

Млађан Поповић
Миланка Ђипоровић-Момчиловић
Јован Миљковић
Ивана Гавриловић-Грмуша

UDK: 674.419
Оригинални научни рад

ПОБОЉШАЊЕ ИВИЧНЕ ВИЈЧАНЕ ВЕЗЕ У OSB И КОНВЕНЦИОНАЛНОЈ ПЛОЧИ ИВЕРИЦИ

Извод: У овом раду је представљен метод за побољшање вијчане везе у конвенционалној плочи иверици и плочи са оријентисаним иверјем (OSB). Метод је заснован на предходном убризгавању одговарајућег адхезива у вијчане отворе. Обе испитиване плоче представљају ентеријерне плоче исте номиналне дебљине од 18 mm. Испитивања су обављена коришћењем вијака за плоче иверице са навојем по целој дужини тела вијка и пречника од 5,0 mm. Вијци су увртани ивично у испитне епрувете, при чему је дубина увртања износила 30 mm за сва мерења силе извлачења. Пречници вијчаног отвора износили су 2,5 mm и 3,0 mm. Одабрани PVAc лепак (тип 3) помешан са дрвним пуниоцем у количини од 3-10% убризгаван је у вијчане отворе. Испитивања силе извлачења вијка су, такође, рађена и после демонтаже вијка и накнадног увртања у циљу испитивања монтажано-демонтажног карактера вијчане везе. Установљено је да убризгавање лепка у вијчане отворе и додаток дрвног брашна имају позитивне ефекте на силу ивичног извлачења вијка у испитиваним плочама.

Кључне речи: сила извлачења вијка, PVAc везивао, дрвни пунилац

THE IMPROVEMENT OF THE EDGE SCREW CONNECTION IN OSB AND CONVENTIONAL PARTICLEBOARD

Abstract: This work presents the method for improvement of direct screw connection performance in conventional particleboard (PB) and oriented strand board (OSB). It is conceived on adhesive insertion into the pilot hole prior to embedment of the screw. The tests were carried out on the PB and OSB, both presenting interior

*др Млађан Поповић, асистент, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
др Миланка Ђипоровић-Момчиловић, доцент, Шумарски факултет Универзитета у Београду,
Београд*

*др Јован Миљковић, ред. професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
др Ивана Гавриловић-Грмуша, асистент, Шумарски факултет Универзитета у Београду,
Београд*

boards and with the same nominal thickness of 18 mm. Particleboard screws of the 5 mm in diameter were inserted in the edge of the board. Pilot hole diameters were 2,5 mm and 3,0 mm and the depth of embedment was 30 mm for all tests. The chosen PVAc adhesive (type 3) with the addition of wood flour as consolidator in the range from 3-10% was inserted into pilot-hole. Tests were also obtained after consequent re-assembly of the screw connection in order to examine the ratio of loss in withdrawal forces in such case. It was found that the insertion of PVAc adhesive into the pilot hole and the addition of wood flour have the positive effects on the screw withdrawal force in the tested boards.

Key words: screw withdrawal force, PVAc adhesive, wood flour

1. УВОД

Употреба вијака као елемента конструктивне везе представља уобичајену праксу у изради намештаја од плоча иверица. Директна вијчана веза јесте једна од најслабијих конструктивних веза у плочи иверици. На пример, она је скоро дупло слабија од лепљене везе са дрвеним типлом (Albin et al., 1991). Међутим, вијчана веза није фиксна као дрвени типл и омогућује једноставну демонтажу готовог производа. Са друге стране, постоје ексцентар везе које су такође монтажно-демонтажног карактера, прилагођене употреби у порозним материјалима каква је и сама структура плоче иверице. Ипак, оне се, углавном, користе при већим производним серијама и у погонима који поседују обрадне центре. Поред тога њихова тржишна цена је знатно већа од цене вијка. Чињеница да вијци представљају истовремено јефтине, лако примењиве и демонтажне елементе везе, потенцијално их ставља на прво место при избору решења за конструктивне спојеве. Имајући у виду наведене факторе са једне, а са друге стране проблем остваривања квалитетне вијчане везе у порозној структури иверице, стално је присутна дилема о технолошкој оправданости употребе вијчане везе у појединим случајевима. Стога је овај рад заснован на налажењу могућности побољшања вијчане везе, а да се истовремено задржи или побољша и њен монтажно-демонтажни карактер.

Побољшање одређених аспеката вијчане везе је могуће уметањем цилиндричног пластичног типла. Међутим, овај начин не утиче и на побољшање јачине вијчане везе, шта више у досадашњим истраживањима добијене су чак значајно мање вредности силе ивичног извлачења вијка из плоче иверице при употреби PVC типлова (Park, 2006). Сем што је пластични типл скупљи, он не може потпуно реолошки да прати структуру вијчаног отвора нити може успешно да консолидује порозну иверасту структуру. Оваква консолидација у свакој варијанти подразумева да се користи течни систем. Само је течни систем способан да се разлије и пенетрира у међупросторе иверасте структуре и микропоре дрвног ткива, делимично повезујући и оно иверје које је оштећено током бушења вијчаног отвора. Наравно, течни систем нема могућност ојачања вијчане везе, ако не пређе у очврснуто стање. Према томе, ова врста „артифицијелног-пластичног типла” који ефектно облаже унутрашње зидове вијчаног

отвора подразумева течност у првој фази апликације, која затим мора да очврсне и на тај начин формира својеврсни омотач, који максимално прати конфигурацију вијчаног отвора и уједно чврсто обухвата тело вијка. Овакво својство поседује само полимерни систем који је способен да у течној фази испуни горе поменуте услове, а потом да очвршћавајући изгради побољшану вијчану везу. Због тога је у овом раду примењен полимерни систем у виду PVAc адхезива чије су карактеристике побољшане додавањем пуниоца. Из широког избора пунилаца изабрано је дрвно брашно као најприроднији и најкомпатибилнији пунилац са дрвним ткивом композитне плоче. Када очврсне „in situ”, овакав „пластични типл” ствара континуалну фазу са ткивом иверице. Такође, при избору материјала у овом раду, водило се рачуна да полимерни систем не остварује чврсту везу са металом, јер би био отежан монтажно-демонтажни карактер вијчане везе. Због овог захтева, многи полимерни системи као што су полиуретански, фенол-формалдехидни и сл. не долазе у обзир.

Предложено решење у вези побољшања вијчане везе, било је, такође, интересантно испитати и на новом типу плоче иверице израђене од стренд-иверја (OSB - oriented strand board). Ове плоче су доживеле велику експанзију на светском тржишту у последњој деценији прошлог века, а у последњих неколико година забележен је знатан уплив ових плоча и на домаће тржиште. Првобитно намењене за употребу у екстеријерним условима, данас се производе у четири основна типа, од којих су OSB₁ и OSB₂ намењени за израду намештаја и елементе ентеријера. Дугачко стренд иверје позитивно утиче на механичких својства готове плоче. Упоређујући резултате досадашњих истраживања овакав тренд се јасно уочава и у домену испитивања отпорности према извлачењу вијка, где OSB плоча показује знатно боље резултате од конвенционалних плоча иверица и влакнатица (Erdil *et al.*, 2002, Eckelman, 1975, Rajak, 1993).

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

За потребе овог испитивања одабрне су:

- **плоче иверице средње густине** ($400-800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$):
 - **конвенционална трослојна плоча** са хоризонталним распоредом иверја, формата $2.650 \times 2.070 \times 18 \text{ mm}$, обострано оплемењена импрегнисаним папиром, пореклом из Мађарске;
 - **OSB (oriented strand board) плоча** од оријентисаног стренд иверја у спољним слојевима и насумично оријентисаног стренд иверја у средњем слоју, типа 2 (плоча за употребу у сувим условима), формата $2.500 \times 1.250 \times 18 \text{ mm}$, пореклом из Пољске;
- **вијак за плоче иверице** - за испитивање силе извлачења коришћен је вијак стварног пречника $4,94 \text{ mm}$ и пречника корена од $3,0 \text{ mm}$, са навојем по целој

* Плоче су узорковане са домаћих стоваришта предузећа за спољну трговину, методом случајног избора. Карактеристике одабраних плоча представника дате су у табели 1.

дужини тела, висине навоја од 0,97 mm и корака навоја од 2,27 mm. Глава вијака је упуштена са крстастим урезом, а врх вијака је зашиљеног облика. Овај вијак је изабран јер је у претходним тестовима ивичног држања показао боље резултате силе извлачења код плоча иверица (Поповић, 2005);

- **бургије за предбушење** - за бушење вијчаних отвора употребљене су спиралне бургије произвођача LEITZ - Немачка, израђене са два спирална жлеба, врхом за вођење, две оштрице и два предрезака. Бургија пречника 2,5 mm је изабрана на основу предходног истраживања као бургија оптималног пречника за пречник вијка од 5,0 mm (Поповић, 2005). На основу претпоставке да би додатак везива могао захтевати нешто већи пречник вијчаног отвора од оптималног изабраног је и бургија пречника 3,0 mm;
- **PVAc везиво** (DUDIVIL VR 10) - индустријске производње, типа 3, произвођача DUDIVIL - Италија, изабрано је за побољшање вијчане везе због своје погодности (Ђинчић, 2004), а карактеристике овог везива дате су у табели 2;
- **дрвно брашно** (ДБ) - као пунилац употребљено је дрвно брашно јеле (*Abies* spp.), фракције 0,2 mm;

Табела 1. Средње вредности физичких и механичких својстава испитиваних плоча

Table 1. Mean physical and mechanical properties of the tested boards

Својство Property	Дебљина Thickness	Густина Density	Влага Moisture content	Савојна чврстоћа Bending strength	Раслојавање Tensile strength
	mm	kg·m ⁻³	%	N·mm ⁻²	N·mm ⁻²
Метода Method	JUS ISO 9426-1	JUS ISO 9425	JUS D.C8.114	JUS D.C8.106	JUS D.C8.107
Пл. иверица Particleboard	18,13±0,02	709,0	6,7	18,5	0,45
OSB плоча OSB panel	17,89±0,09	613,1	7,3	23,05	0,53

Табела 2. Карактеристике PVAc везива

Table 2. Characteristics of PVAc glue

Својство Property	Садржај суве материје Dry matter cont.	pH вредност pH value	Виск. по Форду Viscosity (4 mm, 20°C)	Густина Density
	%		s	
Метода Method	JUS.H.K8.023	JUS.H.K8.023	JUS.H.K8.022	JUS.H.K8.026
DUDIVIL VR 10	52,12	6,5	4'15"	1,150

– **пигмент** - у циљу побољшања визуелне уочљивости очврслог везива у зони отвора, везиву је додавана обележавајућа супстанца у виду црвеног минералног пигмента на бази оксида гвожђа (BAYFERROX 130 M, произвођача BAYER AG, Немачка) у количини од 0,5%.

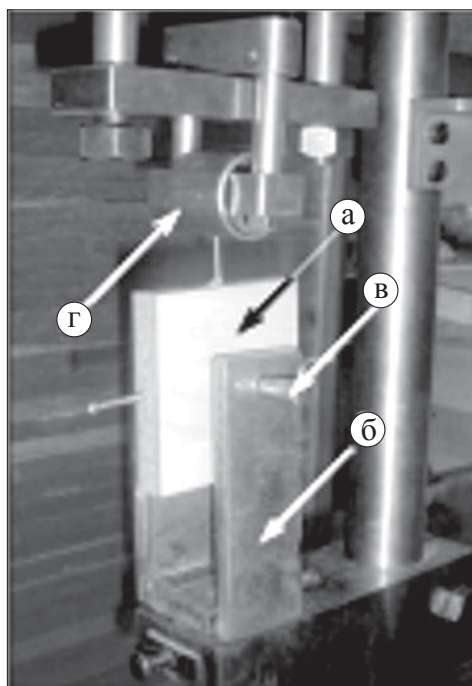
2.1. Припрема узорака и испитивање неких својстава плоча

Изабране плоче су сечене по краћој страни на узорке ширине 500 mm. Из ових узорака изрезиване су епрувете на форматној кружној тестери типа Cu 400 N, према одговарајућој шеми изрезивања (Поповић, 2005). Својстава плоча од значаја за испитивања у овом раду су одређена поступцима које прописују стандардне методе дате у табели 1. Из ове табеле може се видети да обе испитиване плоче задовољавају техничке захтеве прописане стандардом JUS.D.C5.031.

2.2. Припрема везива и епрувета

За сва испитивања силе извлачења вијка изрезиване су испитне епрувете формата 100×100 mm, којима су на све четири ивичне стране бушени (по средини) вијчани отвори пречника 2,5 mm и 3,0 mm (83% и 100% у односу на пречник корена вијка) и на дубину од 30 mm. На епруветама је управно на површину, на пресеку дијагонала епрувете, бушен централни отвор ради улагања епрувете у алат. За сваку испитивану плочу (конвенционална иверица и OSB), као и за оба пречника вијчаних отвора, припремљено је по 4 групе епрувета. За конвенционалну плочу иверицу групу епрувета чинило је 6 епрувета, а 8 епрувета за OSB.

На бази PVAc везива припремљене су три различите рецептуре (табела 2) везива које су потом убризгаване у вијчане отворе у количини од 0,3 mL помоћу медицинског шприца. Рецептуре су спремане тако што је везиво разблаживано на концентрацију од 45% суве супстанце, а затим је у њега додато ДБ у количини од 3%, 7% и 10% у односу на суву супстанцу везива.



Слика 1. Алат за испитивање силе извлачења вијака: а) епрувета, б) виљушка алата, в) ваљкасти носач епрувете, г) цилиндар са урезом за прихватање главе вијка

Figure 1. Tool for testing of screw withdrawal force: а) test piece, б) main tool body, в) steel roller, г) notched cylinder

Епрувете су после убризгавања везива држане 15-20 *min* на собној температури ($22\pm 2^\circ\text{C}$) и релативној влази од $65\pm 5\%$, да би везиво желирало, потом су увртани вијци. У циљу испитивања монтажно-демонтажног карактера вијчане везе, на половини броја епрувета вијци су одвртани после 7 дана по припреми епрувете и затим поново увртани пре испитивања силе ивичног извлачења вијка.

Резултати мерења силе извлачења вијака су статистички тестирани помоћу Студентовог *t*-теста за мале узорке методом израчувања заједничке стандардне девијације. Вредност стандардне девијације сила извлачења вијака код групе епрувета са пречником вијчаног отвора од 2,5 *mm* биле су у просеку око $\sigma \pm 105\text{ N}$ за плочу иверицу а око $\sigma \pm 195\text{ N}$ за OSB плочу, док су стандардне девијације силе извлачења вијака код вијчаног отвора 3,0 *mm* биле нешто веће и износиле су око $\sigma \pm 133\text{ N}$ за плочу иверицу, а око $\sigma \pm 224\text{ N}$ за OSB плочу. Велике стандардне девијације су последица хетерогене и мање конзистентне структуре иверице као материјала.

2.3. Метода испитивања силе при ивичном извлачењу вијка

Силе извлачења вијака мерене су на епруветама $100\times 100\text{ mm}$ на све четири бочне стране. Ова метода је побољшана у односу на стандардну (JUS D.C8.112, 1983), због већег броја испитивања по једној епрувети, већој веродостојности резултата у свим правцима и лакоћи извођења. За ову методу конструисан је посебан држач епрувета (слика 1) који се поставља на доњу стационарну конзолу универзалне машине за испитивање затезањем Amsler (тип 4 DBZF120).

Резултати испитивања ивичног извлачења вијка изражени су у апсолутним вредностима максималне силе извлачења, што је у литератури дефинисано као мера апсолутне отпорности према извлачењу вијака (Albin *et al.*, 1991).

3. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА И ЊИХОВА АНАЛИЗА

Резултати испитивања силе ивичног извлачења вијака при додатку PVAc везива и дрвног брашна (ДБ) као пуниоца из плоче иверице и OSB плоче илустровани су на слици 2 и приказани у табели 3.

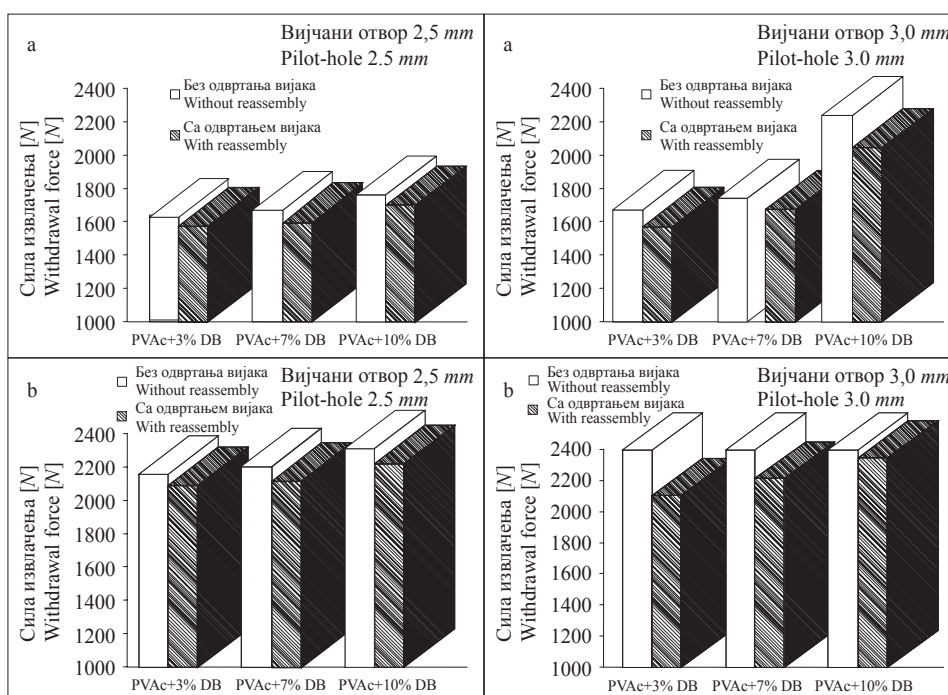
Укупно сагледавајући, најјача вијчана веза у овом раду добијена је убризгавањем смеше PVAc везиво и 10% дрвног брашна у вијчани отвор од 3,0 *mm* (табела 3). Побољшање јачине вијчане везе (у односу на ону без убризгавања PVAc полимерног система са пуниоцем) било је код иверице око 52%, а код OSB плоче око 24%. Као што се види, ово побољшање је двоструко веће код иверице него код OSB плоче.

Уочљиво је, да повећањем додатка дрвног брашна као пуниоца у PVAc везиво, расте и јачина вијчане везе и то код оба вијчана отвора, како код иверице, тако и код OSB плоче (слика 2а и 2б). Овај тренд пораста је посебно уочљив код иверице са вијчаним отвором од 3,0 *mm* и код OSB плоче са отвором од 2,5 *mm*.

Табела 3. Побољшање монтажно–демонтажног карактера вијчане везе убризгавањем PVAc везива са 10% дрвног брашна (DB) у вијчане отворе

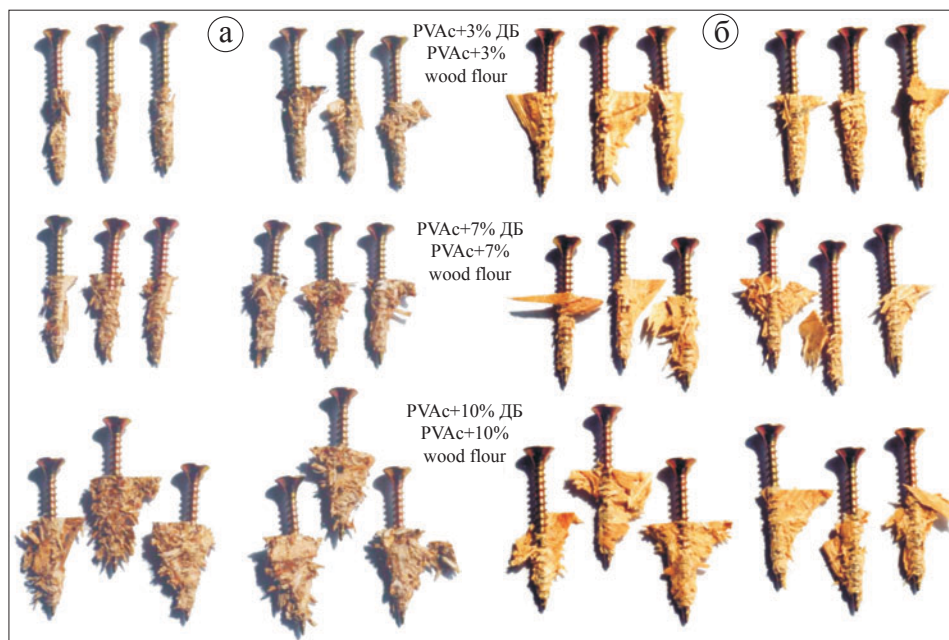
Table 3. The improvement of reassembly characteristics of screw connection by injecting PVAc glue with 10% of wood flour (DB) into the pilot-hole

Тип плоче Type of board	Вијчани отвор Pilot-hole	Сила извлачења вијака Screw withdrawal force		Побољшање Improvement
		Са одвртањем вијка With reassembly		
	Ø	Без додатка везива Without glue	PVAc + 10% DB	
	mm	N		
Иверица Particleboard	2,5	1319	1702	29
	3,0	1343	2044	52
OSB	2,5	2089	2318	11
	3,0	1973	2448	24



Слика 2. Утицај додатка смеше PVAc везива и дрвног брашно (ДБ) на монтаж-демонтажни карактер вијчане везе код плоче иверице (а) и OSB плоче (б)

Figure 2. Effects of PVAc adhesive and wood flour (DB) mixture addition on the reassembly characteristics of screw connection in particleboard (a) and OSB board (b)



Слика 3. Насlage иверија заосталог на вијку после извлачења из (а) конвенционалне плоче иверице и (б) OSB плоче

Figure 3. Particle remnants on the screw after withdrawal tests on (a) conventional particleboard and (b) OSB

Када се вијак из овакве вијчане везе одвије и потом поново уврне, па се затим измери јачина држања вијка овакве монтажно-демонтажне везе, тада се види прави ефекат тј. да повећањем додатка дрвног брашна несумњиво расте јачина ове везе (сл. 2а и 2б). Потврду истакнутих навода налазимо на фотографији (слика 3) ишчупаних вијака после њиховог извлачења у тесту јачине вијчане везе. Са слике се уочава да са повећањем додатка дрвног брашна од 3% до 10%, на вијцима заостаје све већи део материјала откинут од плоче. Ово указује на повећано учвршћење околног ткива иверице и OSB плоче услед додатка PVAc везива са пуниоцем, тако да се при извлачењу сила распростире на много већу околну структуру, повећавајући отпор извлачењу вијка.

4. ЗАКЉУЧЦИ

У овом раду су вијчани отвори пуњени смешом PVAc везивом и дрвног брашна у циљу утврђивања утицаја овог поступка на силу извлачења и монтажно-демонтажни карактер вијчане везе код конвенционалне плоче иверице и OSB плоча. Установљено је да:

- убризгавањем смеше PVAc везива и дрвног брашна у вијчане отворе може се побољшати ивично држање вијака у иверици и OSB плочи;
- повољнији је већи пречник вијчаног отвора од оптималног (80-85% од пречника вијка), јер додатак PVAc везива и дрвног брашна додатно смањују величину вијчаног отвора. У овом раду вијчани отвор пречника 3,0 mm показао се подеснијим за вијак пречника 5,0 mm, јер је боље држао вијак при извлачењу него вијчани отвор од 2,5 mm;
- резултати испитивања указују да чврстоћа вијчане везе расте при додатку дрвног брашна од 3-10% у PVAc везиво. Количина дрвног брашна у везиву од 10% показала је најбоље резултате, јер су при овом додатку измерене максималне силе извлачења, чак и када се вијак одврће и поново заврће;
- позитиван ефекат додатка смеше PVAc везива и дрвног брашна у вијчане отворе долази до пуног изражаја код монтажано-демонажног карактера вијчане везе. Ова полимерна смеша се у контактної зони вијчаног отвора понаша као пластични типл који чврсто обухвата и прати тело вијка због чега чврстоћа вијчане везе расте. Резултати испитивања силе извлачења после одвртања и поновног увртања вијка у исти вијчани отвор, указују на значајно побољшање вијчане везе и то у већем обиму код конвенционалне иверице до 52%, него код OSB плоча до 24%. Стога се овај поступак може показати као веома користан у пракси.

ЛИТЕРАТУРА

- Albin R., Dusil F., Feigl R., Froelich H.H., Funke H. (1991): *Grundlagen des Modebel- und Innenausbau*, DRW - Verlag
- Ђинчић И. (2004): *Чврстоћа лејљене везе PVAc лејком различитих произвођача*, Прерада дрвета 5, Шумарски факултет Универзитет у Београду, Београд (9-13)
- Eckelman C.A. (1975): *Screwholding Performance in Hardwoods and Particleboard*, Forest Products Journal, Vol. 25(6), Madison (30-35)
- Erdil Y.Z., Zhang J., Eckelman C.A. (2002): *Holding Strength of Screws in Plywood and Oriented Strandboard*, Forest Products Journal, Vol. 56(6), Madison (55-62)
- (1983): *Испитивање плоча иверица - Одређивање ојјора према извлачењу вијака*, JUS D. С8.112, Београд
- Park H.J., Sample K., Smith G.D. (2006): *Screw thread shape and fastener type effects on load capacities of screw-based particleboard joints in case construction*, Forest Products Journal, Vol. 56(4), Madison (48-55, 22)
- Поповић М (2005): *Утицај неких физичких и механичких својстава OSB и конвенционалне плоче иверице на ивично држање вијака*, магистарски рад у рукопису, Шумарски факултет Универзитет у Београду, Београд (22)
- Rajak Z.I., Eckelman C.A. (1993): *Edge and Face Withdrawal Strength of Large Screws in Particleboard and Medium Density Fiberboard*, Forest Products Journal, Vol. 43(4), Madison (25-30)

Mladan Popović
Milanka Điporović-Momčilović
Jovan Miljković
Ivana Gavrilović-Grmuša

METHOD FOR IMPROVEMENT OF THE EDGE SCREW CONNECTION IN OSB AND CONVENTIONAL PARTICLEBOARD

Summary

Application of screws as the constructive fasteners in the contemporary furniture making is common practice, which is also evident in the particleboard furniture and indoor assemblies. Their popularity as the fasteners of choice might be regarded to their low price, but also to their simplicity in application. And yet, once applied into the board structure they are easy to reassemble. On the other hand, in the aspect of making constructive connections in the particleboard assemblies, direct screw connection presents one of the weakest types. In this work, the method for the improvement of the screw connection is presented. It is based on the application of PVAc glue into the pilot-hole prior to the screw embedment. Screw withdrawal tests were carried out on the chosen conventional particleboard (PB) and oriented strand board (OSB), of the same nominal thickness of 18 mm. Particleboard screws of the 5 mm in diameter were inserted at the edge of the board at the depth of embedment of 30 mm. Pilot hole diameters were 2,5 mm and 3,0 mm, which presented the 83% and 100% in regard of the root diameter of the particleboard screw. The chosen PVAc adhesive (type 3) with the addition of wood flour as consolidator in the range from 3-10% was inserted into the pilot-hole. The same group of tests was conducted after consequent reassembly of screw connection in order to examine the ratio of loss in screw withdrawal forces in such case. It was found that the insertion of PVAc adhesive into the pilot hole and the addition of wood flour have the positive effects on the screw withdrawal force in the tested boards.