

# ÎMBINĂRI ÎN LEMN CU BULON – COMPORTAMENTUL LA TRACȚIUNE ȘI DETERMINAREA INDICELUI DE TENACITATE

Dr. ing. Rodica Nicoleta DATEȘ, Prof. univ. dr. ing. Ioan CURTU

Universitatea „Transilvania” din Brașov

**REZUMAT.** Lucrarea prezintă aspecte privind comportamentul la tracțiune al îmbinărilor în lemn cu bulon utilizate în construcții. Îmbinările au fost testate la tracțiune până la atingerea forței maxime de rupere. În urma testării s-au alcătuit curbele forță-deplasare, pe baza cărora, ulterior, s-au calculat valorile energiei totale absorbite de fiecare îmbinare, energia de inițiere a rupei și indicele de tenacitate.

**Cuvinte cheie:** îmbinare cu bulon, tracțiune, energie de deformație, energie de inițiere, indice de tenacitate.

**ABSTRACT.** This paper presents aspects regarding the behavior of bolted wood joints used in constructions to traction tests. Joints were tested to traction until maximum rupture force was reached. After testing, force-displacement curves were made, on which after that were calculated the deformation energy, the initiation energy of rupture and the tenacity index.

**Keywords:** bolted wood joints, traction, energy of deformation, initiation energy, tenacity index.

## 1. INTRODUCERE

Construcțiile moderne necesită o varietate impresionantă de elemente constructive, diferite ca formă, dimensiuni și material. Limitarea resurselor lemnoase impune realizarea prin îmbinare a unor elemente de construcții ale căror forme și dimensiuni sunt foarte diferite de cele ale sortimentelor livrate. Însuși modul de alcătuire al structurilor determină realizarea de îmbinări din cele mai variate; cu elemente plane și/sau spațiale, cu sau fără accesorii metalice.

O îmbinare este alcătuită din două sau mai multe elemente alăturate, având între ele unul sau mai multe piese mecanice de fixare. În cele mai multe structuri din lemn, conexiunile sunt dintre cele mai importante, dar puțin studiate. Îmbinările asigură continuitatea membrilor și rezistența și stabilitatea sistemului. Acestea pot avea elemente în întregime din lemn, dar frecvent, se utilizează combinația lemn - oțel. Cedările observate în cele mai multe structuri din lemn, sunt atribuite proiectării improprii a îmbinărilor, nerespectării detaliilor de construcție (de fabricație), sau de funcționare.

Conectorii pentru lemn sunt capabili să transfere cea mai mare forță de forfecare pe unitate față de oricare dintre elementele de fixare mecanice existente. Tipuri de conectori din lemn utilizați frecvent în prezent sunt plăcuțele metalice dințate, inelele despicate etc. [1].

Îmbinările construcțiilor din lemn sunt supuse la diferite solicitări, în funcție de poziția în structură și

natura eforturilor care le solicită. De o dificultate deosebită sunt îmbinările supuse la întindere și, ca atare, acestora li s-a acordat o atenție sporită.

O caracteristică de bază a îmbinărilor întâlnite în construcțiile din lemn este cedarea lor în timp (cu excepția celor încleiate). Figura 1 prezintă curbele sarcină - deformație pentru patru tipuri de îmbinări. Se observă că în timp, pe lângă deformațiile elastice, apar deformații plastice. Mărimea deformației totale este determinată de valoarea deformațiilor inițiale, de tipul îmbinării și mărimea efortului ce le solicită. Privită ca un sistem, îmbinarea cedează. Cedarea este în funcție de contribuția fiecărui element la deformația totală, de mărimea strivirii locale a elementelor de îmbinare, de apariția unor lunecări mari datorită forfecării, precum și de deformarea de ansamblu a elementelor îmbinate, ș.a.

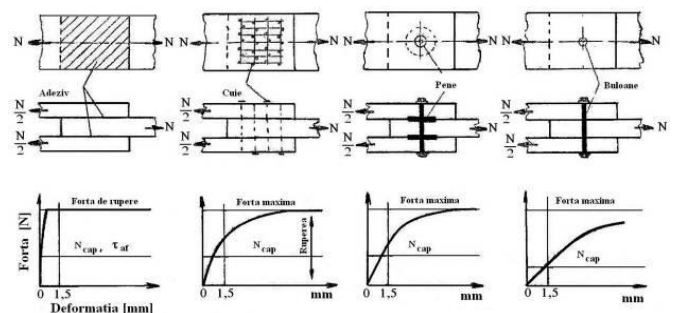


Fig. 1. Curbe sarcină - deformație pentru diferite tipuri de îmbinare [4].

## 2. COMPORTAMENTUL LA TRACȚIUNE AL ÎMBINĂRILOR CU BULON

Îmbinarea aleasă pentru studiu este cea din figura 2, alcătuită din trei elemente din lemn de molid și o tijă metalică tip bulon, cu diametre variabile, de 6, 8, și 10 mm, filetate și netede.



Fig. 2. Îmbinare testată la tracțiune-compresiune [6].

Îmbinarea testată a fost fixată pe mașina de încercări mecanice la tracțiune – compresiune și supusă la solicitarea de tracțiune până la atingerea forței maxime de rupere a ansamblului. Ruperea a avut loc, pentru diametrele de 8 și 10 mm, în elementul central al îmbinării și în cel puțin unul din elementele laterale (fig.3). La îmbinările cu tija de diametru de 6 mm, ruperea a avut loc doar la o îmbinare, pentru celelalte testate apărând doar deformații ale tije.

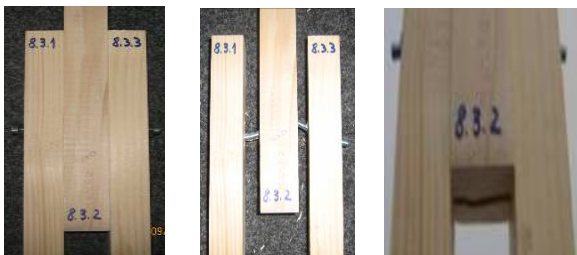


Fig. 3. Îmbinare cu tija Φ 8 mm, după testare [6].

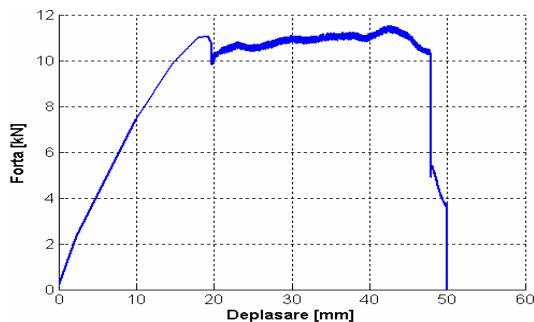


Fig. 4. Curba forță-deplasare pentru îmbinarea cu diametrul tije Φ 8 mm [6].

## 3. CALCULUL ENERGIEI DE DEFORMAȚIE ȘI AL INDICELUI DE TENACITATE

Pe baza graficelor forță-deplasare s-au determinat: *energia totală absorbită de epruvetă (U)*, reprezentând aria mărginită de aceste curbe. Integrând aria mărginită de curba de încărcare (forță-deplasare) până la atingerea valorii maxime a primei cedări, s-a obținut *energia necesară inițierii deteriorării (U<sub>i</sub>)*.

Prin relația (1), s-a determinat *indicele de tenacitate (D)*, reprezentând raportul dintre energia necesară propagării deteriorării ( $U - U_i$ ) și energia de inițiere ( $U_i$ ).

$$D = \frac{U - U_i}{U_i}, \quad (1)$$

unde:  $D$  este indicele de tenacitate;  $U$  – energia totală absorbită de epruvetă (N·mm);  $U_i$  – energia de inițiere a ruperii (N·mm).

Comportamentul general al îmbinărilor sub sarcină a fost asemănător pentru toate cele trei diametre ale tije. Diferențele au fost date de variația diametrelor și s-au evidențiat prin modul și forța maximă de rupere.



Fig. 5. Îmbinare cu tija Φ 10 mm, după testare [6].

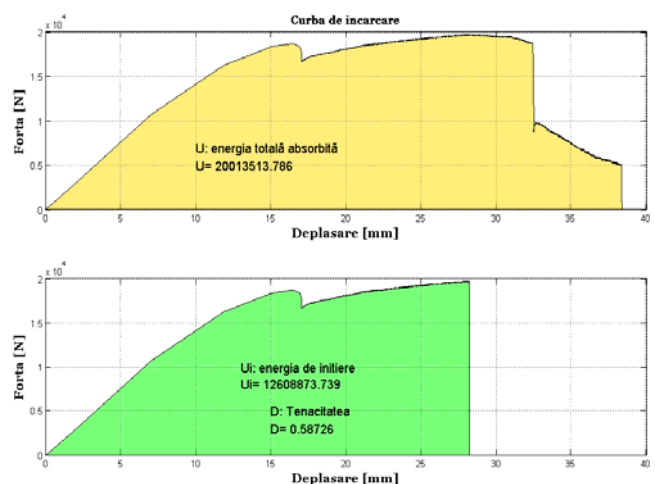


Fig. 6. Curba forță-deplasare pentru îmbinarea cu diametrul tije Φ 10 mm și curba de calcul a energiei de deformație [6].

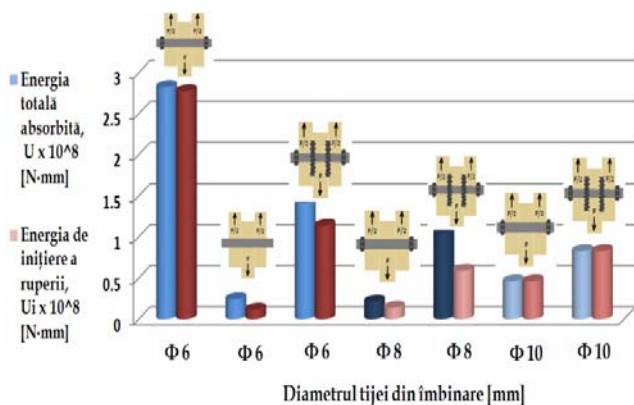


Fig. 7. Analiza comparativă a valorilor energiei totale absorbite de epruvetă și ale energiei de inițiere, pentru îmbinările luate în studiu [6].

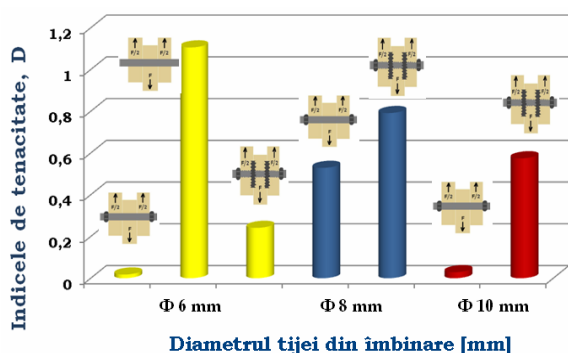


Fig. 8. Analiza comparativă a valorilor indicelui de tenacitate, pentru îmbinările luate în studiu, cu diametre diferite ale tijeii metalice [6].

Prin suprapunerea diagramelor forță-deplasare se observă că odată cu creșterea diametrului tijeii crește și forța maximă de rupere deplasările fiind mai mici. Deplasări mari s-au produs la diametrul minim, înregistrând și forță mică de rupere.

Analiza comparativă a curbelor de încărcare pentru toate tipurile de tije (la același diametru) și accesorii utilizate a arătat că utilizarea crampoanelor tip Bulldog face ca deplasările dintre elemente să fie cele mai mari, la forța foarte mare, deci îmbinările să fie mai rigide. Aceste plăcuțe au menținut legătura între elementele îmbinării, până la deteriorarea lor, când elementele se pot desprinde din îmbinare.

Practic, tija cilindrică este cea care menține asamblarea, chiar și după deteriorarea crampoanelor tip Bulldog, ruperea tijeii ducând la distrugerea definitivă a îmbinării. În cazul îmbinării la care nu s-au utilizat piulițe la capetele tijeii, s-a înregistrat cea mai mică forță de rupere, cu deplasări minime între elementele îmbinării. [6]

## 4. CONCLUZII

• În exploatare, o construcție de lemn este supusă atât unor sarcini statice cât și dinamice, ce își schimbă atât frecvența cât și intensitatea în timp.

• Caracterul distrugerii unei îmbinări influențează comportarea de ansamblu a construcției respective. Astfel, îmbinările pot fi *elastice (flexibile)*, dacă cedarea se produce în mod treptat, datorită creșterii pronunțate a deformațiilor plastice, precum și *rigide* dacă cedarea se produce brusc.

• Cedarea bruscă este caracteristică îmbinărilor la care solicitarea predominantă este forfecarea. Cedarea lentă este caracteristică îmbinărilor la care legăturile sunt solicitate la încovoiere, iar piesele îmbinate la strivire.

• Comportamentul general al îmbinărilor sub sarcină a fost asemănător pentru toate cele trei diametre ale tijeii. Diferențele au fost date de variația diametrelor și s-au evidențiat prin modul și forța maximă de rupere.

• Energia totală absorbită și cea de inițiere a rupei au înregistrat cele mai mari valori în cazul îmbinărilor cu tija netedă de 6 mm, valorile cele mai mici fiind în cazul ansamblului cu tija de 6 mm fără piuliță și cu tija netedă, de 8 mm diametru.

• Spre deosebire de îmbinările cu tije de diametru de 6 mm, în cazul îmbinărilor cu tije netede de diametre 8 și 10 mm, energia absorbită și cea de inițiere au fost mai mici, comparativ cu asamblările la care s-au adăugat și crampoane tip Bulldog.

• Indicii de tenacitate au avut valori mari în cazul utilizării crampoanelor tip Bulldog, pentru toate tipurile de diametre ale tijelor.

• Indicele de tenacitate cel mai scăzut a fost înregistrat la îmbinarea cu tija de 6 mm, netedă, iar valoarea cea mai mare a avut-o ansamblul la care nu s-au adăugat piulițe la capetele tijeii.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] **American Society Of Civil Engineers**, (1996), New York (ASCE), *Mechanical Connections in Wood Structures*, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 84; Method (PSM), Part 1.
- [2] **Bocquet, J.-F.**, (1997), *Modelisation des deformations locales du bois dans les assemblages broches et boulonnes*, PhD Thesis, University Blaise Pascal – Clermont – Ferrand, France.
- [3] **Curtu, I. & Ghelmeziu, N.**, (1984), *Mecanica lemnului si materialelor pe baza de lemn*, Mechanics of wood and wood products, Editura Tehnica, Bucuresti.
- [4] **Curtu, I. et al.**, (1988), *Imbinari in lemn – structura, tehnologie, fiabilitate*, Editura Tehnica, Bucuresti.
- [5] **Curtu, I. & Roșca C.**, (1993), *Reologia lemnului*, Editura Universității, Transilvania din Brașov.
- [6] **Dateș R. N.**, (2011), *Elemente reologice la îmbinări în lemn utilizate în construcții*, Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov.

### Despre autori

Dr. ing. **Rodica Nicoleta DATEȘ**

Universitatea *Transilvania* din Brașov

Absolventă a Universității *Transilvania* din Brașov, Facultatea de *Industria Lemnului* și a studiilor doctorale la Universitatea *Transilvania* din Brașov, Facultatea de *Inginerie Mecanică*, Catedra *Rezistența Materialelor și Vibrații*.

Prof. univ. dr. ing. **Ioan CURTU**

Universitatea *Transilvania* din Brașov

A absolvit Facultatea de *Industrializarea Lemnului*; dr. ing. din anul 1973.

Este conducător de doctorat în specialitatea *Rezistența materialelor, elasticitate și plasticitate*. Este membru titular al Academiei de Științe Tehnice din România. Este membru al Academiei de Științe Naturale a Federației Ruse, Moscova. A publicat 20 de cărți în edituri centrale, precum și numeroase articole științifice. Are preocupări în analiza corpurilor izotrope și anizotrope.