

Область техніки, до якої належить цей винахід, та попередній рівень техніки цього винаходу

Цей винахід відноситься до розробки стандартного профілю, що широко застосовується в будівельній індустрії, який в теперішній час зазвичай виконується у вигляді сталевих арматур, відомої як таврова балка або подвійний тавр.

Така балка складається з трьох подовжених пластин, які з'єднані між собою в поздовжньому напрямку і розташовуються під прямим кутом одна до одної, а також характеризуються наявністю стійкого до тиску верхнього ремня і стійкого до розтягнення нижнього ремня, які також називаються фланцями, і перемички, що з'єднує між собою нижній ремінь і верхній ремінь і зазвичай розташована симетрично посередині фланців. Існують також швелерні профілі з фланцем на одній із двох сторін або коробчасті профілі з двома фланцями з боків.

Цей винахід відноситься до цих або подібних та інших профілів, таких як:

• Р-подібний профіль з паралельними внутрішніми поверхнями фланців, також відомий як "Reiner" або опора Reiner;

• Швелерний профіль із похилими внутрішніми поверхнями фланців;

• Швелерний профіль із паралельними внутрішніми поверхнями фланців;

• Т-подібний рівнобедрений профіль;

• L-подібний профіль (також званий металевим куточком, кутовим профілем або кутовим кронштейном);

• а також усі можливі варіанти здійснення коробчастих профілів; і

• V-подібні профілі та комбінації цих профілів.

За допомогою таких профілів забезпечується оптимальна несуча здатність відносно маси використовуваного матеріалу і, відповідно, його ваги для відповідних сфер застосування.

В разі використання двотаврової балки її жорсткість по суті визначається висотою центрального бруса або перемички. Другорядні заходи, спрямовані на підвищення жорсткості, передбачають задане підвищення стійкості нижнього фланця до розтягнення і задане підвищення жорсткості верхнього фланця при стисненні. Оскільки такі балки виготовляються методом гарячої прокатки сталевих листів, для спрощення передбачені ідентичні верхні та нижні ремні.

Переважа сталевих балок цього типу полягає в дешевизні їх виготовлення у великих кількостях і надійності в плані витримувати навантаження. Дефекти в таких профілях спостерігаються рідко, і на практиці ними можна знехтувати. Крім того, додаткові сталеві частини, що з'єднують балки з іншими несучими частинами, можуть легко приварюватися на будівельному майданчику в будь-який зручний час і замінюватись при необхідності.

Недолік полягає у надзвичайно високій щільності сталі, що становить $7,8 \text{ г/см}^3$, а також у тому факті, що виробництво сталі потребує великих витрат енергії та супроводжується викидом великої кількості вуглекислого газу. До теперішнього часу єдиною можливою заміною сталі був алюміній, який має меншу вагу, але завдає навколишньому середовищу більш негативний вплив, ніж сталь. Тому необхідні масові обсяги сталі неможливо замінити алюмінієм.

З цієї причини сталь зазвичай розглядається як незамінний будівельний матеріал, який очевидно не може бути замінений навіть з точки зору захисту клімату, що зумовлює проведення робіт зі збагачення сталі воднем, внаслідок чого виробництво сталі стає ще більш енергоємним.

Однак у нещодавніх звітах фонду SITRA, наданих фінським урядом, ясно зазначено, що обсяги вуглекислого газу, які залишилися, що підлягають викиду до 2100 року, можуть бути віднесені на рахунок одних лише сьогоднішніх обсягів сталі, алюмінію і цементу за умови дотримання цього цільового показника в 2°C згідно з Паризькою угодою про клімат. Цей факт переконливо свідчить про необхідність перегляду парадигми незамінності сталі чи іншого металу, що відбувається вперше.

У патентах EP 106 20 92 та EP 273 94 71 описано, яким чином сталь та алюміній можуть бути замінені комбінацією каменю та шаруватого матеріалу з вуглецевих волокон (CFRP – композиційний матеріал на основі вуглецевих волокон), якщо недостатню міцність каменю при розтягненні компенсувати у вищому ступені жорстким вуглеволокном. З'єднання між каменем і волокном виконується за допомогою смол, наприклад, епоксидних смол, або зв'язувальних речовин, стійких до дії високих температур і виконаних на основі розчинного скла та силікону, які мають можливість встановлення перехресних зв'язків або зв'язування з вуглецевим матеріалом. За певних обставин ці з'єднання також створюють попередню напругу, яка може бути присутньою на постійній основі в з'єднанні або проходити через нього.

Коротке розкриття цього винаходу

Даний винахід розкриває конструкцію профілю балки з двома або більше кам'яними пластинами, виконаними з природного каменю або штучного каменю, причому зазначені кам'яні пластини механічно стабілізовані для забезпечення міцності на розтягнення за допомогою, щонайменше, одного стійкого до розтягнення шару або стійких до розтягнення включених матеріалів, при цьому кам'яні пластини розташовуються під кутом одна до одної і, щонайменше, одна кам'яна пластина забезпечена виступами і, щонайменше, одна кам'яна пластина забезпечена пазами відповідної виступам форми для забезпечення з'єднання кам'яних пластин одна з одною так, що виступи,

виконані в одній пластині, входять в пази виконані в іншій пластині, причому стійкі до розтягнення шари або стійкі до розтягнення матеріали кам'яних пластин, що з'єднуються, сходяться один з одним у своїх площинах та, щонайменше, частково перекриваються у своїх площинах, розташовуючись один поверх іншого.

При цьому природним або штучним каменем може бути бетон, цемент, кам'яна крихта, зв'язана смолами або мінеральними речовинами, скло, кераміка.

При цьому стійкий до розтягнення шар або стійкі до розтягнення матеріали можуть містити інкорпоровані волокна.

При цьому при використанні природного каменю кам'яні пластини фіксуються шляхом їх зв'язування таким чином, що направлення волокон сходяться один з одним або перекриваються.

При цьому при використанні штучного каменю кам'яні пластини фіксуються шляхом їх виливання та затвердіння в рідкій фазі таким чином, що направлення волокон сходяться один з одним або перекриваються.

При цьому стійкий до розтягнення шар може лежати в товщі шарів із каменю.

При цьому шар каменю може лежати в межах шарів, стійких до розтягнення.

При цьому кам'яна пластина може містити шари з каменю, що чергуються, і шари, стійкі до розтягнення.

При цьому волокна можуть бути інкорпоровані в товщу каменю у випадку використання цементу або кам'яної крихти, зв'язаної смолами або мінеральними речовинами, або бетону.

При цьому стійкий до розтягнення шар може складатися з волокнистих матеріалів, деревинного волокна, сталевих волокон або графену.

При цьому волокнами можуть бути скловолокно, кам'яне волокно, вуглецеве волокно, арамідне волокно, бамбукове волокно, деревинне або лляне волокно або суміш перерахованих волокон.

При цьому при використанні кам'яної крихти, зв'язаної смолами або мінеральними речовинами, основою зв'язувальної речовини може бути епоксидна смола, поліефірна смола, смола на основі складного ефіру фенолу, поліамідна смола, смола на основі цианатних ефірів, вінілефірна смола, меламінова смола, поліуретанова смола або кремнійорганічна смола або суміш цих смол.

При цьому смоли, які використовуються в якості зв'язувальної речовини, можуть мати усадкові властивості.

При цьому вуглецеві волокна можуть бути виконані зі смол і адгезивів з олій рослинного походження, олій з водоростей і дріжджових грибів, лігніну та іншої сировини рослинного походження, зокрема лляного волокна.

При цьому вуглецеві волокна можуть бути виконані зі смол і адгезивів з рослинних залишків, які залишаються в ході паперового виробництва, зокрема, у вигляді лігніну, а також інших рослинних залишків, які надають ферментовані дріжджові олії, отримані з дріжджів, для біогенного виробництва вуглецевих волокон на основі поліакрилнітрилу (PAN), графену, смол та зв'язувальних речовин.

При цьому при використанні кам'яної крихти, зв'язаної смолами або мінеральними речовинами, зв'язувальна речовина може містити суміш смоли та мінеральних адгезивів.

При цьому основою мінеральної зв'язувальної речовини може бути розчинне скло.

При цьому стійкий до розтягнення матеріал або, щонайменше, його частина може бути піддана попередній напрузі відносно матеріалу, стійкого до тиску.

Цей винахід описує технічний спосіб, за допомогою якого може бути сконструйована двотаврова балка, наведена як приклад, щоб конвертувати використання композиційного матеріалу на основі CFRP і каменю (CFS – CarbonFaserStein або CarbonFiberStone (Вуглеволокно-Камінь)) у практично здійсненні та оптимізовані структури або геометричні форми, вже відомі у будівельній сфері. Технічне рішення представлено на Фіг. 1-8 у вигляді одного з прикладів реалізації двотаврової балки та однотоаврової балки. Основна задача в даному випадку полягає в тому, як з'єднати поверхні, що проходять перпендикулярно одна одній, методом посадки з натягом без локальних піків напруги, що зумовлюють повне порушення геометричних параметрів ще на початковому етапі через місцеві руйнування. Фрикційне з'єднання поверхонь встановлюється, в принципі, за допомогою клеїв або адгезивів. Це відноситься до виробництва композиційного матеріалу на основі CFRP та каменю (CFS) та з'єднання самих частин CFS між собою. Для цього спочатку готується матеріал основи, показаний на Фіг. 1, що передбачає розміщення шару (4) вуглецевого матеріалу посередині між двома пластинами з каменю.

Потім з'єднувальні частини забезпечуються виступами і пазами у вигляді "ластівчиного хвоста" аналогічно тому, як при теслярських роботах забезпечуються виступами і пазами у вигляді "ластівчиного хвоста" дерев'яні панелі, що оптимізує їх взаємно перпендикулярне з'єднання. Крім того, при використанні дерева в результаті досягається ефект, який полягає в тому, що шари волокна, які перпендикулярно стикаються, з'єднуються один з одним перехресним чином або внахлест, оскільки з'єднання встик без геометричного перекриття було б обмежене тільки склеюванням адгезивом, а отримане клейове з'єднання в результаті було б швидко і повністю зруйновано через недостатню міцність на розтягнення. Завдяки з'єднанню перехідних ділянок на "ластівчин хвіст" майже в повному

обсязі забезпечується передача кінетичної енергії з однієї площини, стійкої до розтягнення, на іншу перпендикулярну площину, стійку до розтягнення, коли ці дві стійкі до розтягнення площини, тобто шари вуглецевого матеріалу в товщі шару/шарів з каменю у наведеному прикладі, який проілюстрований на Фіг. 1-8, просторово перекриваються один з одним у поперечному перерізі.

При проведенні випробувань на злам можна було б довести, що двотаврова балка, виконана з CFS-пластин, може витримувати великі навантаження, аналогічні тим, які витримують сталеві балки, але CFS-балка при цьому має значно меншу вагу, оскільки камінь з питомою вагою $2,8 \text{ г/см}^3$ значно легше сталі, а камінь у поєднанні з вуглецевим матеріалом зумовлює значне зниження викидів вуглекислого газу під час виробництва порівняно зі сталлю. Можна припустити, що таке зниження становить 30-50%. Сама конструкція в цілому демонструє пружність при випробуваннях на злам без розриву з'єднань типу "ластівчин хвіст" при згинанні балки.

Для забезпечення достатньої міцності на розтягнення в нижньому ремені потрібні лише відносно більш тонкі та легкі шари вуглецевого матеріалу, що також знижує загальну вагу відносно загального обсягу. Жорсткість при стисканні на верхньому ремені та в перемишці досягається компонентом у вигляді каменю. Крім вуглецевого матеріалу можуть бути також використані і багато інших волокнистих матеріалів, що залишають значно менший екологічний слід, ніж вуглецеві волокна. Як приклад можна навести такі волокна, як базальтове волокно, скловолокно, кам'яне волокно, сталеве волокно та лляні волокна, які підходять для використання залежно від сфери застосування. Однак з технічної точки зору вуглецеве волокно грає особливу роль, оскільки на відміну від більшості інших волокон воно має значно більш високу жорсткість на розтягнення. Це відноситься, зокрема, до структур на основі графену, які не є волокнами в строгому сенсі цього слова, але які в майбутньому також можуть бути використані як армуючий матеріал.

Ще один ефективний захід щодо додаткового зменшення вуглецевого сліду передбачає отримання вуглецю і графену з відновлюваних джерел ресурсів, наприклад, з олії водоростей або інших олій рослинного походження, з водоростей або дріжджових грибів, вуглецевих волокон з лігніну, тобто з деревних відходів паперового виробництва, або вуглецевих волокон з метанолу, одержуваного синтетичним методом з використанням розширеного синтезу Фішера-Тропша та реакції конверсії водяного газу. Графен може бути отриманий безпосередньо з вуглекислого газу з використанням електроенергії. У цих випадках джерелами частини матеріалу конструкції – у тому випадку, якщо стійкий до розтягнення шар складається з вуглецевих волокон або графену – слугують в основному джерела вуглекислого газу, при цьому вуглець, який раніше негативно впливав на навколишнє середовище, перебуваючи в газоподібному стані у вигляді вуглекислого газу, тепер зв'язаний на постійній основі в товщі волокна і, відповідно, присутній у матеріалі конструкції у твердому стані. Це є однією з причин того, чому вуглецеве волокно відіграє особливу роль як матеріал з високою міцністю на розтягнення.

Докладне розкриття цього винаходу

Один з можливих варіантів здійснення цього винаходу описує на Фіг. 1 і 2 CFS-пластину (1), використовувану як верхній ремінь, і другу нижчележачу стабілізуючу CFS-пластину (2), використовувану як нижній ремінь, причому кожна зі зазначених пластин характеризується наявністю внутрішнього вуглецевого шару (4), а вертикально пластинам (1) і (2) проходить перемишка (3), виконана з CFS і також забезпечена внутрішнім вуглецевим шаром, який надає жорсткості всій конструкції. На Фіг. (1) показані виступи та пази (5) у вигляді "ластівчиного хвоста" для всіх пластин, які надають цим пластинам взаємозамикальної структури, що забезпечує взаємне зчеплення пластин, коли ці панелі з'єднуються між собою за допомогою адгезивів. Оптимізація компонентів досягається за рахунок того, що вміст каменю у верхньому ремені більший, ніж у нижньому ремені, а вміст вуглецю в нижньому ремені більший, ніж у верхньому ремені. Так само може бути оптимізований вуглецевий слід.

На Фіг. 3 та 4 показана структура, проілюстрована на Фіг. 2, у поперечному перерізі (F-F) і (G-G), яка використовується для механічного з'єднання між собою двох пластин (1) і (2) методом посадки з натягом за допомогою виступів і пазів у вигляді "ластівчиного хвоста" через CFS-пластину (3).

Така сама структура показана для таврової балки, проілюстрованої на Фіг. 5-8 як один із прикладів. Дві представлені конструкції відображають принцип з'єднання CFS-пластин шляхом з'єднання в ластівчин хвіст кромки, що підлягають склеюванню одна з одною, щоб також забезпечити можливість з'єднання будь-яких інших структур під прямим кутом або з нахилом та посадки з натягом за рахунок того, що поверхні вуглецевого матеріалу, що має високу міцністю на розтягнення, у поперечному перерізі перетинаються одна з одною або, щонайменше, сходяться на лінії розрізу.

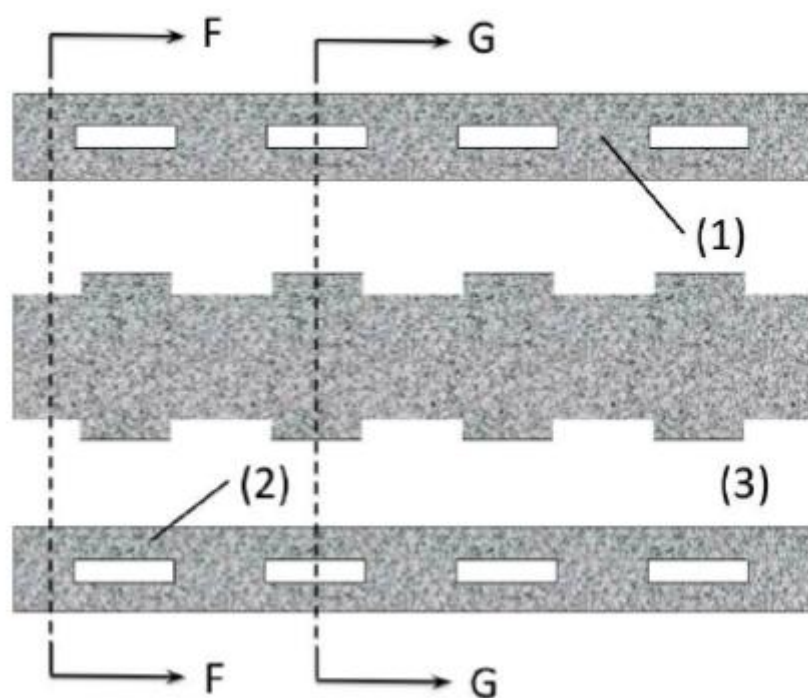


Fig. 1

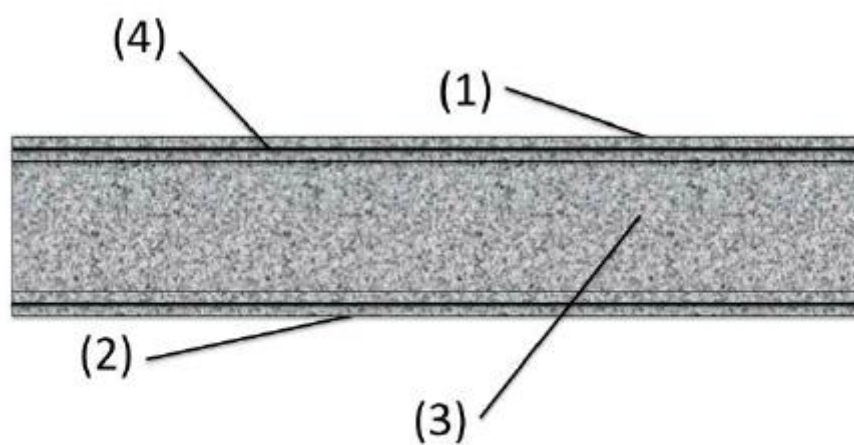
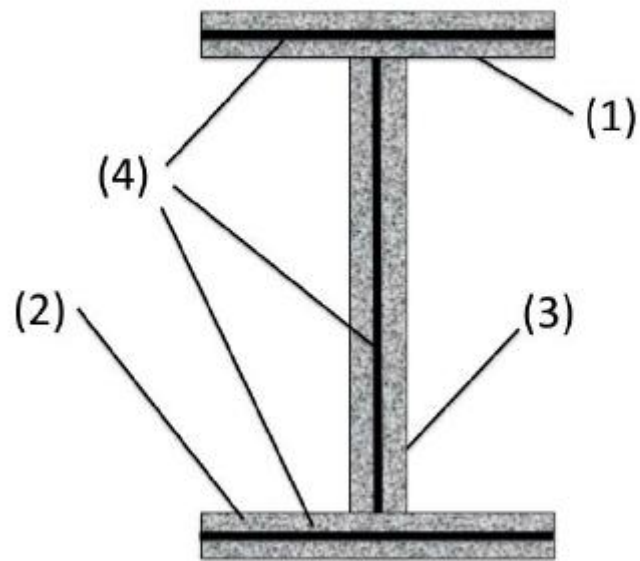


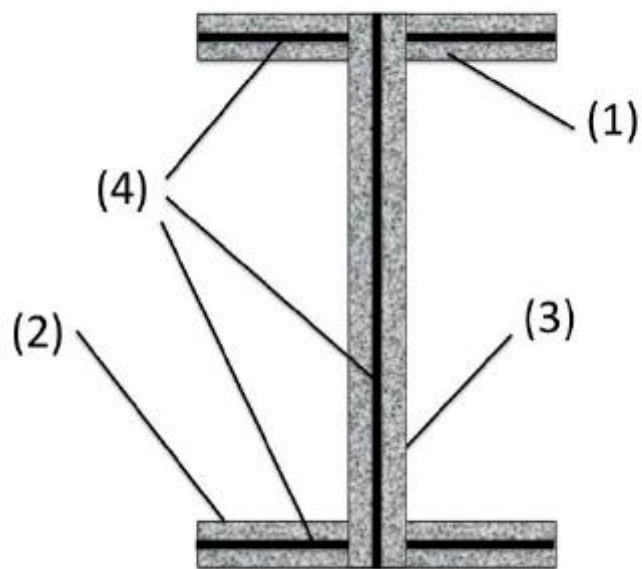
Fig. 2

Поперечний переріз F - F



Фиг. 3

Поперечний переріз G - G



Фиг. 4

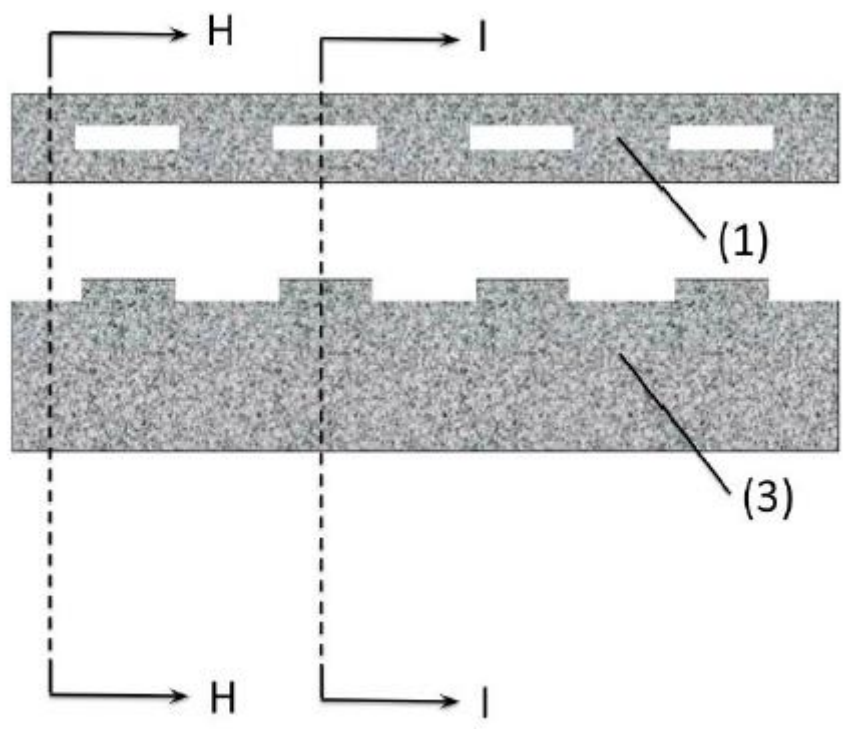


Fig. 5

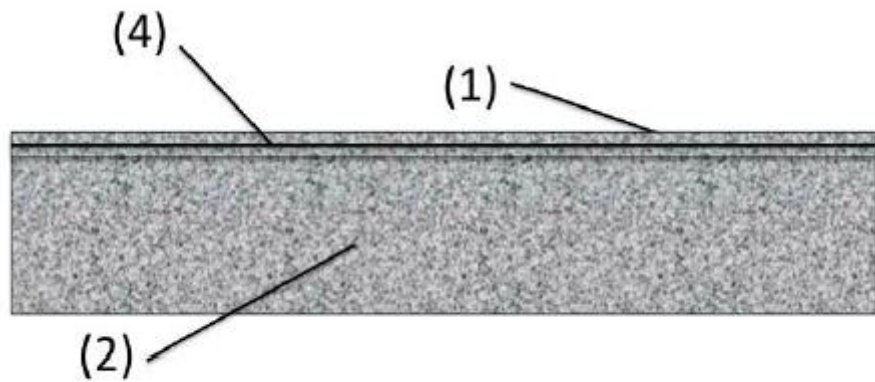
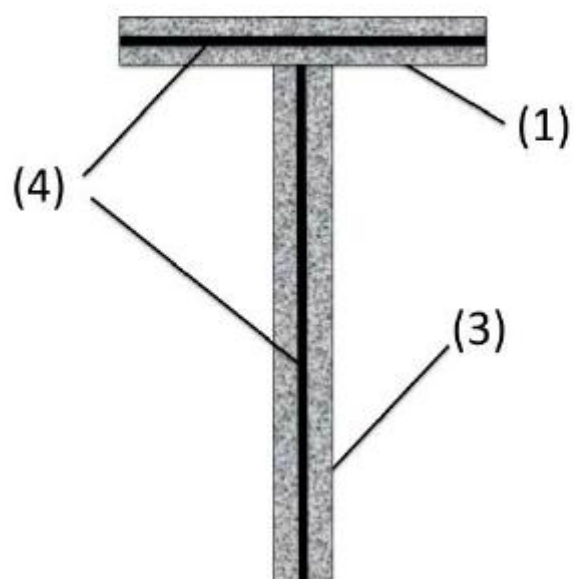


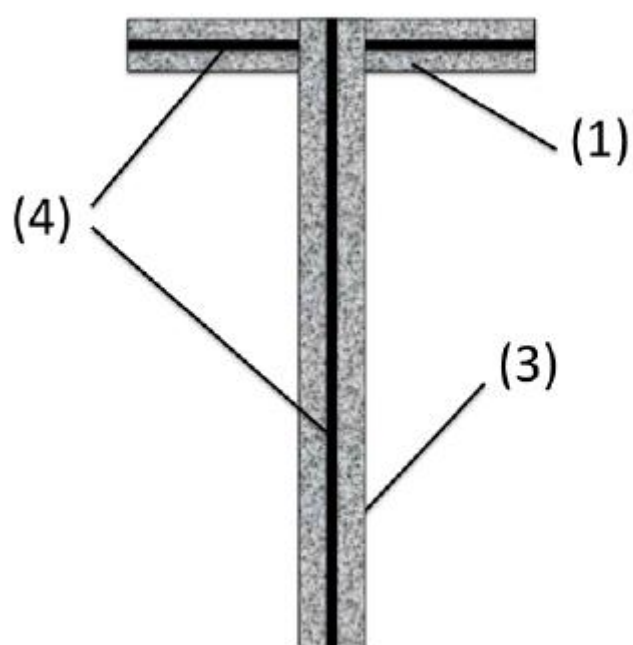
Fig. 6

Поперечний переріз Н - Н



Фиг. 7

Поперечний переріз І - І



Фиг. 8