

# Συγκριτική Μελέτη της Αντοχής Συγκράτησης των Ενθεμάτων που Χρησιμοποιούνται στις Λυόμενες - Έκκεντρες Συνδέσεις Επίπλων

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Γ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΜΠΑΡΜΠΟΥΤΗΣ

Επ. Καθηγητής Α.Π.Θ.

## Περίληψη

Πολλοί τύποι ενθεμάτων (πίροι βιδωτοί, υποδοχές πλαστικές - μεταλλικές, φεράμια πλαστικά - μεταλλικά, μονά - διπλά), χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των συνδέσεων των λυόμενων επίπλων, για να συνδέσουν κυρίως μοριοπλάκα και ινοπλάκα μέσης πυκνότητας. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η αντοχή συγκράτησης κάθετα στην επιφάνεια των ξυλοπλακών, όλων των ενθεμάτων για λυόμενες - έκκεντρες συνδέσεις που προσφέρονται από πέντε εταιρίες κατασκευής εξαρτημάτων επιπλοποιίας, τρεις επώνυμες (HETTICH Γερμανίας, H?FELE Γερμανίας, LAMA Σλοβενίας) και δύο (2) ανώνυμες. Διαπιστώθηκε ότι οι διαφορές της μέσης αντοχής συγκράτησης των ενθεμάτων είναι μεγαλύτερες μεταξύ των διαφόρων τύπων πύρων και φεραμιών και πολύ μικρότερες από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Βρέθηκε ότι γενικά η μέση αντοχή συγκράτησης των βιδωτών πύρων είναι μεγαλύτερη από τη μέση αντοχή συγκράτησης των φεραμιών σε όλους τους κατασκευαστές.

Τις μεγαλύτερες τιμές μέσης αντοχής συγκράτησης και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα έδωσαν γενικά οι πίροι χωρίς υποδοχή με το μεγαλύτερο κυλινδρικό μήκος σπειρώματος και με πλαστικές υποδοχές με μεγάλο μήκος σπειρώματος. Αντιστοίχως, τις μικρότερες τιμές μέσης αντοχής συγκράτησης και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα έδωσαν, γενικά, οι πίροι χωρίς υποδοχές με το μικρότερο κυλινδρικό μήκος σπειρώματος και οι πίροι με μεταλλικές υποδοχές. Τα διπλά μεταλλικά φεράμια έδωσαν τη μεγαλύτερη μέση αντοχή συγκράτησης και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα, ενώ τα μονά πλαστικά φεράμια έδωσαν τη μικρότερη μέση αντοχή, αντιστοίχως.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία από τις σημαντικότερες αλλαγές που διαπιστώνονται τα τελευταία χρόνια στο χώρο της επιπλοποιίας είναι η συνεχής αύξηση της χρησιμοποίησης μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας (MDF) στην κατασκευή των επίπλων. Αυτό παρατηρείται, κυρίως, στον τομέα της μεγάλης κλίμακας, χαμηλού κόστους, επιπλοποιίας, όπου τη θέση του συμπαγούς (μασίφ) ξύλου κατακτούν οι μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες (MDF) [14]. Υποστηρίζεται ότι σήμερα περισσότερο από το 90 % της βιομηχανίας συνολικά του επίπλου στην Ευρώπη βασίζεται στις ξυλοπλάκες και

ιδιαίτερα στις μοριοπλάκες και το MDF [1].

Η διάρκεια ζωής των επίπλων, ως γνωστόν εξαρτάται κυρίως από την αντοχή των συνδέσεών τους. Η επιλογή της κατάλληλης σύνδεσης είναι μεγάλης σημασίας, καθώς η σύνδεση επηρεάζει την αντοχή, το σχέδιο, την αισθητική και την ποιότητα των επίπλων. Ο τρόπος κατασκευής των συνδέσεων των λυόμενων επίπλων με ενθέματα (βιδωτούς πύρους και φεράμια) και η αντοχή συγκράτησής τους προσδιορίζουν σε μεγάλο βαθμό την αντοχή και τη στερεότητα κατασκευής τους. Πολλοί ερευνητές μελέτησαν την επίδραση των παραγόντων που επηρεάζουν τη μηχανική αντοχή των σταθερών συνδέσμων των επίπλων με διάφορα ενθέματα [4, 7, 12, 13]. Η αντοχή συγκράτησης διάφορων τύπων ενθεμάτων (ξύλο-βίδες, καβίλιες, κλπ), που χρησιμοποιούνται στις σταθερές συνδέσεις, μελετήθηκε: σε πέντε (5) είδη ξύλων [5], σε μοριοπλάκα, MDF και OSB [2], σε μοριοπλάκα και OSB [6], σε μοριοπλάκα, MDF, Werzalit και ξύλο οξιός [11], σε μοριοπλάκα και MDF [14] και σε μοριοπλάκα [12].

Οι έκκεντρες συνδέσεις με βιδωτούς πύρους και φεράμια, αν και αποτελούν σχετικά νέα τεχνολογία στη συνδεσμολογία των λυόμενων επίπλων, έχουν ήδη κατακτήσει ένα μεγάλο μερίδιο της ευρωπαϊκής αγοράς κατασκευής επίπλων. Η μελέτη όμως που αφορά στην αντοχή των συνδέσεων των λυόμενων επίπλων είναι σχετικά περιορισμένη. Έχει μελετηθεί η κατανομή των τάσεων σε μερικούς τύπους λυόμενων συνδέσεων [13] και η μηχανική αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό μερικών λυόμενων συνδέσεων επίπλων [3, 8, 9, 10]. Από τη μελέτη της αντοχής συγκράτησης μερικών τύπων ενθεμάτων δύο (2) κατασκευαστών, που χρησιμοποιούνται στα λυόμενα έπιπλα σε μοριοπλάκα και ινοπλάκα (MDF), διαπιστώθηκε ότι η αντοχή συγκράτησης των πύρων χωρίς υποδοχή (ούπα) συσχετίζεται με την πυκνότητα της ξυλοπλάκας και αυξάνει όσο αυξάνεται η πυκνότητα, ενώ βρέθηκε ότι η αντοχή συγκράτησης των διαφόρων τύπων ενθεμάτων διαφέρει σημαντικά από τύπο σε τύπο και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι οι πίροι χωρίς υποδοχές έδωσαν μεγαλύτερη αντοχή συγκράτησης από τα φεράμια (μέχρι και διπλάσια), ενώ οι

πλαστικές υποδοχές, όταν χρησιμοποιούνται, βελτιώνουν ελαφρώς την αντοχή συγκράτησης, όταν έχουν το κατάλληλο μήκος και είναι κατασκευασμένες με καλής ποιότητας υλικό, αλλά και μειώνουν σημαντικά την αντοχή, όταν έχουν μικρότερο μήκος από τον πύρο και το υλικό τους δεν είναι καλής ποιότητας [15].

Σήμερα, στην αγορά πρώτων υλών επιπλοποιίας προσφέρονται πάρα πολλά ενθέματα διάφορων τύπων και υλικών, με διάφορα εμπορικά ονόματα, από πολλούς επώνυμους, αλλά και περισσότερα από ανώνυμους κατασκευαστές, τα οποία συνήθως αποτελούν κακές απομιμήσεις των επώνυμων. Επιπλέον, οι εταιρίες προχωρούν συνεχώς σε βελτιωτικές αλλαγές και προσφέρουν νέους τύπους ενθεμάτων, γεγονός που αυξάνει διαρκώς την ποικιλία τους. Έτσι, η επιλογή εκ μέρους των κατασκευαστών των επίπλων των ενθεμάτων, που εξασφαλίζουν τη μεγαλύτερη αντοχή συγκράτησης, γίνεται περίπλοκη και ιδιαίτερα δυσχερής.

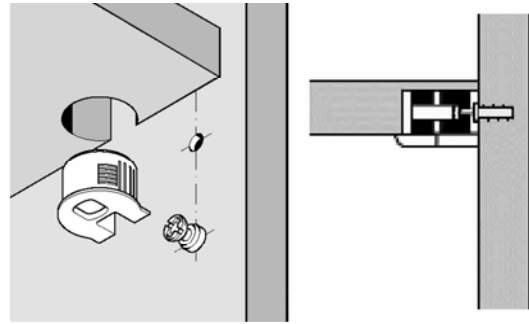
Συνεπώς, η μελέτη της αντοχής συγκράτησης όλων των τύπων ενθεμάτων και η κατανόηση παραγόντων που επηρεάζουν την αντοχή των συνδέσεων, που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των λυόμενων επίπλων, μπορεί να αξιοποιηθεί, αφενός στη μεταξύ τους αξιολόγηση και αφετέρου στη βελτίωση των συνδέσεων των λυόμενων επίπλων που παράγονται από την επιπλοβιομηχανία.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθεί η αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων ενθεμάτων που προσφέρονται από πέντε εταιρίες κατασκευής υλικών επιπλοποιίας, σε ινοπλάκα μέσης πυκνότητας (MDF) και μοριοπλάκα, πάχους 16 mm και ενδιάμεσης πυκνότητας, καθώς αυτές οι ξυλοπλάκες χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατασκευή των λυόμενων επίπλων σήμερα.

## 2. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η αντοχή συγκράτησης όλων των διαθέσιμων ενθεμάτων (βιδωτών πύρων και φεραμιών) για την κατασκευή έκκεντρων συνδέσεων επίπλων

(Σχήμα 1), πέντε (5) κατασκευαστών υλικών επιπλοποιίας, τριών (3) επώνυμων κατασκευαστών (HETTICH - Γερμανίας, H?FELE - Γερμανίας και LAMA - Σλοβενίας) και δύο (2) ανώνυμων κατασκευαστών, σε μοριοπλάκα και ινοπλάκα μέσης πυκνότητας (MDF), πάχους 16 mm.



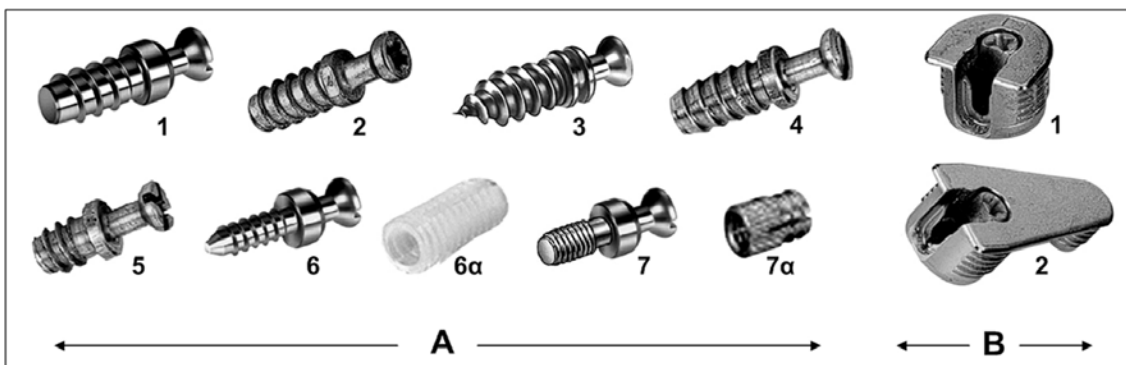
Σχήμα 1. Τρόπος εφαρμογής των έκκεντρων συνδέσεων επίπλων.  
Figure 1. Application of eccentric furniture joints.

Η μέση πυκνότητα της μοριοπλάκας ήταν 0,634 g/cm<sup>3</sup> και η εσωτερική αντοχή της 0,58 N/mm<sup>2</sup>. Η μέση πυκνότητα της ινοπλάκας ήταν 0,680 g/cm<sup>3</sup> και η εσωτερική αντοχή της 0,59 N/mm<sup>2</sup>. Οι ιδιότητες των ξυλοπλάκων πληρούσαν τις απαιτήσεις της προδιαγραφής EN 312-3:1996 ως προς τις ελάχιστες τιμές των χαρακτηριστικών τους.

Η προμήθεια των ενθεμάτων (βιδωτών πύρων, υποδοχών πλαστικών και μεταλλικών, φεραμιών μονών και διπλών, πλαστικών και μεταλλικών) έγινε μέσω του εμπορίου (Σχήμα 2). Τα πλήρη τεχνικά χαρακτηριστικά των ενθεμάτων δίνονται στους Πίνακες 1 και 2.

Διαμορφώθηκαν 20 δοκίμια για κάθε είδος ενθέματος, δηλαδή συνολικά 620 δοκίμια (20 επαναλήψεις x 31 είδη ενθεμάτων), διαστάσεων 5 cm x 5 cm.

Στο κέντρο κάθε δοκιμίου διαμορφώθηκε οπή, με κατεύθυνση κάθετα στην επιφάνειά του, με τη βοήθεια ηλεκτρικού δράπανου και προσαρμόστηκαν τα ενθέματα αντίστοιχα με βίδωμα ή χτύπημα, σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών.



Σχήμα 2. Τα ενθέματα που μελετήθηκαν (A: πύροι και υποδοχές, B: φεράμια)  
Figure 2. The insert fittings used in the study (A: screws and sockets, B: cam fittings).

Πίνακας 1. Περιγραφή των ενθεμάτων (πάρων - υποδοχών) που μελετήθηκαν  
 Table 1. Description of the insert fittings (screws, sockets) used in the study

Κωδικός Code	Τύπος πάρου* Screw type *	Διάμετρος οπή Hole diameter (mm)	Μήκος οπή Hole length (mm)	Υλικό πάρου Screw material	Διάμετρος πάρου Screw diameter (mm)	Μήκος σπειρώματος Thread length ( mm)		Χρήση υποδοχής Socket use	Υλικό υποδοχής Socket material	Διάμετρος υποδοχής Socket diameter (mm)	Μήκος υποδοχής Socket length (mm)	
						Συνολικό Total	Κυλινδρικό Cylindrical					
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Α												
A	1	5	13	ατσάλι	5	11	11	Όχι	-	-	-	
B	1	5	13	ατσάλι	5	11	11	Όχι	-	-	-	
Γ	2	5	13	τσίγκος	5	12	12	Όχι	-	-	-	
Δ	4	5	13	ατσάλι	5	12	12	Όχι	-	-	-	
E	5	5	13	ατσάλι	5	7,8	6,2	Όχι	-	-	-	
ΣΤ	7	5	13	ατσάλι	4	7,8	7,8	Ναι	ορείχαλκος	5	7,8	
Z	6	3	13	ατσάλι	3	11	9	Όχι	-	-	-	
H	6	5	13	ατσάλι	3	11	9	Ναι	πλαστικό	5	13	
Θ	6	5	13	ατσάλι	3	11	9	Ναι	πλαστικό	5	13	
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Β												
A	1	5	13	ατσάλι	5	11	11	Όχι	-	-	-	
B	1	5	13	ατσάλι	5	11	11	Όχι	-	-	-	
Γ	6	3	13	ατσάλι	3	11	10,5	Όχι	-	-	-	
Δ	6	5	13	ατσάλι	3	11	10,5	Ναι	πλαστικό	5	12	
E	6	3	13	ατσάλι	3	11	9	Όχι	-	-	-	
ΣΤ	6	5	13	ατσάλι	3	11	9	Ναι	πλαστικό	5	12	
Z	7	5	13	ατσάλι	4	7,5	7	Ναι	ορείχαλκος	5	8	
H	3	5	13	ατσάλι	5	12	8,5	Όχι	-	-	-	
Θ	5	5	13	τσίγκος	5	7,2	7,2	Όχι	-	-	-	
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Γ												
A	3	5	13	ατσάλι	5	12	8,5	Όχι	-	-	-	
B	3	5	13	ατσάλι	5	12	9,5	Όχι	-	-	-	
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Δ												
A	2	5	13	ατσάλι	5	13	10,5	Όχι	-	-	-	
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Ε												
A	1	5	13	τσίγκος	5	11	11	Όχι	-	-	-	

\* Τύπος πάρου του σχήματος 2 \* Type of screw of figure 2

Πίνακας 2. Περιγραφή των ενθεμάτων (φεραμιών) που μελετήθηκαν  
 Table 2. Description of the insert fittings (cam fittings) used in the study

Χαρακτηριστικό φεραμιού Characteristic of insert fitting	Τύπος φεραμιού / cam fitting type*			
	Π1 Πλαστικό	Μ1 Μεταλλικό	Π2 Πλαστικό	Μ2 Μεταλλικό
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Α				
Μεγάλη διάμετρος - Large diameter (mm)	20	20	20	20
Μεγάλο ύψος - Large height (mm)	12,5	12,5	12,5	12,5
Μικρή διάμετρος - Small diameter (mm)	-	-	10	10
Μικρό ύψος - Small height (mm)	-	-	10,5	10,5
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Β				
Μεγάλη διάμετρος - Large diameter (mm)	20	20	20	20
Μεγάλο ύψος - Large height (mm)	12,5	12,5	12,5	12,5
Μικρή διάμετρος - Small diameter (mm)	-	-	10	10
Μικρό ύψος - Small height (mm)	-	-	10,5	10,5
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Γ				
Μεγάλη διάμετρος - Large diameter (mm)	20			
Μεγάλο ύψος - Large height (mm)	12,5			
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Δ				
Μεγάλη διάμετρος - Large diameter (mm)	20			
Μεγάλο ύψος - Large height (mm)	12,5			
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Ε				
Μεγάλη διάμετρος - Large diameter (mm)	20			
Μεγάλο ύψος - Large height (mm)	12,5			

\* Όπου 1=μονό και 2=δύπλο φεράμι (σχήμα 2). \* Where 1=single and 2=double insert fitting (figure 2)

Πριν τη διάτρηση και την προσαρμογή των ενθεμάτων, τα δοκίμια κλιματίστηκαν μέχρι να αποκτήσουν σταθερό βάρος σε θερμοκρασία 20 οC και σχετική υγρασία 65 %, συνθήκες που αντιστοιχούν σε περιεχόμενη υγρασία περί το 10 %.

Ο προσδιορισμός της δύναμης εξαγωγής των ενθεμάτων έγινε σε μηχανή αντοχής (SHIMATZU), σύμφωνα με την ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 13446:2002. Η ταχύτητα διεξαγωγής των δοκιμών επιλέχθηκε, έτσι ώστε σε όλες τις μετρήσεις το μέγιστο φορτίο εξαγωγής των ενθεμάτων να εμφανίζεται εντός  $60 \pm 30$  sec.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αντοχής συγκράτησης εκφράζονται σε Newtons (N), ώστε να συγκρίνονται οι μέγιστες τιμές των πραγματικών φορτίων εξαγωγής ενθεμάτων διαφορετικών υλικών (πλαστικό, μέταλλο) και τρόπων εφαρμογής (βίδωμα, χτύπημα).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αντοχής συγκράτησης όλων των ενθεμάτων που μελετήθηκαν, κάθετα προς την επιφάνεια της μοριοπλάκας και ινοπλάκας (MDF), δίνονται στον πίνακα 3 για τους πείρους - υποδοχές και στον πίνακα 4 για τα φεράμια, αντιστοίχως.

Όπως φαίνεται στους πίνακες 3 και 4, διαπιστώνονται σημαντικές διαφορές της αντοχής συγκράτησης των ενθεμάτων (πίρων και φεραμιών) και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα, ανάλογα με τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του ενθέματος, αλλά και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Γενικά, διαπιστώνεται η υπεροχή της αντοχής συγκράτησης όλων σχεδόν των τύπων πείρων απέναντι στην αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων φεραμιών και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα (MDF).

Ειδικότερα, από τα αποτελέσματα των μετρήσεων προκύπτουν τα εξής για την αντοχή συγκράτησης των ενθεμάτων χωριστά κατά κατασκευαστή:

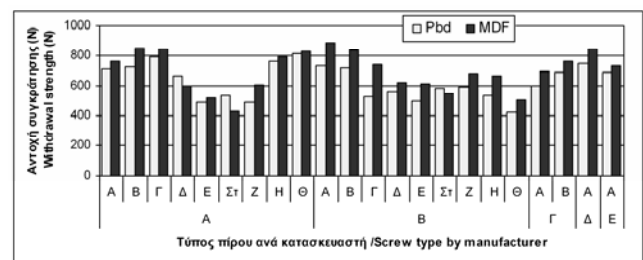
Στην περίπτωση του κατασκευαστή Α, η μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων πείρων στη μοριοπλάκα ήταν 665,1 N (τυπ. απόκλιση 129,2) και στην ινοπλάκα 692,8 N (τυπ. απόκλιση 157,4). Αντιστοίχως, η μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων φεραμιών ήταν 306,7 N (τυπ. απόκλιση 76,3) στη μοριοπλάκα και 425,7 N (τυπ. απόκλιση 71,0) στην ινοπλάκα. Διαπιστώνεται, δηλαδή, ότι η μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων πείρων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων φεραμιών και στη μοριοπλάκα (υπερδιπλάσια, 118,2% μεγαλύτερη) και στην ινοπλάκα (62,0% μεγαλύτερη).

Η μέση αντοχή συγκράτησης των πείρων (Σχήμα 3) στη μοριοπλάκα κυμάνθηκε από 487,2 N στον πείρο χωρίς υποδοχή (Z) μέχρι 817,5 N στον πείρο με πλαστική υποδοχή (Θ). Αντιστοίχως, η μέση αντοχή συγκράτησης των πείρων στην ινοπλάκα κυμάνθηκε από 427,9 N στον πείρο με μεταλλική υποδοχή (Στ), μέχρι 854,6 N στον πείρο χωρίς υποδοχή (B). Πιο συγκεκριμένα, τις μεγαλύτερες τιμές μέσης αντοχής

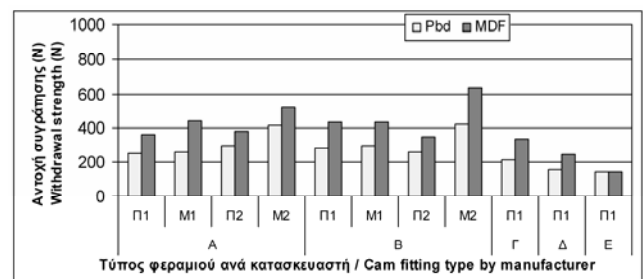
και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα έδωσαν οι πείροι Α, Β, Γ, διαμέτρου 5 mm, χωρίς υποδοχές, καθώς και οι πείροι Η, Θ, διαμέτρου 3 mm, με πλαστικές υποδοχές μήκους 13 mm. Αντιστοίχως, τις μικρότερες τιμές μέσης αντοχής και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα έδωσαν οι πείροι Δ, Ε, διαμέτρου 5 mm, χωρίς υποδοχές, Ζ, διαμέτρου 3 mm, χωρίς υποδοχή και ο πείρος Στ, διαμέτρου 5 mm, με μεταλλική υποδοχή.

Ός προς την αντοχή συγκράτησης των φεραμιών προκύπτουν τα εξής (Σχήμα 4): Η μέση αντοχή κυμάνθηκε από 251,3 N μέχρι 417,7 N στη μοριοπλάκα και από 361,0 N μέχρι 519,1 N στην ινοπλάκα. Διαπιστώνεται ότι τα μεταλλικά φεράμια έδωσαν τις μεγαλύτερες μέσες τιμές αντοχής σε σχέση με τα πλαστικά φεράμια, καθώς και ότι τα διπλά φεράμια έδωσαν μεγαλύτερες μέσες τιμές αντοχής σε σχέση με τα μονά φεράμια, ειδικότερα τα μεταλλικά σε σχέση με τα πλαστικά φεράμια.

Ειδικότερα, διαπιστώνεται ότι στη μοριοπλάκα τις μικρότερες τιμές αντοχής έδωσαν τα μονά φεράμια, 251,3 N το πλαστικό μονό και 262,2 N το μεταλλικό μονό, και τις μεγαλύτερες τιμές αντοχής τα διπλά φεράμια, 295,7 N το διπλό πλαστικό και 417,7 N το διπλό μεταλλικό. Αντιστοίχως, στην ινοπλάκα τις μικρότερες τιμές αντοχής έδωσαν τα πλαστικά φεράμια, 361,0 N το μονό πλαστικό και 381,2 N το διπλό πλαστικό, ενώ τα μεταλλικά φεράμια έδωσαν μεγαλύτερες τιμές από τα πλαστικά, 441,3 N στο μονό μεταλλικό και 519,1 N στο διπλό μεταλλικό φεράμιο.



Σχήμα 3. Αντοχή συγκράτησης πείρων σε μοριοπλάκα και ινοπλάκα.  
Figure 3. Holding strength of the screws in particleboard and MDF.



Σχήμα 4. Αντοχή συγκράτησης φεραμιών σε μοριοπλάκα και ινοπλάκα.  
Figure 4. Holding strength of the cam fittings in particleboard and MDF.

Πίνακας 3. Αντοχή συγκράτησης των πείρων - υποδοχών σε μοριοπλάκα και ινοπλάκα μέσης πυκνότητας (MDF)  
 Table 3. Holding strength of insert fittings (screws and sockets) in particleboard and MDF

Κωδικός Code *	Τύπος ενθέματος Type of insert fitting	Είδος ξυλοπλάκας / Panel type			
		Μοριοπλάκα / Particleboard		Ινοπλάκα Μ.Π. / MDF	
		Αντοχή (N) Strength (N)	Τυπ. Απόκλιση S.D.	Αντοχή (N) Strength (N)	Τυπ. Απόκλιση S.D.
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Α					
A	Πείρος / screw	708,4*	82,5	764,3*	31,6
B	#	726,5	26,1	854,6	47,7
Γ	#	790,7	87,3	840,8	61,2
Δ	#	665,6	53,0	596,6	37,4
E	#	491,7	31,9	518,8	45,0
Στ	πίρος + μεταλλική υποδοχή screw + metallic socket	533,5	51,8	427,9	49,9
Z	πίρος screw	487,2	26,7	610,1	37,6
H	πίρος + πλαστική υποδοχή screw + plastic socket	764,9	57,9	792,8	47,9
Θ	#	817,5	47,4	828,9	43,2
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Β					
A	Πείρος / screw	736,2	51,2	890,3	55,8
B	#	719,1	55,7	838,9	76,4
Γ	#	529,0	30,4	743,1	49,9
Δ	πίρος + πλαστική υποδοχή screw + plastic socket	566,4	27,0	622,0	42,3
E	Πείρος / screw	499,0	55,8	611,9	35,5
Στ	πίρος + πλαστική υποδοχή screw + plastic socket	581,7	78,0	546,9	23,8
Z	πίρος + μεταλλική υποδοχή screw + metallic socket	591,6	65,6	678,9	56,1
H	Πείρος / screw	533,3	60,1	664,8	41,7
Θ	#	422,3	50,3	505,9	26,8
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Γ					
A	Πείρος / screw	603,6	57,3	692,8	43,6
B	#	691,4	52,9	762,2	63,3
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Δ					
A	Πείρος / screw	745,8	85,8	844,3	42,8
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Ε					
A	Πείρος / screw	691,2	43,5	736,8	72,6

\* Κωδικός του Πίνακα 1. \* Code of Table 1.

Πίνακας 4. Αντοχή συγκράτησης των φεραμιών σε μοριοπλάκα και ινοπλάκα μέσης πυκνότητας (MDF)  
Table 4. Holding strength of the cam fittings in particleboard and MDF

Κωδικός* Code *	Τύπος ενθέματος Type of insert fitting	Είδος ξυλοπλάκας / Panel type			
		Μοριοπλάκα / Particleboard		Ινοπλάκα Μ.Π. / MDF	
		Αντοχή Strength (N)	Τυπ. Απόκλιση S.D.	Αντοχή Strength (N)	Τυπ. Απόκλιση S.D.
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Α					
Π1	φεράμι πλαστικό μονό cam fitting plastic single	251,3	32,3	361,0	33,9
M1	φεράμι μεταλλικό μονό cam fitting metallic single	262,2	63,0	441,3	55,7
Π2	φεράμι πλαστικό διπλό cam fitting plastic double	295,7	49,1	381,2	29,6
M2	φεράμι μεταλλικό διπλό cam fitting metallic double	417,7	66,5	519,1	52,3
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Β					
Π1	φεράμι πλαστικό μονό cam fitting plastic single	282,9	26,2	432,6	21,7
M1	φεράμι μεταλλικό μονό cam fitting metallic single	299,9	39,6	433,9	34,7
Π2	φεράμι πλαστικό διπλό cam fitting plastic double	256,5	34,8	353,6	23,7
M2	φεράμι μεταλλικό διπλό cam fitting metallic double	424,7	63,3	633,6	24,9
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Γ					
Π1	φεράμι πλαστικό μονό cam fitting plastic single	214,5	32,0	339,6	18,3
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Δ					
Π1	φεράμι πλαστικό μονό cam fitting plastic single	158,1	22,1	245,6	38,7
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ Ε					
Π1	φεράμι πλαστικό μονό cam fitting plastic single	144,9	26,5	140,6	23,8

\* Κωδικός φεραμιού του πίνακα 2. \* Insert fitting code in table 2

Στην περίπτωση του κατασκευαστή Β, η μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων πέρων στη μοριοπλάκα ήταν 575,4 N (τυπ. Απόκλιση 100,1) και στην ινοπλάκα 678,1 N (τυπ. Απόκλιση 127,3). Αντιστοίχως, η μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων φεραμιών ήταν 316,0 N (τυπ. Απόκλιση 74,6) στη μοριοπλάκα και 463,4 N (τυπ. απόκλιση 119,5) στην ινοπλάκα. Διαπιστώνεται, δηλαδή, ότι η μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων πέρων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση αντοχή συγκράτησης όλων των τύπων φεραμιών και στη μοριοπλάκα (σχεδόν διπλάσια, 82,1% μεγαλύτερη) και στην ινοπλάκα (46,3% μεγαλύτερη).

Η μέση αντοχή συγκράτησης των πέρων (Σχήμα 3) στη μοριοπλάκα κυμάνθηκε από 422,3 N στον πύρο χωρίς υποδοχή (Θ) μέχρι 736,2 N στον πύρο χωρίς υποδοχή (Α). Αντιστοίχως, η μέση αντοχή συγκράτησης των πέρων στην ινοπλάκα κυμάνθηκε από 505,9 N στον πύρο χωρίς υποδοχή (Θ), μέχρι 890,3 N στον πύρο χωρίς υποδοχή (Α).

Πιο συγκεκριμένα, τις μεγαλύτερες τιμές μέσης αντοχής και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα έδωσαν οι πύροι Α, Β χωρίς υποδοχές και ο πύρος Γ στην ινοπλάκα, διαμέτρου 5 mm. Αντιστοίχως, τις μικρότερες τιμές μέσης αντοχής στη μοριοπλάκα έδωσαν οι πύροι Γ, Ε, Η και Θ και στην ινοπλάκα οι πύροι Στ και Θ.

Ως προς την αντοχή συγκράτησης των φεραμιών προκύπτουν τα εξής (Σχήμα 4): Η μέση αντοχή κυμάνθηκε από 256,5 N μέχρι 424,7 N στη μοριοπλάκα και από 353,6 N μέχρι 633,6 N στην ινοπλάκα. Διαπιστώνεται ότι τα μεταλλικά φεράμια έδωσαν τις μεγαλύτερες μέσες τιμές αντοχής σε σχέση με τα πλαστικά φεράμια, καθώς και ότι τα διπλά φεράμια έδωσαν μεγαλύτερες μέσες τιμές αντοχής σε σχέση με τα μονά φεράμια, ειδικότερα τα μεταλλικά σε σχέση με τα πλαστικά φεράμια.

Ειδικότερα, διαπιστώνεται ότι στη μοριοπλάκα τις μικρότερες τιμές αντοχής έδωσαν τα πλαστικά φεράμια, 256,5 N το διπλό και 282,9 N το μονό, και τις μεγαλύτερες τιμές αντοχής τα μεταλλικά φεράμια, 299,9 N το μονό και 424,7 N το διπλό. Αντιστοίχως, στην ινοπλάκα τις μικρότερες τιμές αντοχής έδωσαν τα πλαστικά φεράμια, 353,6 N το μονό και 432,6 N το διπλό, ενώ τα μεταλλικά φεράμια έδωσαν μεγαλύτερες τιμές από τα πλαστικά, 432,6 N στο μονό μεταλλικό και 633,6 N στο διπλό μεταλλικό.

Στην περίπτωση του κατασκευαστή Γ, η μέση αντοχή συγκράτησης των δύο πέρων χωρίς υποδοχή, που δοκιμάστηκαν, ήταν στη μοριοπλάκα 647,5 N (τυπ. απόκλιση 62,1) και στην ινοπλάκα 727,5 N (τυπ. Απόκλιση 49,1) (Σχήμα 3). Αντιστοίχως, η μέση αντοχή συγκράτησης του ενός πλαστικού φεραμιού που δοκιμάστηκε ήταν στη μοριοπλάκα

214,5 N (τυπ. απόκλιση 32,0) και στην ινοπλάκα 339,6 N (τυπ. απόκλιση 18,3) (Σχήμα 4). Διαπιστώνεται και εδώ ότι η μέση αντοχή συγκράτησης των πύρων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση αντοχή συγκράτησης του πλαστικού φεραμιού και στη μοριοπλάκα (υπερδιπλάσια, 104,9% μεγαλύτερη) και στην ινοπλάκα (57,0% μεγαλύτερη). Ο πύρος Β έδωσε μεγαλύτερη μέση αντοχή συγκράτησης στη μοριοπλάκα 691,4 N (ποσοστό 14,5%) σε σχέση με τον πύρο Α (603,6 N) και στην ινοπλάκα 762,2 N (ποσοστό 10,0%) σε σχέση με τον πύρο Α 692,8 N (Σχήμα 3). Η μόνη εξήγηση της υπεροχής του πύρου Β έναντι του Α που μπορεί να δοθεί είναι η επίδραση του μεγαλύτερου κυλινδρικού μήκους του σπειρώματος του πύρου Β, το οποίο ήταν 9,5 mm σε σχέση με τον πύρο Α, του οποίου ήταν 8,5 mm, ενώ όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους ήταν ίδια (Πίνακας 1).

Στην περίπτωση του κατασκευαστών Δ και Ε, η μέση αντοχή συγκράτησης των δύο πύρων χωρίς υποδοχή που δοκιμάστηκαν βρέθηκε να είναι από τις μεγαλύτερες σε σχέση με όλους τους πύρους που δοκιμάστηκαν. Αντιστοίχως, για τον κατασκευαστή Δ ήταν 745,8 N (τυπ. απόκλιση 85,8) στη μοριοπλάκα και 844,2 N (τυπ. απόκλιση 42,8) στην ινοπλάκα και για τον κατασκευαστή Ε ήταν 691,2 N (τυπ. απόκλιση 43,5) στη μοριοπλάκα και 736,8 N (τυπ. απόκλιση 72,6) στην ινοπλάκα (Σχήμα 3). Η μέση αντοχή συγκράτησης των δύο πλαστικών φεραμιών που δοκιμάστηκαν ήταν οι χαμηλότερες όλων των φεραμιών που μελετήθηκαν. Αντιστοίχως, για τον κατασκευαστή Δ ήταν 158,1 N (τυπ. απόκλιση 22,1) στη μοριοπλάκα και 245,6 N (τυπ. απόκλιση 38,7) στην ινοπλάκα και για τον κατασκευαστή Ε ήταν 144,9 N (τυπ. απόκλιση 26,5) στη μοριοπλάκα και 140,6 N (τυπ. απόκλιση 23,8) στην ινοπλάκα (Σχήμα 4).

Οι μεγαλύτερες τιμές αντοχής και των πύρων και των φεραμιών όλων των κατασκευαστών που διαπιστώνονται στην ινοπλάκα σε σχέση με τη μοριοπλάκα αποδίδονται κυρίως στην επίδραση της μεγαλύτερης μέσης πυκνότητας της ινοπλάκας (0,680 g/cm<sup>3</sup>) σε σχέση με τη μοριοπλάκα (0,634 g/cm<sup>3</sup>). Ιδιαίτερα, επισημαίνονται οι μεγαλύτερες τιμές αντοχής όλων των τύπων φεραμιών στην ινοπλάκα σε σχέση με τη μοριοπλάκα, γεγονός που αποδίδεται, αφενός στην επίδραση της μεγαλύτερης πυκνότητας της ινοπλάκας (0,680 g/cm<sup>3</sup>) σε σχέση με τη μοριοπλάκα (0,634 g/cm<sup>3</sup>) και αφετέρου στην καλύτερη πρόσφυση των φεραμιών στην ινοπλάκα.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την κατασκευή των λυόμενων - έκκεντρων συνδέσεων των επίπλων προσφέρονται από πολλές επώνυμες, αλλά και ανώνυμες εταιρίες πολλοί τύποι ενθεμάτων.

Η αντοχή συγκράτησης των πύρων όλων των κατασκευαστών είναι γενικά μεγαλύτερη από την αντοχή συγκράτησης των φεραμιών (για τον κατασκευαστή Α 118,2% στη μοριοπλάκα και 62,0% στην ινοπλάκα, για τον κατασκευαστή Β

82,1% στη μοριοπλάκα και 46,3% στην ινοπλάκα, για τον κατασκευαστή Γ 104,9% στη μοριοπλάκα και 57,0% στην ινοπλάκα, για τον κατασκευαστή Δ 371,7% στη μοριοπλάκα και 148,8% στην ινοπλάκα και για τον κατασκευαστή Ε 377,0% στη μοριοπλάκα και 424,0% στην ινοπλάκα).

Οι διαφορές της μέσης αντοχής συγκράτησης των ενθεμάτων είναι μεγαλύτερες μεταξύ των διαφόρων τύπων πύρων και φεραμιών και πολύ μικρότερες από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

Τις μεγαλύτερες τιμές μέσης αντοχής συγκράτησης και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα έδωσαν γενικά οι πύροι χωρίς υποδοχή με το μεγαλύτερο κυλινδρικό μήκος σπειρώματος, αλλά και με πλαστικές υποδοχές με μεγάλο μήκος σπειρώματος.

Τις μικρότερες τιμές μέσης αντοχής συγκράτησης και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα έδωσαν γενικά οι πύροι χωρίς υποδοχές με το μικρότερο κυλινδρικό μήκος σπειρώματος και οι πύροι με μεταλλικές υποδοχές.

Τα διπλά μεταλλικά φεράμια έδωσαν τη μεγαλύτερη μέση αντοχή συγκράτησης και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα, ενώ τα μονά πλαστικά φεράμια έδωσαν τη μικρότερη μέση αντοχή και στη μοριοπλάκα και στην ινοπλάκα.

Όλοι οι τύποι φεραμιών έδωσαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές αντοχής στην ινοπλάκα και μικρότερες στη μοριοπλάκα.

#### 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. BioMatNet. High added-value composite panels through recycling of waste lignocellulosic materials. Project QLK5-1999-01221. Final Report. 2003
2. Cassens, D.L. and C.A.Eckelman.. Face holding strength of threaded metal inserts in reconstituted wood products. Forest Products Journal. 1985, Vol. 35(3):18-22.
3. Cernok,A., Joscak, P. and M. Litvin.. Bending strength of some demountable joints of storage furniture. NABYTOK 2002 (CD-ROM): Technicka univerzita. ISBN 80-228-1193-9. 2002
4. Eckelman, C.A.. Screwholding performance in Hardwoods and Particleboard. Forest Products Journal. 1975, Vol. 25(6):30-36.
5. Eckelman, C.A. and D.L.Cassens.. Holding strength of metal inserts in wood. Forest Products Journal. 1984, Vol. 34(6):21-25.
6. Erdel, Y.Z. and C.A. Eckelman.. Withdrawal strength of dowels in plywood and oriented strand board. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2001, Vol. 25:319-327.
7. Ho, Chia-Lin. and C.A. Eckelman.. The use and performance tests in evaluating joint and fastener strength in case furniture. Forest Products Journal. 1994, Vol. 44(9):47-53.
8. Jivkov, V.. Influence of edge banding on bending strength of end corner joints from 18 mm particleboard.. NABYTOK 2002 (CD-ROM): Technicka univerzita. ISBN 80-228-1193-9. 2002
9. Jivkov, V., Marinova, A. and B. Kyuchokov.. Ultimate bending strength under arm opening test of some corner joints from OSB. Proceedings 5th International Furniture Symposium. October 21st - 23rd, Zvolen, Slovakia. 2004.
10. Mihailova, J., G. Kyuchukov and N. Yosifov.. Comparative data and norms for resistance during removing screws from furniture boards. NABYTOK 2002 (CD-ROM): Technicka univerzita. ISBN 80-228-1193-9. 2002.
11. ?rs,Y., ?zen, R. and S. Doganay.. Screw holding ability (strength) of wood material used in furniture manufacture. Turkish Journal of Agriculture

and Forestry. 1998, Vol. 22:29-34.

12. Rabiej, R.J.. Factors affecting the load-bearing capacity of MOD-EEZ connectors. Forest Products Journal. 1993, Vol. 43(9):49-57.

13. Smardzewski, J. and S. Prekrad.. Stress distribution in disconnected furniture joints. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Wood Technology. 2002, Vol. 5(2).

14. Uysal, B. and A. Ozcifci.. Effects of dowels produced from various materials on withdrawal strength in MDF and particleboard. Journal of Applied Polymer Science. 2003, Vol. 88:531-535.

15. Vassiliou, V. and J. Barboutis.. Holding strength of insert fittings of the eccentric joints in particleboard and MDF. Proceedings 5th International Furniture Symposium. October 21st - 23rd, Zvolen, Slovakia. 2004.

---

**Βασίλειος Γ. Βασιλείου**

Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ., Εργαστήριο Δασικής Τεχνολογίας, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24, Θεσσαλονίκη. E-mail: vass@for.auth.gr

**Ιωάννης Α. Μπαρμπούτης**

Επ. Καθηγητής Α.Π.Θ., Εργαστήριο Δασικής Τεχνολογίας, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24, Θεσσαλονίκη. E-mail: jbarb@for.auth.gr



Extended summary

# A Comparative Study of the Holding Strength of Insert Fittings Used in Ready-to-Assemble Furniture Joints

VASSILIOS G. VASSILIOU

Assoc. Professor A.U.Th.

IOANNIS A. BARBOUTIS

Assist. Professor A.U.Th.

## Abstract

Many insert fittings (screws, plastic or metallic sockets, plastic or metallic, single or double cam fittings) are commonly used in ready-to-assemble cabinet furniture joints to connect particleboard and MDF. In this research, the face holding strength of all the insert fittings provided for this kind of joints by five (5) manufacturers (Hettich Germany, H?fele Germany, Lama Slovenia and two (2) of unknown manufacturers), were studied. The insert fittings were commercially available standard items. The wood-based panels tested included particleboard and medium density fiberboard (MDF) of 16mm thickness. The research reported here indicated that the face holding strengths of the insert fittings differed slightly from manufacturer to manufacturer in particleboard and MDF, while the holding strength of the insert fittings differed greatly from one fitting type to another. The screws with a longer cylindrical thread part without sockets, and the screws with plastic sockets of long thread part, had higher holding strength values, whereas the lowest holding strength values were measured in the screws with the shorter cylindrical thread part without sockets and the screws with metal sockets.

In ready-to-assemble furniture joints many insert fittings are used to connect particleboard and medium density fiberboard. The selection of the proper joint is of great importance, because it affects the strength, the design, the shape and the quality of the furniture and other wooden constructions.

The aim of this work was to study the face holding strength of all the insert fittings available on the market for this kind of joints (see Figures 1 and 2). More specifically, the insert fittings provided by five (5) manufacturers (Hettich Germany, H?fele Germany, Lama Slovenia and two (2) unknown manufacturers), were studied.

The insert fittings were commercially available standard items. The description of the insert fittings studied is presented in Table 1 for screws and sockets and in Table 2 for cam fittings. The wood-based panels investigated included particleboard and medium density fiberboard (MDF) of 16 mm thickness. Specifically, particleboards uncoated (mean density 0.634 g/cm<sup>3</sup>, internal strength 0.58 N/mm<sup>2</sup>) and MDF

uncoated (mean density 0.680 g/cm<sup>3</sup>, internal strength 0.59 N/mm<sup>2</sup>) were tested. The properties of the panels satisfied the minimum requirements according to EN 312-3:1996.

Manufacturers recommendations were followed with respect to pilot hole size and the insertion of screws, screw plastic and metal sockets, and cam fittings. Pilot holes were drilled through the center of each sample by means of a drill in a direction perpendicular to the face of the specimen. All of the samples were conditioned to constant mass at a temperature of 20o C and a relative humidity of 65% prior to the insertion of the fittings.

All of the tests were carried out on a Shimatzu testing machine according to the standard EN 13446:2002. The rate of crosshead movement was adjusted so that the maximum load was reached within 60 ± 30 s throughout the test. The holding strength was expressed in Newtons (N) in order to have the absolute values of the maximum load applied to different insert fittings (screws by screwing, plastic and metal fittings by knocking).

The research reported here indicated that the face holding strength of the insert fittings differed slightly from manufacturer to manufacturer, while the holding strength of the insert fittings differed greatly from one fitting type to another. It was found that the mean holding strength of the screws was higher than the mean holding strength of the cam fittings of all the manufacturers. The increase was higher by 118.2 % in particleboard and by 62.0 % in MDF for manufacturer A, by 82.1 % in particleboard and 46.3 % in MDF for manufacturer B, by 104.9 % in particleboard and 57.0 % in MDF for manufacturer C, by 371.7 % in particleboard and 148.8 % in MDF for manufacturer D and by 377.0 % in particleboard and 424.0 % in MDF for manufacturer E (see Table 3 and Table 4).

The highest holding strength values were measured in the screws with the longer cylindrical thread part without sockets, and the screws with plastic sockets of long thread part. The lowest holding strength values were found for the screws with the shorter cylindrical thread part without sockets, and the screws with metal sockets, in both

particleboard and MDF. Also, it was found that double metal cam fittings gave higher holding strength values in both particleboard and MDF, while single plastic cam fittings had lower holding strength values in both materials.

Finally, it is concluded that cabinet furniture producers have to be careful when choosing insert fittings for their production. In particular, they should be careful with the shape and material quality of the insert fittings.

---

**Vassilios G. Vassiliou**

Assoc. Professor, Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Forestry and Natural Environment, Department of Harvesting and Technology of Wood Products, Laboratory of Wood Products, 54124 – Thessaloniki. E-mail: vass@for.auth.gr

**Ioannis A. Barboutis**

Assist. Professor, Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Forestry and Natural Environment, Department of Harvesting and Technology of Wood Products, Laboratory of Wood Products, 54124 – Thessaloniki. E-mail: jbarb@for.auth.gr