

Domeniul tehnicii

Invenția se referă la materiale de construcție, în special la o armătură pentru construcții din beton armat și un procedeu de fabricare a acesteia.

Premisele creării invenției

Pentru structurile armate se folosește beton, a cărui rezistență, de regulă, nu este mai mică de 300 kg/cm², ceea ce corespunde la 3 kg/mm². Se știe, că rezistența la tracțiune a betonului este de aproximativ 10% din rezistența sa la compresiune. Astfel, rezistența la tracțiune a betonului este de 0,3 kg/mm².

Limita de rezistență la tracțiune a oțelului de armătură, conform standardului interstatal ГОСТ 34028-2016 ПРОКАТ АРМАТУРНЫЙ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. Технические условия, constituie circa 60 kg/mm², adică de 200 de ori mai mare, decât a betonului nearmat.

În acest context, când se calculează rezistența structurilor de construcție în condițiile unor sarcini complexe, rezistența betonului este neglijată.

Betonul armat - este un material utilizat pe scară largă în construcții. În acesta, pentru armarea betonului, se folosesc construcții amplificatoare monolitizate, care au o rezistență înaltă la tracțiune și o plasticitate suficientă.

Tendențele în construcția modernă vizează creșterea numărului de etaje ale clădirilor în legătură cu necesitatea de a economisi teritoriile pentru construcții în orașe. Creșterea numărului de etaje ale clădirilor implică cerințe sporite pentru siguranța și stabilitatea clădirilor. O altă tendință modernă este reducerea costului structurilor de construcție.

În consecință, gândirea inventivă are drept scop rezolvarea acestor probleme.

Stadiul anterior

Este cunoscută o armătură [1], care reprezintă o tijă de armătură din oțel laminat la cald cu o axă dreaptă și suprafață striată. Striațiile de forme diferite consolidează legătura dintre tija de armătură și beton pentru asigurarea funcționării comune la perceperea sarcinilor de exploatare.

Dezavantajul acestei armături este legătura insuficient de puternică dintre armătură și beton, care se poate rupe sub sarcină, determinând alunecarea tije de armătură în raport cu betonul, ceea ce conduce la distrugerea structurii.

Pentru a obține rezistența necesară, numărul de tije de armătură trebuie mărit, ceea ce afectează negativ costul construcției.

Armătura se poate produce din țagă pentru țevi cu nervuri de striere din oțel laminat la cald. Acest procedeu de fabricare asigură o reducere a greutateii armăturii. Însă, o asemenea armătură de construcție tubulară, de obicei, este imposibil de a o confecționa cu un diametru mai mic de 20 mm. În plus, la fabricarea unei asemenea armături efectul economic este nesemnificativ din cauza tehnologiei sofisticate și a consumului major de energie.

Un alt tip de armătură este armătura în toroane, care include câteva fire metalice, răsucite în mănunchiuri. Armătura unei asemenea construcții asigură o consolidare mai eficientă, comparativ cu tijele de armătură, dar este mult mai costisitoare la fabricare.

Începând cu secolul trecut s-au făcut eforturi semnificative pentru a elabora armătura în spirală, care, după coeficientul calității de structură (capacitatea portantă de încărcătură pe unitate de masă), poate depăși semnificativ tijele de armătură striate utilizate în prezent.

Nu s-a reușit realizarea nici unei dintre aceste soluții, din cauza dezavantajelor lor semnificative menționate.

Este cunoscută construcția unei tije de armătură [2], care reprezintă o tijă metalică cu caneluri spiralate, realizate pe suprafața acesteia, în număr de la trei până la șapte. Partea inferioară a canelurilor reprezintă o suprafață convexă, iar în secțiune transversală canelurile au formă de W sau M. Totodată, adâncimea canelurilor este semnificativ mai mică, decât diametrul tije.

Îmbunătățind puțin aderența acestei armături la beton, soluția menționată prezintă următoarele dezavantaje:

- volumul nesemnificativ al canelurilor, care nu permite utilizarea completă a proprietăților de rezistență ale betonului;
- prezența muchiilor ascuțite - concentratoare de stres, care contribuie la degradarea betonului și stratificarea lui de la armătură;
- tehnologia irațională a construcției, determinată de forma canelurilor.

Combi-nația acestor dezavantaje ale soluției menționate nu permite să considerăm aplicarea ei în practică ca fiind oportună.

Cea mai apropiată de soluția revendicată este armătura, care conține o tijă spiralată [3], cu o axă centrală rectilinie, cu pasul spirei în intervalul de la 1 până la 10 diametre ale unui cilindru imaginar, în care este înscrisă tija menționată, în care secțiunea transversală planară a tije include partea centrală în jurul axei centrale a tije și cel puțin două petale îmbinate cu partea centrală și separate între ele prin goluri, totodată, materialul secțiunii tije este redistribuit, pe cât posibil, la periferia secțiunii sale.

Această soluție prezintă următoarele dezavantaje serioase:

- absența aproape completă a alungirii la tracțiune, ceea ce nu permite utilizarea unei astfel de armături în structurile de construcție din beton armat, în special, în regiunile seismice;
- imposibilitatea efectuării striaiilor pe părțile laterale ale petalelor din cauza diferenței de viteze liniare de-a lungul înălțimii sectoarelor conice ale valțurilor de laminare. Aceasta conduce la înrăutățirea aderenței armăturii la beton și, în consecință, la o reducere a rezistenței construcției din beton armat;

- alunecarea sectoarelor conice ale valțurilor în raport cu profilul format reduce durata lor de funcționare, crește consumul de energie și necesită aplicarea obligatorie a lubrifiantului, care apoi trebuie îndepărtat din profilul finit;
- neuniformitatea rezistenței materialului semifabricatului, care apare inevitabil la laminarea la rece a acestuia între valțurile cu profil triunghiular al secțiunii transversale;
- partea supraconsolidată a armăturii, adiacentă părții centrale a tijeii, are, din această cauză, o fragilitate crescută și, la aplicarea sarcinilor, este distrusă prima și, prin urmare, este imposibilă utilizarea completă a proprietăților de rezistență ale armăturii;
- datorită aceleiași fragilități crescute a armăturii devine dificilă, aproape imposibilă, îndoirea tijelor la fabricarea carcaselor de armare.

Aceste dezavantaje ale tijeii de armătură cunoscute conduc la inoportunitatea utilizării acesteia pentru armarea construcțiilor din beton armat.

Problema invenției

Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în crearea armăturii din oțel pentru beton armat, care ar permite utilizarea completă a proprietăților de rezistență atât ale armăturii însuși, cât și ale betonului din compoziția construcției, când această structură percepe sarcini de tracțiune și încovoiere, crearea unui procedeu de fabricare a armăturii, precum și recomandări cu privire la fabricarea unor articole de construcție din beton armat cu folosirea armăturii, conform prezentei invenții.

Căile de soluționare a problemei

Problema menționată se rezolvă prin aceea că:

- armătura pentru construcții din beton armat conține o tijă cu adâncituri spiralate pe suprafața ei. Tija de armătură este realizată polispiralată astfel, încât axa longitudinală a tijeii de armătură este executată în formă de spirală, iar secțiunea transversală planară a tijeii de armătură este executată în formă de poligon cu un număr de laturi $N \geq 3$, totodată fiecare din suprafețele formate de laturile poligonului menționat reprezintă o adâncitură spiralată longitudinală pe suprafața tijeii, unde pasul spirei T este determinat de raportul $T = (5 \dots 20) \cdot d$, unde d este diametrul unui cerc imaginar, în care este înscrisă secțiunea transversală planară a tijeii de armătură;
- tija de armătură este înscrisă într-un cilindru imaginar cu diametrul $D = (1,2 \dots 1,6) \cdot d$;
- aria secțiunii transversale planare a tijeii S_n este determinată de raportul $S_n = (0,4 \dots 0,6) \cdot SD$, unde SD este aria cilindrului imaginar cu diametrul D , în care este înscris poligonul, care reprezintă secțiunea transversală planară a tijeii;
- marginile, formate de îmbinările adânciturilor spiralate menționate, sunt rotunjite cu raza $R \geq 0,5$ mm;
- fiecare din suprafețele adânciturilor spiralate sunt finisate cu un sistem de proeminențe liniare, punctate, reticulare sau haotice, totodată înălțimea proeminențelor k în orice formă a lor este determinată de raportul $k = (0,03 \dots 0,05) \cdot d$.

Conform procedeuului de fabricare a armăturii revendicat, tija de armătură se realizează din semifabricate prin laminare pe un laminor elicoidal longitudinal, care conține un număr corespunzător de valțuri de formare, desfășurate spre axa rectilinie imaginară a tijeii, care se formează, sub un unghi $\alpha = (17 \dots 40)^\circ$;

- laminarea poate fi realizată la rece din semifabricate cu bucata pe un laminor elicoidal longitudinal cu o singură cajă de lucru;
- înainte de prinderea semifabricatului de către valțurile de formare ale laminorului, capătul de atac al semifabricatului poate fi încălzit până la temperatura $C = 400 \dots 600^\circ\text{C}$, de exemplu, prin metoda de încălzire prin inducție cu curenți industriali sau de înaltă frecvență, pe un sector $L = 10 \dots 30$ mm;
- laminarea poate fi realizată pe un laminor cu caje multiple din semifabricat continuu, care se răcește până la avansarea în caja terminală, aceasta fiind realizată rotativă;
- laminarea poate fi realizată la cald cu mărirea ulterioară a rezistenței pe cale termică a tijeii de armătură.

Următoarea prezentare este făcută pe exemplul unei tije de armătură, a cărei secțiune transversală planară reprezintă un poligon cu cel mai mic număr posibil de laturi, adică un triunghi, și oferă o înțelegere generală a esenței invenției. Ea nu reprezintă o privire de ansamblu cuprinzătoare a totalității exemplelor de realizare presupuse și nu are scopul de a identifica elementele cheie sau critice ale tuturor variantelor de realizare și nici de a limita volumul unuia sau al tuturor variantelor de realizare ale invenției. Se intenționează de a prezenta doar o descriere a invenției într-o formă simplificată.

Invenția se explică prin desene din fig. 1 și 2, care reprezintă:

- fig. 1, vederea laterală a tijeii de armătură polispiralate;
- fig. 2, vederea frontală a tijeii de armătură polispiralate.

Armătura pentru construcții din beton armat (fig. 1, 2) conține tija cu adâncituri spiralate pe suprafața ei. Tija de armătură este realizată polispiralată astfel, ca axa longitudinală a tijeii de armătură este executată în formă de spirală. Secțiunea transversală planară a tijeii menționate este înscrisă într-un cerc imaginar cu diametrul d , care determină numărul armăturii. Aria secțiunii transversale a tijeii de armătură, conform prezentei invenții, este cu $70 \pm 5\%$ mai mică, decât aria secțiunii transversale a unei armături standard de același număr, asigurând, totodată clasa de rezistență a armăturii, conform invenției, în intervalul $800 \dots 1100$ N/mm².

Tija menționată este înscrisă într-un cilindru imaginar cu diametrul D , care determină înălțimea unei axe longitudinale a tije, de care depinde dimensiunea regiunii de deformare plastică a tije înainte de distrugerea acesteia când este percepută o sarcină de tracțiune. Totodată

$$D = (1,2 \dots 1,6) \cdot d \quad (1)$$

Pasul spirei T al tije de armătură presupuse este determinat de raportul

$$T = (5 \dots 20) \cdot d \quad (2)$$

Secțiunea transversală planară a tije menționate este executată în formă de poligon cu numărul de laturi

$$N \geq 3 \quad (3)$$

Aria secțiunii transversale planare a tije S_n este determinată de raportul

$$S_n = (0,4 \dots 0,6) \cdot SD, \quad (4),$$

unde SD – aria cilindrului imaginar cu diametrul D .

Fiecare din suprafețele adânciturilor spiralate menționate sunt finisate cu un sistem de proeminențe liniare, reticulare sau punctate. Finisarea poate fi, de asemenea, haotică, obținută, de exemplu, prin tratamentul mecanic prin ecrusare cu jet de alicie al valțurilor. În orice caz, înălțimea proeminențelor k este determinată de raportul

$$k = (0,03 \dots 0,05) \cdot d \quad (5)$$

Toate marginile tijelor de armătură sunt rotunjite cu raza R egală cu

$$R \geq 0,5 \text{ mm}. \quad (6).$$

În această descriere nu sunt prezentate toate variantele de realizare evidente. Formulările sau termenii utilizați în această descriere, au un caracter descriptiv și nu restrictiv.

Nici unui termen din descriere sau din revendicări nu trebuie atribuită o semnificație neobișnuită sau specială, cu excepția cazului în care este dată în mod expres ca atare.

Deși implementarea profilului de armătură și utilizarea acestuia au fost demonstrate și descrise, pentru un specialist în domeniu, care a folosit descrierea acestei invenții, este evidentă posibilitatea unor modificări ale invenției descrise aici, adițional la cele prezentate în această descriere, fără a se abate de la ideile prezentei invenții.

Evaluarea comparativă a caracteristicilor de rezistență ale probelor de armătură, conform prezentei invenții și conform GOST 34028-2016 (rezultatele încercărilor)

Tije de armătură polispiralată, conform prezentei invenții, au fost laminate dintr-o țagă, care reprezintă o bară de $\varnothing 8$ din oțel 25G2S, astfel, încât secțiunea lor planară să fie înscrisă într-un cerc imaginar de $\varnothing 8$, iar întreaga tija să fie înscrisă într-un cilindru imaginar de $\varnothing 12$. Masa unei asemenea tije constituia 0,232 kg/m.l.

Indicatorii lor de rezistență au fost comparați cu cei ai tije de armătură nr. 8, conform GOST 34028-2016, fabricate din același oțel, masa căreia constituia 0,395 kg/m.l., adică de 1,7 ori mai mare, decât cea a tije, conform prezentei invenții.

Forța de rupere pentru armătura nr. 8, conform GOST 34028-2016, a constituit 32,44 KN, iar pentru armătura nr. 8, conform prezentei invenții, - 28,25 KN, ceea ce este confirmat de „Raportul de încercări nr. 67 din 08.02.2022” (Raportul de cercetare nr. 67 din data de 08.02.2022).

Aceleași probe au fost modelate într-un paralelipiped cu secțiunea transversală de 60x60 mm din beton cu granulație fină de clasa B25 (M300). Rezistența betonului la întinderea axială și la încovoiere nu a fost standardizată.

În rezultatul încercărilor probele cu armătură polispiralată prezentau o rezistență de 33,0 KN (Raportul de încercări nr. 270 din 05.10.2022), puțin mai mare, decât cea a probelor cu armătură, conform GOST 34028-2016.

Astfel, proba din beton a prezentat o creștere a rezistenței la tracțiune, comparativ cu armătura ca atare $33,0:28,25 = 1,16$.

Cu alte cuvinte, betonul cu granulație fină nu prea rezistent la sarcinile de tracțiune M300 fără armătură dispersă majorează rezistența armăturii ca atare cu 16%.

Este de așteptat ca betonul armat cu dispersie cu o rezistență mai mare la întindere să crească mai semnificativ această diferență.

Aceleași încercări au arătat, că alungirea probelor de armătură polispiralată ca atare a constituit 1 și 2%, iar în aceleași probe, turnate în beton – de aproximativ 3%.

Aceasta confirmă ipoteza, care stă la baza prezentei invenții, care constă în faptul că înlocuirea armăturii, conform GOST 34028-2016, cu armătură polispiralată va asigura sinergismul - un fenomen când efectul total al influenței a doi sau mai mulți factori depășește suma influenței factorilor individuali. Cu alte cuvinte, rezistența la tracțiune a betonului devine în acest caz atât de eficientă, încât trebuie luată în considerare la calcularea rezistenței la tracțiune și/sau la încovoiere pentru construcția din beton armat.

Trebuie de reținut, că în prezent la calcularea structurilor din beton armat pentru sarcini de tracțiune și încovoiere, rezistența betonului nu este luată în considerare din cauza influenței sale neglijabile.

Testul de îndoire a probei de armătură în jurul monturii, a cărei rază a fost egală cu $3d$, a arătat absența completă a fisurilor vizibile, care este ilustrată de fotografia de mai jos (Foto 1):



Foto 1

Astfel, rezultatele încercărilor au confirmat conformitatea deplină a probelor testate de armătură polispiralată nr. 8 cu cerințele standardului.

De asemenea, a fost confirmată o creștere cu 70% a metrajului de armătură la același consum de oțel.

Procedeu de fabricare a tije de armătură polispiralate

Tija de armătură descrisă mai sus este realizată din semifabricate prin laminare, de exemplu, pe un laminor elicoidal longitudinal cu o singură cajă de lucru, care conține un număr corespunzător de valțuri de formare, desfășurate spre axa rectilinie imaginată a tije, care se formează, sub unghiul α egal cu

$$\alpha = (17...40)^\circ \quad (7)$$

Distanța dintre valțurile de formare determină forma și dimensiunile poligonului, care formează secțiunea transversală a tije de armătură.

Unghiul de rotire a valțurilor laminorului în raport cu axa tije de armătură, care se formează, determină pasul spirei.

În timpul laminării la rece, pentru îmbunătățirea condițiilor de prindere a semifabricatului de către valțurile de formare ale laminorului, capătul de atac al semifabricatului se încălzește, de exemplu, prin metoda de încălzire prin inducție cu curenți industriali sau de înaltă frecvență până la temperatura C egală cu

$$C = 400...600^\circ\text{C} \quad (8),$$

la care oțelul devine semnificativ mai plastic pe sectorul cu lungimea L egală cu

$$L = 10...30 \text{ mm} \quad (9)$$

De asemenea, este posibilă mărirea suprafeței de prindere a semifabricatului cu valțurile laminorului prin prelucrare mecanică sau deformare plastică a capătului său de atac.

Un asemenea procedeu de producție asigură clasa de rezistență a armăturii, conform invenției, în intervalul 800...1000 N/mm², adică limita de fluiditate a armăturii depășește limita de fluiditate a semifabricatului laminat la cald, din care aceasta este realizată, cu 60...80%.

La fabricarea armăturii revendicate direct în uzinele metalurgice, aceasta poate fi laminată la cald, de asemenea, din semifabricate cu bucata, urmată de mărirea rezistenței pe cale termică.

Este, de asemenea, posibilă producerea armăturii polispiralate dintr-un semifabricat continuu, caja terminală de laminor de profile mici fiind rotativă.

Testările comparative ale probelor betonate de armătură polispiralată și standard au arătat, că rupturile în timpul lucrărilor de îmbinare la sarcini de întindere maximale se produc în ele diferit, adică armătura revendicată și armătura standard lucrează cu betonul complet diferit.

Pentru probele cu armătură standard la creșterea sarcinii se taie cea mai slabă dintre proeminențele din beton, aflate într-unul dintre golurile dintre proeminențele longitudinale și înclinate pe tija de armătură. După aceasta procesul de tăiere a proeminențelor discrete menționate de beton capătă un caracter de avalanșă. La alungirea ulterioară a armăturii, în beton apare o fisură transversală, de-a lungul căreia armătura se rupe. În paralel, se dezvoltă fisuri în beton, situate aleatoriu, bucățile de beton sunt separate de produs și se prăbușesc.

Pentru probele cu armătură polispiralată, conform prezentei invenții, influența eterogenității matricei de beton nu mai are un rol atât de semnificativ datorită absenței zonelor discrete de contact cu armătura. În plus, în lucru sunt

implicate nu numai straturi subțiri individuale de beton, care lucrează la tăiere, ci și volume mult mai mari de beton, care lucrează la tracțiune.

Aceasta se poate constata din caracterul distrugerii betonului atunci când sarcinile maxime sunt atinse în timpul încercărilor (Foto 2)



Foto 2

De aici urmează recomandări pentru realizarea structurilor de construcție din beton armat, folosind armături polispiralate, care vizează creșterea rezistenței betonului la sarcini de tracțiune și încovoiere, inclusiv:

- prezența în proiect a cerințelor pentru proprietățile de rezistență ale betonului nu numai la compresiune, dar și la întindere și încovoiere;
- utilizarea preponderentă a betonului armat cu fibre;
- la fabricarea unei rețele plate este necesară utilizarea armăturii polispiralate de numere corespunzătoare, atât pe direcție longitudinală, cât și pe cea transversală, selectând numărul armăturii în funcție de sarcinile calculate în fiecare direcție;
- în carcasa spațiale tije sau inelele transversale trebuie să fie realizate, de asemenea, din armătură polispiralată;
- în structurile carcaselor pentru articole din lemn (stâlpi, traverse, suporturi pentru rețelele de alimentare cu energie electrică, etc.), în locul articolelor transversale inelare, este preferată folosirea spiralei de formă corespunzătoare, realizată, de asemenea, din armătură polispiralată;
- la fabricarea carcaselor în toate cazurile, este preferată înlocuirea sudării prin asamblare, deoarece armătura polispiralată întărită la rece își pierde rezistența semnificativ mai mult atunci când este încălzită, decât armătura netedă sau ondulată laminată la cald.

Avantajele tije de armătură revendicate și rezultatul tehnic

Datorită utilizării mai complete a proprietăților de rezistență atât ale armăturii însuși din contul întăririi la rece a materialului semifabricatului, ceea ce face posibilă creșterea limitei fluidității în mediu cu 70%, cât și a rezistenței betonului din contul:

- formeii armăturii revendicate, care permite creșterea semnificativă a volumului de beton, care percepe sarcinile de tracțiune;
- înlocuirea sectoarelor discrete de beton în punctele de contact cu armătura printr-un contact volumetric continuu;
- măsuri de ameliorare a percepției sarcinilor de tracțiune de către beton datorită modificărilor în structurile carcaselor și în receptura betonului utilizat, tija de armătură propusă asigură o rezistență ceva mai mare a structurii de beton armat, decât o tijă de armătură standard cu 70% mai grea, dar având același număr.

Astfel, tija de armătură polispiralată propusă face posibilă reducerea aproape de două ori a cheltuielilor de armare a structurilor din beton armat. În consecință, se reduc costurile logistice.

Având în vedere, că consumul anual global de armătură constituie aproximativ 2 miliarde de tone, înlocuirea totală a armăturii standard cu cea polispiralată va reduce practic de două ori amprenta de carbon din producția și transportul acesteia, ceea ce va face posibilă combaterea cu mai mult succes a încălzirii globale.

Un avantaj foarte important al armăturii revendicate constă în aceea că, în cazul distrugerii unei structuri din beton armat, de exemplu, în timpul unui cutremur sau exploziei, utilizarea acesteia reduce semnificativ riscul de deces sau traumatism al oamenilor din cauza căderii bucăților de beton, deoarece aderența sa la armătură este continuă și nu se limitează la secțiuni discrete, ca în cazul armăturilor standard. Cu alte cuvinte, partea de beton distrusă a structurii rămâne atârnată de armătură și nu se prăbușește de pe aceasta.