

SISTEME DE ÎMBINARE MECANICĂ A BARELOR DE ARMĂTURĂ

MECHANICAL CONNECTION SYSTEMS FOR REINFORCING BARS

Cristina SESCU-GAL¹, Cătălin FRÂNCU¹

¹ Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Inginerie Mecanică și Robotică în Construcții

cristina.sescu-gal@utcb.ro; francu@utcb.ro

Rezumat: Lucrarea prezintă sistemele mecanice utilizate pentru realizarea îmbinărilor la barele de armătură. Dispozitivele sunt constituite dintr-un manșon/cuplă și bare de armătură cu profil periodic. Modul de îmbinare se realizează fie prin prelucrarea mecanică prin filetare a manșonului/cuplei la interior, respectiv a barelor de armătură la exteriorul acestora, fie prin utilizarea unor elemente de îmbinare cu bolțuri. Indiferent de modul de realizare a îmbinării mecanice a barelor, este necesar ca aceasta să satisfacă cerințele de rezistență la solicitările elementului structural la care se utilizează armătura îmbinată.

Cuvinte cheie: oțel beton, cuple mecanice, armătură, beton

Abstract: This paper presents the mechanical systems used to make joints in reinforcing bars. The devices consist of a sleeve/plate and reinforcing bars with a periodic profile. The connection is achieved either by mechanical machining by threading the sleeve/plate on the inside and the bars on the outside, or by using bolted connection elements. However the mechanical connection of the bars is achieved, it is necessary that it meets the resistance requirements of the structural element on which the joint reinforcement is used.

Keywords: concrete steel, mechanical couplings, reinforcement, concrete

1. INTRODUCERE

În actualul context al dezvoltării tehnologice în domeniul materialelor de construcții, precum și în scopul utilizării raționale a resurselor naturale, sunt necesare metode prin care să fie eliminate sau reduse pierderile de materiale. Aceste cerințe pot fi atinse prin optimizarea secțiunilor elementelor de construcții, prin utilizarea unei proiectări judicioase și prin implementarea unor procedee care permit utilizarea de metode alternative de proiectare și execuție a elementelor structurale.

Problema îmbinării barelor din oțel beton pentru realizarea armăturilor elementelor structurale este în atenția specialiștilor din construcții, a proiectanților și executanților, datorită cerințelor ce trebuie îndeplinite în execuție, cu precădere în zonele cu solicitări variabile.

Proiectarea elementelor structurale din beton armat este fundamentată prin norme și regulamente bine definite, atât în Europa cât și în țara noastră. Standardele de calcul și proiectare stabilesc cerințe care să asigure în sistemul structural o capacitate a condițiilor de rezistență care permit obținerea performanțelor corespunzătoare pentru disiparea energiei seismice. Soluția clasică de îmbinare a barelor de armătură presupune realizarea îmbinării prin suprapunerea barelor pe lungimi determinate prin calcul și care sunt corelate cu diametrul barelor și calitatea betonului. De cele mai multe ori, îmbinarea mecanică a barelor de armare folosind cuple este considerată mai mult ca o soluție complementară și nu una menită să

înlocuiască soluția îmbinării clasice a barelor de armare prin suprapunere sau sudare. Cu toate acestea, sunt multiple situații în care îmbinarea mecanică a barelor de armare este o soluție mai bună decât îmbinarea clasică. Un exemplu concret este ilustrat în normativul de proiectare la acțiuni seismice [1], care interzice utilizarea îmbinărilor clasice prin suprapunere sau sudare a armăturilor în zone unde sunt posibile apariția deformațiilor plastice semnificative precum și în toate zonele critice, fiind indicată utilizarea înădării armăturilor prin dispozitive de cuplare mecanice, care să fie validate prin încercări efectuate în condiții compatibile cu clasa de ductilitate adoptată.

2. CERINȚE IMPUSE ÎMBINĂRILOR PENTRU BARELE DE ARMĂTURĂ

Utilizată ca metodă standard pentru îmbinarea barelor de armătură, îmbinarea prin suprapunere prezintă dezavantaje care influențează performanțele elementelor de construcție din beton armat. Astfel, este necesar ca atât în faza de proiectare a elementelor cât și în faza de execuție-montaj a armăturii, să fie prevăzute măsuri prin care să fie asigurate respectarea prevederilor de execuție a structurilor din beton armat, cu precădere:

- asigurarea transmiterii eforturilor de la o bară la alta – prin calculul corespunzător al lungimii de suprapunere, figura 1. a);
- obținerea acoperirii minime cu beton a barelor de armare ale elementelor de construcție figura 1. b);
- evitarea secțiunilor cu aglomerări de bare de armare și a creșterii raportului beton-oțel prevăzute de standarde.

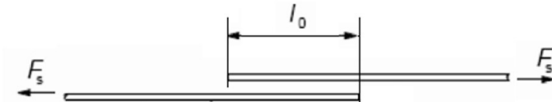


Figura 1.a) Lungimea de îmbinare a barelor
 l_0 – lungimea de suprapunere

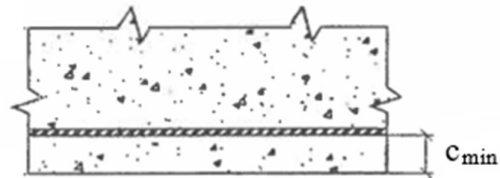


Figura 1.b) acoperirea minimă cu beton
 c_{min} – acoperirea minimă a barelor cu beton

Lungimea de suprapunere a barelor se determină prin calcul și este corelată cu diametrul barelor și clasa betonului. Aceste cerințe pot conduce de cele mai multe ori la dimensiuni considerabile ale lungimii de suprapunere și care pot determina aglomerări de bare în secțiuni, un consum mărit a cantității de bare de oțel precum și dificultăți pentru asigurarea acoperirii minime cu beton a barelor. În tabelul 1 sunt indicate lungimile de suprapunere determinate prin calcul conform prevederilor din SR EN 1992-1-1, pentru cele mai uzuale diametre și clase de beton utilizate în construcții [2].

Rolul îmbinărilor (prin suprapunere, sudare sau utilizarea dispozitivelor mecanice) este realizarea continuității armăturilor diferitelor elemente structurale din beton armat. Utilizarea cuplurilor mecanice pentru înădarea barelor de armare trebuie să satisfacă cerințele de proiectare în toate zonele elementelor de beton armat unde sunt prevăzute.

Tabel 1

Lungimi de suprapunere a barelor de armare

Diametru barei [mm]	Beton C16/20	Beton C20/25	Beton C25/30	Beton C30/37
Ø 10	119	104	87	78
Ø 12	143	125	105	95
Ø 14	167	146	122	110
Ø 16	191	167	140	125
Ø 18	213	186	156	141
Ø 20	237	207	174	156
Ø 22	261	228	191	171
Nr. diametre	119 Ø	104 Ø	87 Ø	78 Ø

În normativele de proiectare în vigoare nu sunt prevăzute cerințele privind încercările pentru determinarea performanțelor pe care trebuie să le respecte aceste dispozitive de îmbinare, inclusiv la solicitări seismice. Standardul dispozitivelor mecanice pentru înădăirea armăturilor, standardul SR EN ISO 15835: 2020: "Oțeluri pentru armarea betonului. Cuple de îmbinare mecanică a barelor de armare", definește cerințele de performanță ce trebuie îndeplinite de cuplele mecanice la încercări statice și dinamice, precum și cerințele și metodele de încercare aplicabile cuplelor pentru îmbinări mecanice ale barelor de armare din oțel.

3. SISTEME MECANICE PENTRU ÎMBINAREA BARELOR DE ARMĂTURĂ

Obținerea unor construcții rezonabile din punct de vedere constructiv, economic și dimensional, este dependentă și de proiectarea corespunzătoare a îmbinărilor elementelor de armare din structurile din beton armat. Pentru elemente cu solicitări dinamice, fie că este vorba de utilizarea cuplelor la construcții noi sau în lucrări de reabilitare, comportamentul la oboseală al îmbinărilor trebuie să fie cunoscut pentru a asigura rezistența corespunzătoare structurii din beton.

3.1. TIPURI CONSTRUCTIVE ALE CUPLELOR MECANICE

Sistemele mecanice de îmbinare prin cuple filetate sunt executate în diverse variante constructive, cu suprafețe filete circulare sau conice [3], [4]:

a) sisteme de cuplare standard – sunt realizate ca sisteme de cuplare a barelor de armare care au același diametru ce trebuie să aibă lungimi mari. Tipuri constructive ale cuplelor mecanice standard, sunt prezentate în figura 2.

b) cuple de tranziție – sunt realizate ca sisteme de cuplare a barelor de armare la care îmbinarea se realizează între două bare de armătură de diametre diferite. Tipurile constructive sunt prezentate în figura 3.

c) cuple pentru realizarea îmbinărilor la un anumit unghi – sunt realizate ca sisteme de cuplare a barelor de armare curbate, îndoite sau drepte, atunci când niciuna dintre bare nu poate fi rotită și atunci când bara de prelungire este restricționată în direcția sa axială, figura 4.

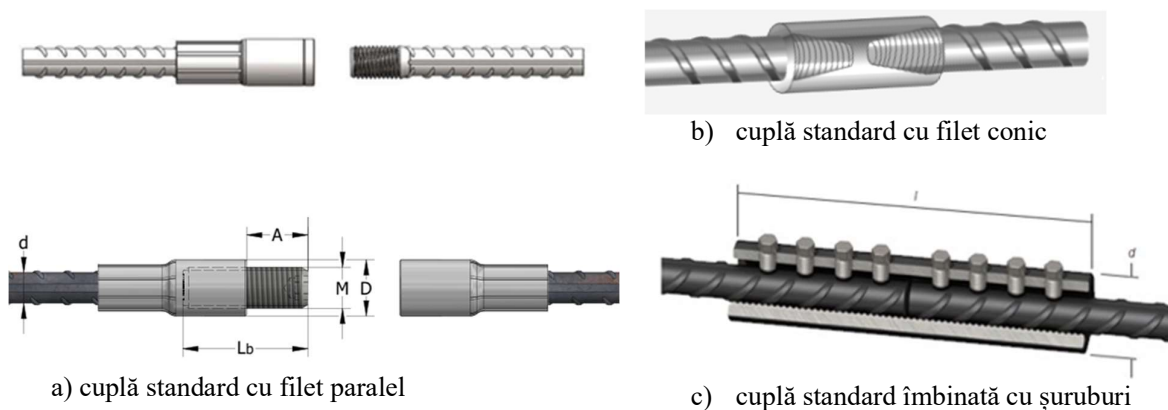


Figura 2 – Sisteme de cuple standard

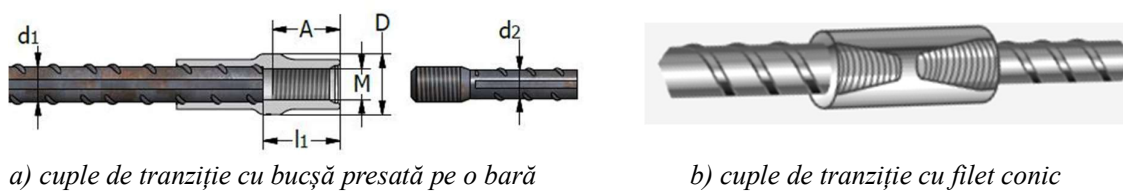


Figura 3 – Sisteme de cuple de tranziție

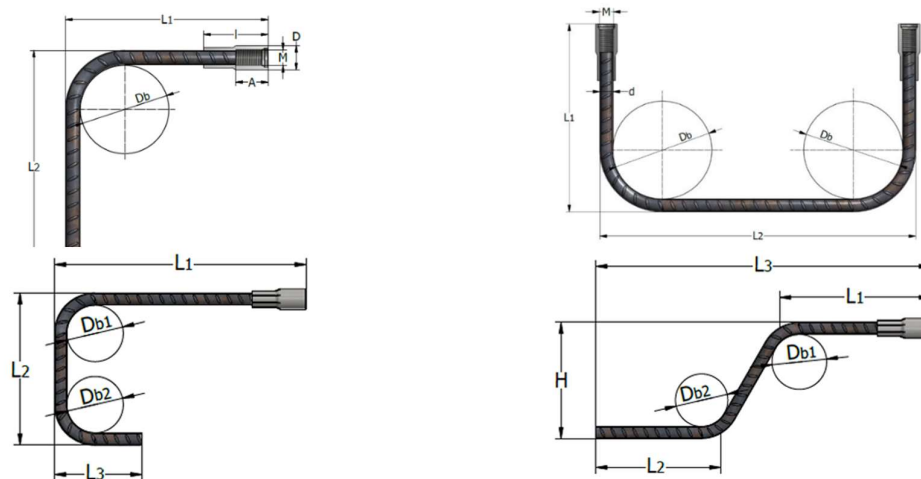


Figura 4 – Sisteme de cuple pentru îmbinări la diferite unghiuri

d) **cuple sudabile** – sunt realizate ca sisteme de cuplare a barelor de armare la elemente de construcție metalică, figura 5.



Figura 5 – Sisteme de cuple de pentru fixarea pe elemente metalice – profile din oțel

Îmbinările prin cuple mecanice au fost supuse unor studii aprofundate încă din anii 1990, fiind necesare identificarea comportării acestora la diferite tipuri de solicitări. O analiză a performanțelor dezvoltate de tipurile de cuplaje a fost efectuată în [5], concluziile studiului fiind prezentate în tabelul 2:

Tabel 2

Nr. crt.	Tipul cuplajului	Comportarea sistemului de cuplare la încercăei mecanice
1.	Cuplajul standard cu filet paralel, figura 1. a), b)	- Comportare bună, cedarea sistemului de cuplare producându-se în afara cuplajului, pe bara de armare, conform cerințelor din standardele de testare SR EN ISO ;
2.	Cuplaj cu filet conic, fig. 1.c)	- comportare bună dar performanțe mai slabe la solicitări dinamice, cedarea barei realizându-se pe bară în zona ultimelor spire ale filetului; nu s-au observat cedări în interiorul cuplei pe zona de îmbinare filetată;
3.	Cuplaje îmbinate cu șuruburi, fig. 1.d)	- acest tip de cuplaj prezintă o rezistență și o capacitate de deformare mai scăzută în comparație cu cuplele filetate, cedarea datorându-se rupturii barelor cauzată de concentrarea tensiunilor în zona de fixare cu șuruburi, cuplajul nefiind recomandat pentru aplicații în zone seismice;

3.2. CARACTERISTICI DE PERFORMANȚĂ PENTRU SISTEMELE DE CUPLARE

Dispozitivele mecanice pentru înădăirea barelor de armare sunt proiectate și destinate utilizării împreună cu barele din oțel beton laminat la cald cu nervuri, care îndeplinesc cerințele precizate în SR EN 10080:2005 „Oțeluri pentru armarea betonului. Oțeluri sudabile pentru beton armat. Generalități” și ST 009:2011 „Specificație tehnică privind produse din oțel utilizate ca armături: cerințe și criterii de performanță”, cerințe menționate în tabelul 3:

Tabelul 3

Caracteristici pentru barele de oțel beton		
Caracteristici	B500B	B500C
Categoria de rezistență	5	
Limita de curgere R_e	$R_e = \min. 500 \text{ N/mm}^2$	
Rezistența la tracțiune R_m	$R_e = \min. 540 \text{ N/mm}^2$	$R_e = \min. 575 \text{ N/mm}^2$
Alungirea la forță maximă	$A_{gt} \min. = 7,5\%$	$A_{gt} \min. = 5,0\%$
Alungirea la rupere	$A_5 \text{ sau } A_{10} \min. = 10\%$	$A_5 \text{ sau } A_{10} \min. = 16\%$
Raportul R_m/R_e	$\min. 1,08$	$\min. 1,15$ $\max. 1,35$

Caracteristica de referință pentru elementele de armare o reprezintă valoarea superioară a limitei de curgere, care este limitată de prevederile standardului de proiectare a structurilor din beton armat, SR EN-1992-1-1:2004-*Proiectarea structurilor de beton, Partea 1-1, limitare datorată zonei seismice*. Din acest punct de vedere, cuplurile mecanice sunt clasificate în două categorii, S1 cu și S2, funcție de nivelul magnitudinii cutremurelor adoptate la efectuarea încercărilor mecanice (S1 pentru magnitudini moderate și S2 pentru magnitudini mari). Criteriile de performanță pentru dispozitivele de cuplare sunt prezentate în tabelul 4.

Tabel 4

Caracteristici pentru cuplurile mecanice

Caracteristica	Cuplă S1	Cuplă S2
Rezistența la tracțiune	$\geq R_{eH} \times (R_m / R_{eH})_{spec}$	R_m sau $\geq R_{eH} \times (R_m / R_{eH})_{spec}$
Alungirea	$\geq 0,7 A_{gt}$	$\geq 0,7 A_{gt}$

Notă: R_{eH} este valoarea limitei de curgere a barei de referință, iar A_{gt} este valoarea caracteristică pentru bara de referință

Pentru cuplurile mecanice, standardul SR ISO 15835:2020 cuprinde prevederi pentru efectuarea încercărilor mecanice, care trebuie să ateste faptul că ruperea se produce în bara de armătură și nu în cupla mecanică de îmbinare, iar rezistența la rupere a îmbinării trebuie să aibă valoarea oțelului beton.

3.3. PERFORMANȚE DETERMINATE PE CUPLE MECANICE CU FILET PARALEL

În cadrul Icecon Test au fost efectuate determinări pe cuple de îmbinare mecanică cu filet paralel. Dispozitivele au fost supuse testelor de tracțiune și oboseală, performanțele obținute confirmând comportarea bună la solicitări dinamice. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 5.

Tabel 6

Nr. crt.	Caracteristica	<i>Îmbinare cu cuplă standard cu bare din oțel beton B500 C</i>	
		<i>Ø20mm</i>	<i>Ø25mm</i>
1.	Rezistența la tracțiune	707 MPa	666,7 MPa
2.	Alungirea	7,7 %	7,7 %
3.	Comportarea la oboseală	După solicitarea la numărul de cicluri de 2×10^6 nu s-a produs ruperea nici în barele de referință, nici în cupla îmbinată	

4. CONCLUZII

Utilizarea dispozitivelor pentru îmbinarea mecanică a barelor de armare a structurilor din beton armat, este utilizată în prezent, fiind o alternativă viabilă și necesară în unele cazuri. Este evident că reducerea cantității de material și reducerea spațiului ocupat de îmbinare, sunt semnificative și depășesc parțial costul prelucrărilor cuplelor și al montării. Cuplele prezintă și avantaje de natură tehnică și tehnologică, prelucrarea acestora fiind efectuată pe mașini unelte specializate. O tehnologie utilizată frecvent este prelucrarea barelor prin filetare precedată de operația de forjare la rece, se mărește diametrul capătului barei până la o valoare predeterminată, după care porțiunea se filetează fără reducerea ariei transversale. Rămâne totuși necesitatea acordării unei atenții privind controlul producției pentru menținerea performanțelor produselor și efectuarea testelor pentru determinarea corespunzătoare a performanțelor cuplelor de îmbinare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] *P 100-1:2013 Cod de proiectare seismică Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri*;
- [2] **Mihai Biță, Ionel Badea** - *Cerințe de Performanță pentru Asigurarea Continuității Armăturilor cu Dispozitive Mecanice*. <https://www.p-a.ro/cerinte-de-performanta-pentru-asigurarea-continuitatii-armaturilor-cu-dispozitive-mecanice>;
- [3] *V6.1.01.T.RO - Documentație tehnică - RCS Conectoare*. <https://www.terwa.com/upload/28/2735/V6.1.01.T.RO%20-%20Documenta%C8%9Bie%20tehn%C4%83%20%20RCS%20Conectoare.pdf>.
- [4] *Sisteme de îmbinare cu filet conic a barelor de armare*. https://www.nvent.com/sites/default/files/acquiadam_assets/2022-12/CP7J-EURO.pdf
- [5] **Stephen P. Rowell, Clifford E. Grey, Stanley C. Woodson, Kevin P. Hager** - *High Strain-Rate Testing of Mechanical Couplers*, Technical Report ERDC TR-09-8 Port Hueneme, CA: U.S. Army Engineer Research and Development Center; September 2009.
- [6] *Agreement tehnic „PROCEDU DE ÎMBINARE MECANICĂ A BARELOR DIN OȚEL BETON B500 CU CUPLE MATTEL”* <https://mattelsystems.ro/>