nabrekli na površini

2) Izločanje komponent iz vlaken

3) V primeru slabe oprijemljivosti med vlaknom in smolo lahko pride do infiltracije vlage med vlakno in vezivo

4) Spremembe v strukturi veziva

Prvim trem predpostavkam je v prid tudi dejstvo, da so področja oz. stiki med vlakni (kjer je samo vezivo) praktično brez izboklin.

Nadalje nas je zanimalo, kako bi se vedla sama vlakna (brez veziva) pri pospešenem staranju. V literaturi³⁻⁵ je namreč precej podatkov o kemijski obstojnosti različnih tipov mineralnih vlaken (predvsem steklene in bazaltne volne). Na podlagi literaturnih podatkov smo za tip steklenih vlaken izbrali naslednje pogoje: 24h v destilirani vodi pri 100°C.

Slika 2a prikazuje veliko stopnjo degradacije površine vlakna oziroma celega vlakna (tip A), ki je bil izpostavljen 24h destilirani vodi pri 100°C. Na površini vlaken so izbokline približno enakih dimenzij kot jih vidimo na površini staranih vlaken, prevlečenih s fenolno smolo.

4 SKLEPI

Na osnovi opravljenega eksperimentalnega dela predpostavljamo, da pride do poslabšanja mehanskih last-

nosti plošč iz mineralnih vlaken pri staranju (cikličnih sprememb vlage in temperature) zaradi degradacije samih vlaken. Do propadanja vlaken lahko pride še v samem začetku, če niso vsa prevlečena z vezivom oz. hidrofobnim sredstvom. Za vlakna smo namreč s preskusom ugotovili, da je lahko degradacija površine oz. vlaken določene vrste pri izbranih razmerah pospešenega staranja (v dest. vodi pri 100°C, 24h) velika.

Za oceno vedenja plošč pri dejanski uporabi bomo izpostavili vzorce različnih plošč (kamena volna, steklena volna) v klimatsko komoro pod pogoji, ki so opisani pod točko 2 in sproti, na cca vsakih trideset ciklov izmerili mehanske lastnosti (razplastno trdnost in tlačno odpornost) in pregledali mikrostrukturo z vrstnim elektronskim mikroskopom, da bi ugotovili učinkovanje vremenskih vplivov vlaženja, sušenja in cikličnih sprememb temperature na plošče iz mineralnih vlaken. Na ta način bi lahko spremljali spremembe kvalitete plošč iz mineralnih vlaken v daljših časovnih obdobjih, ne glede na tip vlakna in veziva.

5 LITERATURA

¹ G. W. McLellan, E. B. Shand: *Glass Engineering Handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1984

² DIN 52272/1 in DIN 52274

³ P. Ghosh, N. R. Bose: *Journal of Applied Polymer Science*, 58 (1995) 2177-2184

⁴ I. Wojnarovits: *Sprechsaal*, 120 (1987) 9, 752-55

⁵ I. Wojnarovits: *Glass Technology*, 28 (1987) 5, 208-213