

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239695**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425667**

(51) Int.Cl.  
**E04C 5/04 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **22.05.2018**

(54)

**Przestrzenne zbrojenie betonu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**02.12.2019 BUP 25/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**27.12.2021 WUP 39/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA  
IM. JAROSŁAWA DĄBROWSKIEGO,  
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ANNA SZCZEŚNIAK, Emów, PL  
ADAM STOLARSKI, Kwirynów, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Rafał Parczewski**

**PL 239695 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przestrzenne zbrojenie betonu. Wynalazek jest kwalifikowany w dziedzinie budownictwa.

Konstrukcje żelbetowe są kompozycją betonu i prętów stalowych stanowiących jego zbrojenie.

Klasyczne, dotychczas stosowane zbrojenie konstrukcji żelbetowych składa się z:

- układu podłużnych prętów nośnych zbrojenia głównego, stanowiących wzmocnienie strefy rozciąganej betonu oraz wyężonych stref ściskanych betonu, poprzez zapewnienie przyczepności gwarantującej współodkształcalność betonu i stali,
- układu zbrojenia rozdzielczego w płytach lub strzemion w belkach umieszczanych z reguły prostopadle lub pod określonym kątem do prętów zbrojenia głównego; zbrojenie rozdzielcze stosuje się w celu zwiększenia nośności, ale również ze względów konstrukcyjnych, w celu równomiernego rozłożenia obciążenia i zespolenia zbrojenia w nieodkształcalny szkielet.

W celu wzmocnienia belki w obszarze występowania rys prostopadłych, stosuje się pręty nośne zbrojenia głównego. W obszarze występowania rys ukośnych zagęszcza się strzemiona i stosuje się odgięte pręty nośne zbrojenia głównego.

Połączenie prętów wykonuje się za pomocą:

- drutu wiązałkowego – jest to połączenie wiotkie, samo nie jest w stanie przenosić obciążeń; może być wykorzystywane do łączenia zbrojenia nośnego i zbrojenia konstrukcyjnego, rozdzielczego lub strzemion,
- spawania – jest to połączenie sztywne; może być stosowane przede wszystkim do łączenia prętów zbrojenia nośnego, ale może być również wykorzystywane do łączenia zbrojenia głównego z rozdzielczym i strzemionami; wadą połączeń spawanych jest możliwość uszkodzenia prętów w czasie spawania przez przetopienie lub przegrzanie, gdzie następuje lokalna zmiana właściwości stali,
- zgrzewania – jest to połączenie sztywne; może być stosowane do łączenia prętów zbrojenia nośnego i łączenia zbrojenia głównego z rozdzielczym i strzemionami; zgrzewanie eliminuje większość wad spawania, ale jest połączeniem o mniejszej wytrzymałości.

Zgrzewanie lub spawanie może być wykorzystywane do połączeń zbrojenia głównego ze zbrojeniem poprzecznym, np. w belkach prefabrykowanych stropu gęstożebrowego typu Teriva.

Dotychczas stosowane zbrojenie w układzie prętów podłużnych i pojedynczych prętów poprzecznych – krzyżulców, ma zastosowanie w następujących żelbetowych układach konstrukcyjnych:

- (1) w przestrzennym układzie zbrojenia belek prefabrykowanych stropu gęstożebrowego typu Teriva
- (2) w belkach stropowych jak w opisie wzoru W.96553,
- (3) w siatkowych płaskich pasach zbrojeniowych wzmacniających spiny poziome konstrukcji murowych jak w opisie polskiego wynalazku Pat. 177099,
- (4) w postaci węzownicy w płaskich siatkach do zbrojenia belek stropowych jak w opisie polskiego wynalazku P. 285183.

Znany jest również system płaskich siatek do zbrojenia betonu o kratownicowym układzie prętów poprzecznych wielokrotnie skrzyżowanych i trwale zespojonych we wszystkich miejscach skrzyżowania, stanowiący samonośny układ zbrojenia, jak w opisie patentu P.398305.

Oddzielnym rodzajem wzmocnionych konstrukcji betonowych jest fibrobeton. Fibrobeton stanowi połączenie betonu i rozproszonego mikrozbrojenia, które wykonywane są z włókien o bardzo małej średnicy nie przekraczającej 1 mm, o długości nie przekraczającej 50 mm, o różnym kształcie, najczęściej stalowe, jak również szklane, polimerowe, polipropylenowe, węglowe, aramidowe oraz pochodzenia organicznego np. bawełniane, lub pochodzenia recyklingowego np. rozdrobnione składniki włókniste opon samochodowych. Elementy konstrukcyjne z fibrobetonu cechuje większa wytrzymałość na rozciąganie, redukcja zjawisk skurczowych, większa ciągliwość oraz większa wytrzymałość na obciążenia udarowe w porównaniu z betonem zwykłym bez zbrojenia rozproszonego. Znacząca poprawa właściwości mechanicznych fibrobetonu zauważalna jest po zastosowaniu zbrojenia rozproszonego w ilości stanowiącej minimum 1,5% objętości betonu. Włókna zbrojeniowe stosowane w fibrobetonie z założenia są równomiernie rozproszone w masie betonu. W praktyce uzyskanie równomierności rozproszenia włókien zbrojeniowych w betonie jest trudne do uzyskania ze względów technologicznych. Stopień równomierności rozproszenia włókien zbrojeniowych w betonie jest czynnikiem

mającym znaczący wpływ na właściwości mechaniczne fibrobetonu. Zbrojenie rozproszone charakteryzuje się wielokierunkowym ułożeniem włókien, który ma przypadkowy, losowy charakter w objętości, wynikający ze sposobu przygotowywania i układania mieszanki betonowej. Fibrobeton stosowany jest jako materiał podstawowy do wykonywania posadzek przemysłowych jak również w połączeniu z tradycyjnym zbrojeniem w konstrukcjach żelbetonowych. Wówczas zbrojenie rozproszone pełni rolę zbrojenia pomocniczego i może być traktowane jako składnik wzmocnienia betonu.

Celem wynalazku jest stworzenie rozwiązania pozwalającego uzyskać zwiększone parametry opisujące właściwości fizyko-mechaniczne konstrukcji betonowych w stosunku do parametrów dotychczas stosowanych konstrukcji.

Istota zgłaszanego wynalazku polega na zastosowaniu nowego układu rurek siatkowych, stanowiących kierunkowo zorientowane, przestrzenne zbrojenie całego przekroju poprzecznego elementów konstrukcyjnych z betonu w celu zwiększenia wytrzymałości betonu na rozciąganie oraz zwiększenia nośności, sztywności przestrzennej i ciągliwości konstrukcji z betonu.

Przestrzenne zbrojenie betonu według wynalazku charakteryzuje się tym, że:

- 1) Rurki siatkowe stanowią upakowaną, wypełniającą całkowicie przekrój poprzeczny elementu strukturę zbrojenia w betonie, której intensywność zależy od rodzaju konstrukcji, wymaganej wytrzymałości kompozytu betonowego na ściskanie i rozciąganie oraz od wymaganego stopnia zbrojenia przekroju elementu konstrukcyjnego i wymiarów największego ziarna kruszywa stosowanego do wykonania mieszanki betonowej.
- 2) Ułożenie osi środkowych rurek siatkowych zależy od rodzaju konstrukcji i jest wykonywany jako:
  - układ jednokierunkowy, równoległy do osi środkowych w elementach prętowych (beki, słupy, łuki i ich kombinacje),
  - układ dwukierunkowy, warstwowy w elementach powierzchniowych (płyty, tarcze-ściany, powłoki),
  - układ trójkierunkowy, warstwowy w elementach przestrzennych (masywne bloki np. fundamentowe).

Jednokierunkowy układ zbrojenia, charakteryzuje się ułożeniem osi środkowej rurek (1) równoległe do osi środkowej elementu konstrukcyjnego (10). Jednokierunkowy układ zbrojenia przeznaczony jest do stosowania w elementach prętowych t.j. belki, słupy, łuki, rygle, długie wsporniki, pale fundamentowe, wieńce. W dwukierunkowym układzie zbrojenia przestrzennego kierunki ułożenia rurek dostosowane są do dwóch kierunków głównych naprężeń lub sił wewnętrznych, występujących w elementach konstrukcyjnych (A i B). Kierunek ułożenia rurek zmienia się w kolejnych warstwach. Po ułożeniu warstwy rurek, których oś środkowa jest równoległa do kierunku A, układana jest warstwa rurek równoległa do kierunku B, następnie układ jest powtórzony w kolejnych warstwach, aż do wypełnienia całej grubości (wysokości) elementu. Kierunki główne ułożenia rurek mogą być wzajemnie nachylone pod kątem  $\alpha = (0^\circ \div 180^\circ)$ . Dwukierunkowy układ przeznaczony jest do zbrojenia elementów płytowych i tarczowo – ścianowych, np. płyty stropowe, płyty fundamentowe, stopy fundamentowe oraz ściany. W trójkierunkowym układzie zbrojenia przestrzennego, dla dwóch głównych kierunków zbrojenia A i B w wybranej płaszczyźnie rurki ułożone są naprzemiennie warstwami. W każdej z tych warstw uwzględnione jest odpowiednie odsunięcie wzajemne rurek. W miejscu powstałej przestrzeni między rurkami ułożonymi na kierunku A i B, układane są rurki w trzecim kierunku zbrojenia C. Kierunki główne ułożenia rurek mogą być wzajemnie nachylone pod kątami oznaczonymi  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ , których wartości mogą zawierać się w przedziale  $0^\circ \div 180^\circ$ . Układ trójkierunkowy przeznaczony jest do zbrojenia masywnych elementów konstrukcyjnych, np. masywne stopy i płyty fundamentowe oraz konstrukcje oporowe.

- 3) Pojedyncza rurka siatkowa jest wykonana z siatki o ortogonalnym układzie włókien podłużnych (osnowa) (4) i włókien obwodowych (wętek) (5) w taki sposób, że włókna podłużne osnowy są usytuowane wzdłuż podłużnej osi środkowej rurki siatkowej (1).
- 4) Średnica rurek siatkowych  $f_i$  dostosowana jest do wymiarów przekroju betonowego  $b$  w proporcji do najmniejszego wymiaru przekroju poprzecznego zgodnie z zależnością:  $b \leq f_i \leq \frac{b}{100}$ . Dopuszcza się stosowanie układu pojedynczych rurek siatkowych lub układu złożonego z wiązek rurek typu „rurka w rurce”. W układzie typu „rurka w rurce” rozróżnia się dwa przypadki formowania rurek w wiązce. Układ współosiowy złożony jest z rurek o różnych średnicach, których współśrodkowe ułożenie zapewnia wspólne położenia osi środkowej wiązki. Wówczas różnica średnic rurek musi spełniać warunek:  $f_1 - f_2 \geq 2d_g$  gdzie:  $d_g$  – największa

szy wymiar ziarna kruszywa stosowanego w betonie, lecz nie mniej niż 2 mm. Drugim przypadkiem formowania rurek w wiązce jest układ różnoosiowy, w którym rurki ułożone w jednej wiązce charakteryzują się jednakowym kierunkiem ułożenia osi środkowych, przy braku zachowania ich współosiowości.

Siatki, z których wykonywane są rurki, mogą być wykonane jako ażurowe plecionki z materiału przeznaczonego do zbrojenia betonu, tj. z kompozytowych włókien szklanych, węglowych, aramidowych lub włókien (prętów) stalowych o wysokich wytrzymałościach na rozciąganie.

Rurki siatkowe wykonane są z siatki o minimalnych wymiarach oczka  $d_o$  spełniających warunek  $d_o \geq 2d_g$  gdzie:  $d_g$  – największy wymiar ziarna kruszywa stosowanego w betonie, lecz nie mniej niż 2 mm,  $d_o = \min\{a, s\}$  – najmniejszy wymiar oczka siatki,  $a$  – rozstaw włókien osnowy (podłużnych) siatki,  $s$  – rozstaw włókien wątku (poprzecznych, obwodowych) siatki.

Rurki siatkowe o określonej średnicy przekroju poprzecznego  $f_i$  wykonuje się z gotowych siatek łączonych na styku każdego z włókien (prętów) przy zastosowaniu urządzeń typu giętarka do rur (wariant S1 i S2), poprzez łączenie uprzednio uformowanych włókien podłużnych i obwodowych (wariant Z1 i Z2) lub przy zastosowaniu druku 3D. W przypadku rurek siatkowych wykonanych z gotowej siatki dopuszcza się stosowanie kilku warstw siatki do wykonania jednej rurki w celu zwiększenia stopnia zbrojenia. Średnica prętów lub włókien  $d_1$  i  $d_2$ , z których wykonana jest odpowiednio osnowa i wątek siatki, powinna być dostosowana do wymiaru oczka siatki spełniając warunek:  $\min\{d_1; d_2\} \leq \frac{d_o}{2}$ .

Połączenie siatki na obwodzie rurek musi zapewniać niezmienną geometrię rurek podczas układania mieszanki betonowej. Przekrój rurek siatkowych stanowi okrąg o promieniu  $R_z$  spełniający warunek:  $\frac{b}{2} \leq R_z \leq \frac{b}{200}$ . Dopuszcza się zmienność promienia w przedziale:  $1,0 \div 1,5 R_z$ .

Ciągłość zbrojenia na długości elementu jest zapewniona pod warunkiem łączenia doczołowego, na styk maksymalnie 30% rurek siatkowych znajdujących się w jednej warstwie.

Przestrzenne zbrojenie betonu rurkami siatkowymi pozwala na stworzenie ujednorodnionego kompozytu betonowego o zwiększonych parametrach mechanicznych. Kompozyt betonowy może być stosowany jako indywidualny materiał konstrukcyjny lub może tworzyć konstrukcję hybrydową w połączeniu z typowymi systemami zbrojenia stosowanymi w konstrukcjach żelbetowych.

Zastosowanie wynalazku wzmacnia elementy konstrukcyjne w miejscu występowania naprężeń rozciągających, przez co redukuje zjawisko propagacji naprężeń rozciągających i towarzyszącego im zarysowania betonu spowodowane wzrostem wyężenia elementu konstrukcyjnego. Zastosowanie wynalazku zapewnia intensywne skrępowanie betonu, przy jednoczesnym ujednorodnieniu zbrojenia przekroju, co w konsekwencji zapewnia uniwersalizowanie pracy elementu konstrukcyjnego niezależnie od kierunku działania obciążenia, w tym również obciążenia wyjątkowego nieprzewidzianego w pierwotnych założeniach projektowych. Ponadto, zastosowanie wynalazku pozwala na zwiększenie sztywności elementu konstrukcyjnego, zmniejszenie przemieszczeń i zwiększenie ciągliwości przy zwiększonej nośności. Zastosowanie wynalazku powoduje zmianę mechanizmu zniszczenia elementów żelbetowych przez znaczne ograniczenie zjawiska zarysowania i zmiażdżenia betonu, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia nośności.

Zbrojenie wykonane jest w postaci lekkiego prefabrykatu, złożonego z pojedynczych rur siatkowych lub modułowych wiązek rur siatkowych, które w łatwy sposób są transportowane na miejsce wbudowania. Ułożenie zbrojenia nie wymaga szczegółowego śledzenia dokumentacji projektowej z uwagi na zunifikowany charakter rozwiązania konstrukcyjnego. Zbrojenie może być wykorzystane do wykonywania zarówno konstrukcji monolitycznych jak i prefabrykowanych.

Wynalazek w korzystnym przykładzie wykonania został przedstawiony na rysunkach, gdzie: Fig. 1 przedstawia układ przestrzennego zbrojenia rurkami siatkowymi odniesiony do rodzaju elementu konstrukcyjnego: a) układ jednokierunkowy w elemencie prętowym, b) układ dwukierunkowy w elemencie płytowym, c) układ trójkierunkowy w elemencie masywnym; Fig. 2 przedstawia schemat geometryczny pojedynczej rurki siatkowej do wykonania przestrzennego zbrojenia w przekroju podłużnym; Fig. 3 przedstawia przekroje poprzeczne pojedynczej rurki siatkowej w możliwych wariantach wykonania a) przekrój rurki wykonanej z gotowej siatki łączonej na zakład z dodatkowym prętem podłużnym w miejscu zakładu, b) przekrój rurki wykonanej z gotowej siatki o prętach obwodowych łączonych na zakład, c) przekrój rurki wykonanej z prętów podłużnych i obwodowych łączonych w miejscach styku (9) z łączonymi doczołowo prętami obwodowymi (11), d) przekrój rurki wykonanej z prętów podłużnych i obwodowych z uwzględnieniem zakładu prętów obwodowych (12); Fig. 4 przedstawia przekrój poprzeczny elementu z jednokierunkowym układem przestrzennego zbrojenia rurkami siatkowymi a) zbrojenie typu „rurka w rurce” o współosiowym układzie wiązek, b), e) zbrojenie typu

„rurka w rurce” o różnoosiowym układzie wiązek, c), d) zbrojenie pojedynczymi rurkami siatkowymi o różnych stopniach skrępowania betonu. Wymiary przekroju betonowego oznaczone zostały  $b$  – szerokość i  $h$  – wysokość. Wymiar  $c$  oznacza minimalną grubość otuliny betonowej, która uzależniona jest od rodzaju materiału użytego do wykonania rurek siatkowych oraz warunków użytkowania konstrukcji i może być zredukowana do zera; Fig. 5 przedstawia przekrój podłużny prętowego elementu konstrukcyjnego z przestrzennym zbrojeniem betonu. Numerami 1, 2, 3 oznaczono rurki siatkowe ułożone w wiązki równoległe do osi środkowej elementu konstrukcyjnego, których średnice wynoszą odpowiednio  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ; Fig. 6 przedstawia układ zbrojenia hybrydowego w prętowym elemencie konstrukcyjnym w przekroju podłużnym i poprzecznym stanowiący połączenie zbrojenia przestrzennego rurkami siatkowymi oraz tradycyjnego zbrojenia prętami. Pręty zbrojenia podłużnego zlokalizowane w strefie rozciąganej oznaczone zostały jako 7, a w strefie ściskanej jako 6, numerem 8 oznaczono zbrojenie poprzeczne w postaci strzemion; Fig. 7 przedstawia przekrój poprzeczny belek poddanych badaniom doświadczalnym: a) belka betonowa z jednokierunkowym zbrojeniem przestrzennym rurkami siatkowymi (seria I), b) belka betonowa bez zbrojenia (seria II); Fig. 8 przedstawia schemat statyczny belek serii I i II poddanych badaniom doświadczalnym; Fig. 9 przedstawia zdjęcia wykonane podczas badań doświadczalnych belki z przestrzennym zbrojeniem w kolejnych etapach wyężenia.

Przestrzenne zbrojenie betonu w belkowym elemencie konstrukcyjnym wykonane według wynalazku złożone jest z 24 rurek siatkowych (1). Rurki siatkowe stanowią zbrojenie przestrzenne belki betonowej, której długość całkowita wynosi 1000 mm, a wymiary przekroju poprzecznego to szerokość  $b = 100$  mm i wysokość  $h = 150$  mm. Na wysokości przekroju ułożono 6 warstw rurek siatkowych po 4 sztuki w każdej warstwie. Pojedyncze rurki siatkowe (1) ułożone zostały jednokierunkowo wzdłuż osi środkowej elementu konstrukcyjnego (10). Rurki wykonane zostały z siatki z włókna szklanego przeznaczonego do zbrojenia betonu o wymiarach oczka  $10 \times 10$  mm, wytrzymałości na rozciąganie wynoszącej  $2540,0$  N/5 cm dla kierunku podłużnego oraz  $1200,0$  N/5cm dla kierunku poprzecznego, której gramatura powierzchniowa wynosi  $190$  g/m<sup>2</sup>. Średnica każdej rurki wynosiła 20 mm, przy roboczej długości obwodu wynoszącej 100 mm (z uwzględnieniem zakładu). Na obwodzie każdej rurki znajdowało się 8 włókien podłużnych osnowy (4). Rurki siatkowe zatopione zostały w betonie o średniej wytrzymałości na ściskanie wynoszącej  $90,5$  MPa, w którym średnica największego ziarna kruszywa wynosiła  $d_g = 2$  mm.

W celu weryfikacji korzyści wynikających z zastosowania przestrzennego zbrojenia betonu (PZB) przeprowadzono badania wstępne na belkach.

Badania przeprowadzono dla dwóch serii belek. W serii pierwszej wykonano belki zawierające zbrojenie przestrzenne betonu. W serii drugiej wykonano belki o takich samych wymiarach i z użyciem tego samego betonu, lecz bez dodatkowego zbrojenia. Dla każdej serii wykonano po trzy belki. Belki poddane zostały badaniu czteropunktowego zginania.

Badanie belek serii I i II przeprowadzono dla krótkotrwałego obciążenia statycznego, które przetrwało do chwili zniszczenia belki. Największa odnotowana wartość obciążenia belki  $P_i$  uznawana była za nośność graniczną elementu. Dodatkowo dla każdej z serii belek przeprowadzono weryfikację wytrzymałości na ściskanie betonu, z którego zostały one wykonane na próbkach sześciennych. Wyniki badań przedstawiono w tabelicy 1.

Tab. 1. Wyniki badań doświadczalnych belek z serii I i II

Parametr		Seria I	Seria II
Siła niszcząca belki $P_i$ [kN]	$P_1$	26,20	13,80
	$P_2$	27,95	12,03
	$P_3$	27,86	12,80
	$P_{\text{śr}}$	<b>27,34</b>	<b>12,88</b>
Wytrzymałość betonu na ściskanie	$f_{c1}$	84,5	83,5
	$f_{c2}$	101,9	96,4
	$f_{c3}$	85,2	95,4
[MPa] na próbkach sześciennych	$f_{c\text{śr}}$	<b>90,5</b>	<b>91,77</b>

Wyniki badań wskazują na ponad dwukrotne zwiększenie nośności belki po zastosowaniu PZB. Zastosowanie PZB spowodowało zmianę mechanizmu zniszczenia belki oraz znaczne ograniczenie zarysowania. Zredukowana została zarówno liczba rys jak i ich szerokość. Ponadto, odnotowano bardziej równomierny rozkład rys w obszarze środkowym czystego zginania. Wraz ze wzrostem obciążenia zaobserwowano stopniowe wyłączanie od spodu belki poszczególnych obszarów zbrojenia przestrzennego na skutek zerwania włókien rurek siatkowych. Proces ten przebiega stopniowo, aż do zniszczenia, którego charakter nie jest gwałtowny. Redukcji ulegają przemieszczenia, a wraz ze wzrostem poziomu obciążenia konstrukcji obserwowany jest wzrost ciągliwości kompozytu. W przypadku belek serii II obserwowane było gwałtowne zniszczenie elementu na skutek szybkiej propagacji zarysowania w przekroju belki zlokalizowanym między siłami.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Przestrzenne zbrojenie betonu, **znamiennie tym**, że składa się z co najmniej z jednego układu rurek siatkowych (1) zatopionych w betonie, ułożonych w całej objętości betonowego elementu konstrukcyjnego (10), gdzie maksymalna średnica rurki siatkowej (1) nie jest mniejsza niż jedna setna najmniejszego wymiaru przekroju poprzecznego elementu konstrukcyjnego; oraz rurka siatkowa (1) wykonana jest z prętów lub włókien obwodowych (5) i podłużnych (4) gdzie maksymalna średnica pręta lub włókna (4, 5) wynosi nie więcej niż połowę najmniejszego wymiaru oczka siatki; oraz minimalny wymiar oczka siatki, z której wykonana jest rurka siatkowa (1) nie jest mniejszy od dwukrotności średnicy największego ziarna kruszywa, na którego bazie wykonana jest mieszanka betonowa, w której zatopiona jest rurka siatkowa (1); oraz rurki siatkowe (1) zatopione w betonie ułożone są warstwowo wypełniając całkowicie przestrzeń elementu konstrukcyjnego (10).
2. Przestrzenne zbrojenie betonu według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że w rurce siatkowej (1) wzdłużnie umieszczona jest co najmniej jedna inna rurka siatkowa (2).
3. Przestrzenne zbrojenie betonu według zastrz. 1, albo 2, **znamiennie tym**, że rurki siatkowe (1) stanowiące daną warstwę ułożone są względem kolejnej warstwy pod kątem w przedziale od 0 do 180 stopni.
4. Przestrzenne zbrojenie betonu według zastrz. 1, albo 2, albo 3, **znamiennie tym**, że rurki siatkowe (1) są ułożone w płaszczyznach horyzontalnych i wertykalnych.
5. Przestrzenne zbrojenie betonu według zastrz. 1, albo 2, albo 3, albo 4, **znamiennie tym**, że prócz rurek siatkowych (1) zawiera inne elementy zbrojenia betonowego elementu konstrukcyjnego (6, 7, 8) w hybrydowym układzie zbrojenia.

Rysunki

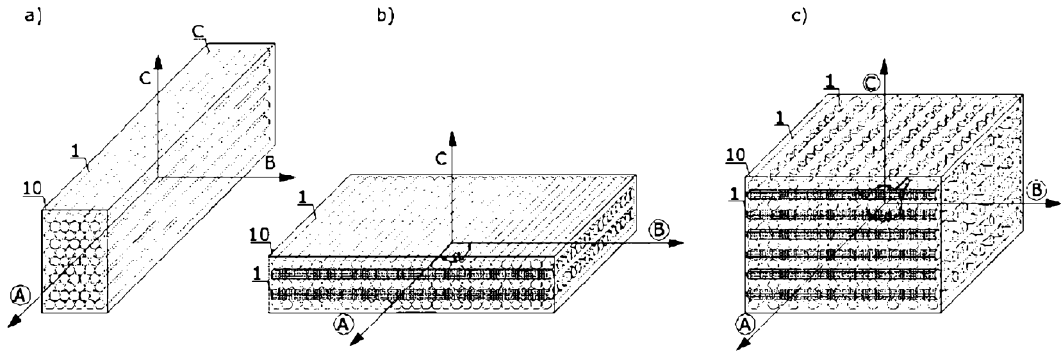


Fig. 1.

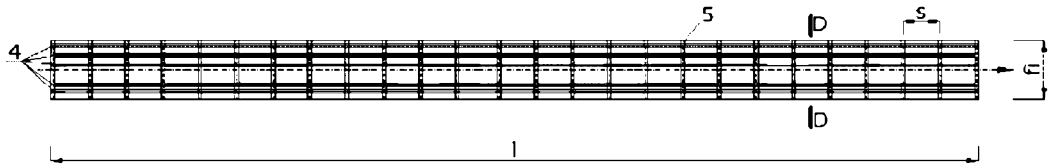


Fig. 2.

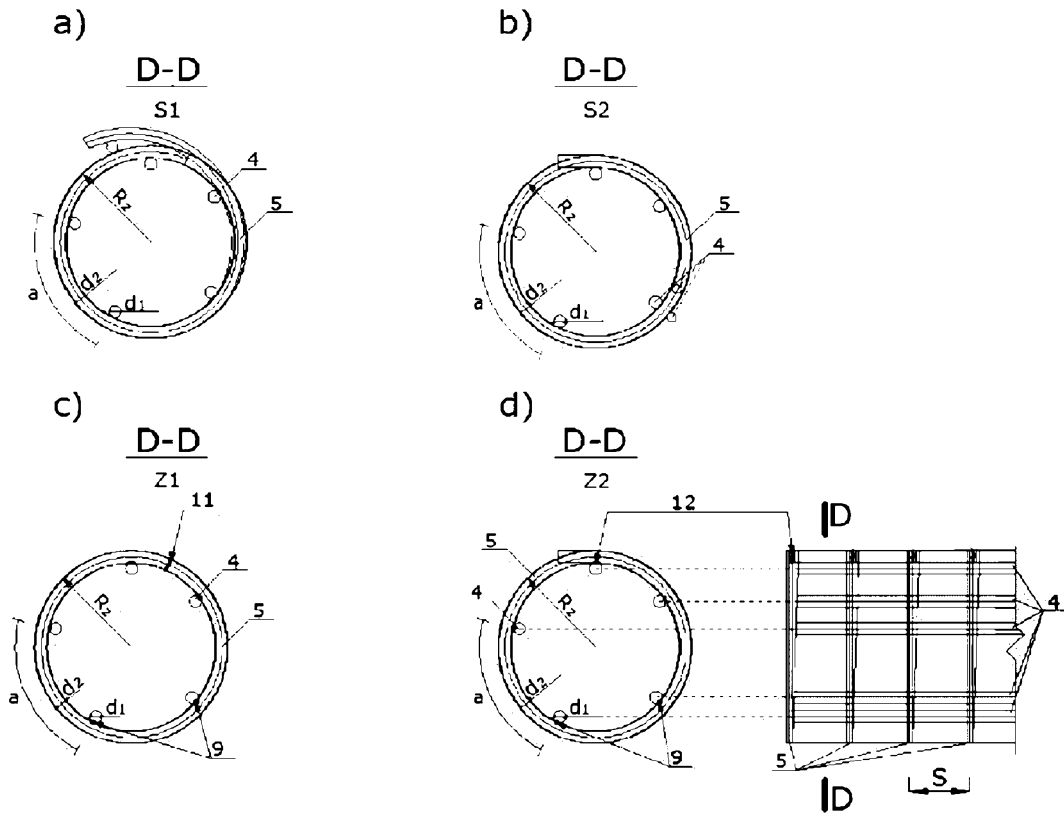


Fig. 3.

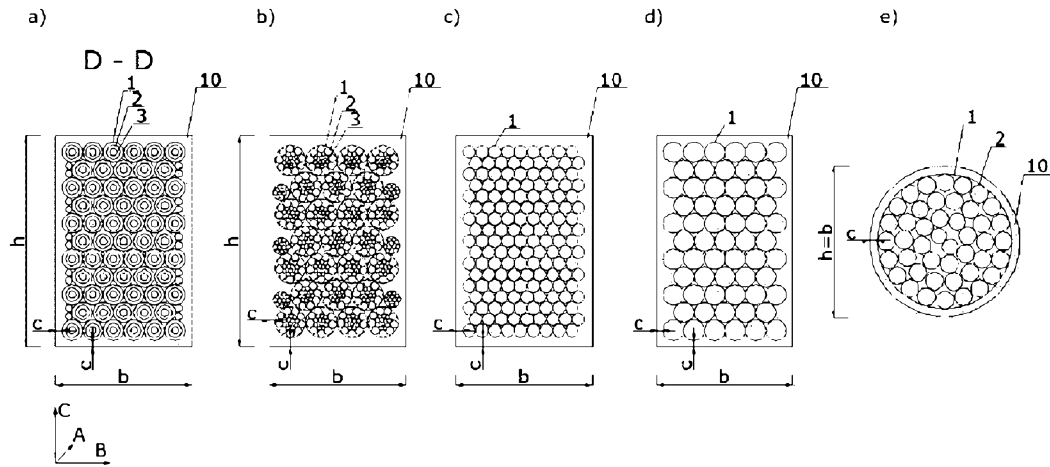


Fig. 4.

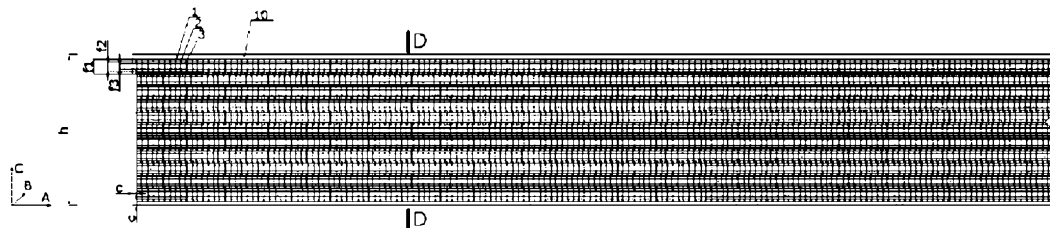


Fig. 5

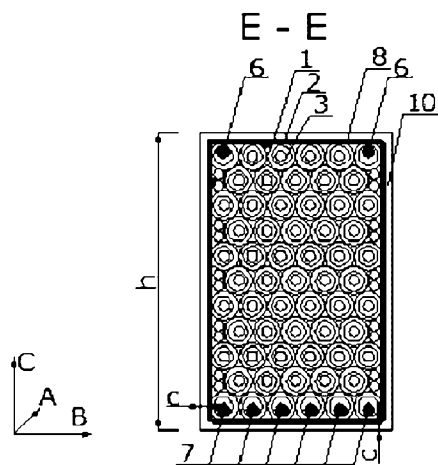
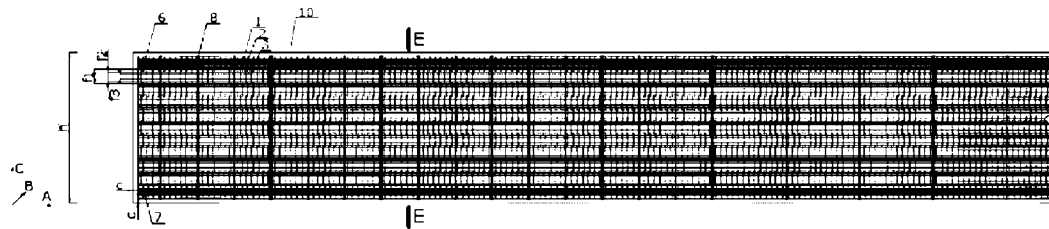


Fig. 6.

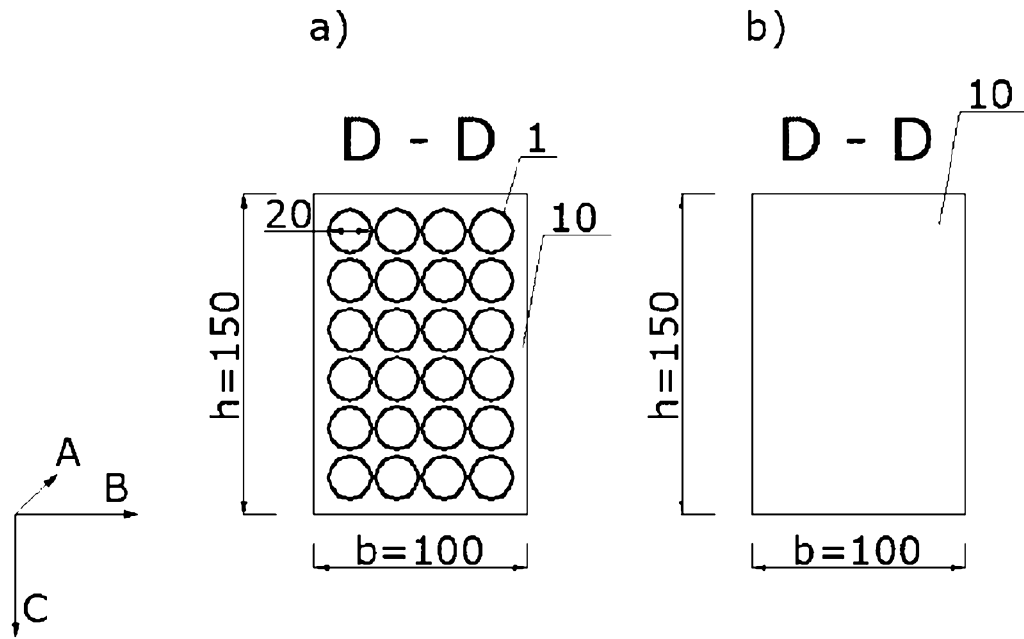


Fig. 7.

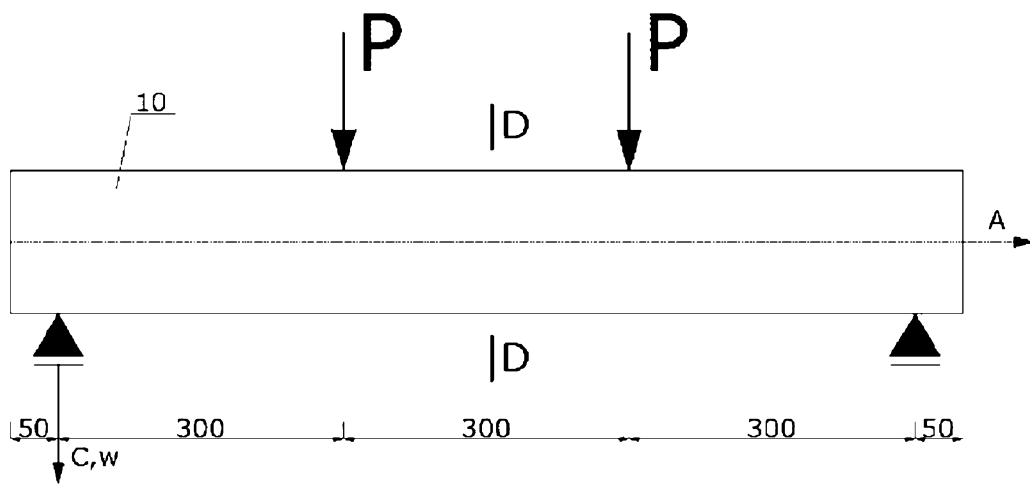


Fig. 8

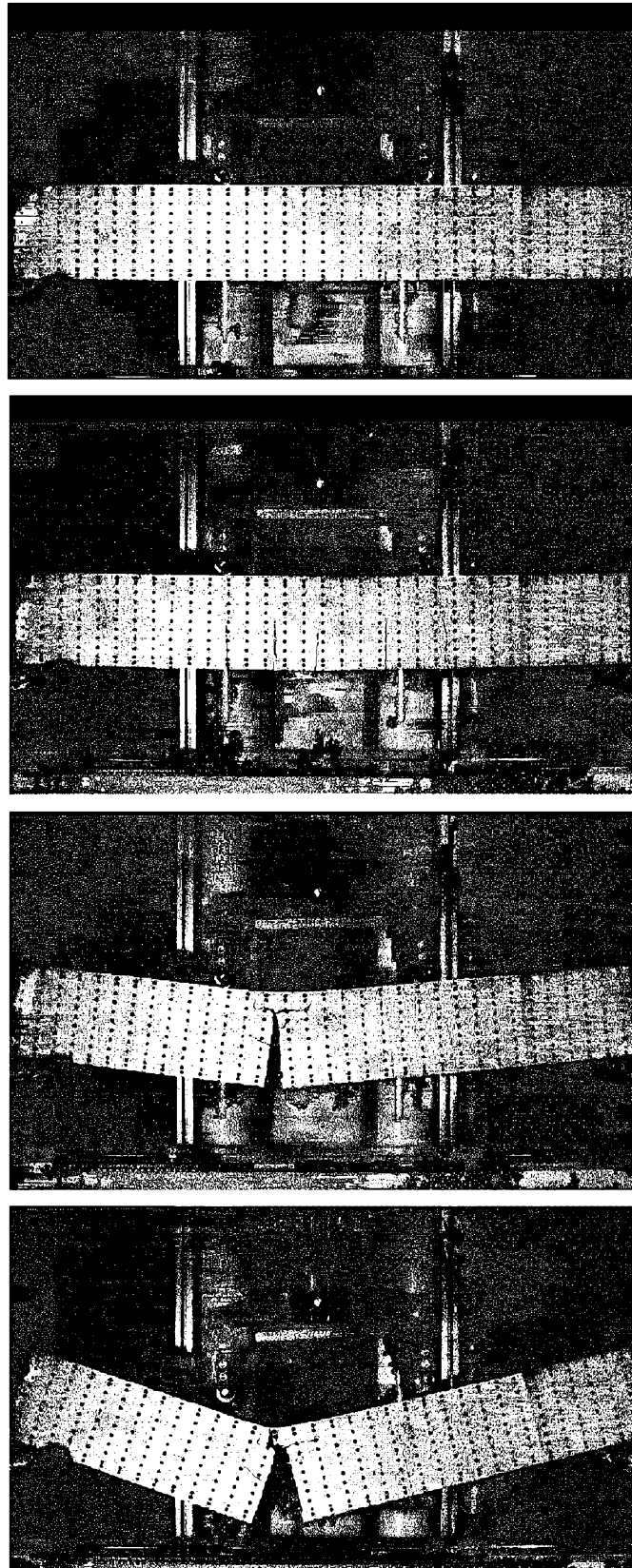


Fig. 9.