

УДК 623.438

О. А. СЛИВІНСЬКИЙ, кандидат технічних наук,
доцент

(Національний технічний університет «КПІ»
ім. Ігоря Сікорського, м. Київ),

С. П. БІСИК, кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник,

І. Б. ЧЕПКОВ, доктор технічних наук, професор,

М. І. ВАСЬКІВСЬКИЙ, доктор технічних наук,
професор,

О. В. ЧЕРНОЗУБЕНКО

(Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, м. Київ)

Проблеми виготовлення зварних бронекорпусів вітчизняних бойових броньованих машин

Надані результати аналізу та систематизація основних причин, що призводять до виникнення дефектів у зварних корпусах бойових броньованих машин легкої категорії за масою та визначення основних напрямів їх попередження. Показано, що проблема підвищення якості та забезпечення відповідного рівня балістичної та протимінної стійкості зварних бронекорпусів має комплексний характер, пов'язана зі зварністю застосовуваних на виробництві сталей, організацією та оснащенням зварювального виробництва та конструктивними особливостями корпусів ряду вітчизняних броньованих машин. Аналіз цих факторів дозволив сформувати напрями подолання проблеми, що крім наукового вирішення в основному потребують управлінських і організаційних рішень.

Ключові слова: бойова броньована машина, броньові сталі, дефекти зварювання

Представлены результаты анализа и систематизация основных причин, приводящих к возникновению дефектов в сварных корпусах боевых бронированных машин легкой категории по массе и определению основных направлений их предупреждения. Показано, что проблема повышения качества и обеспечения соответствующего уровня баллистической и противоминной стойкости сварных бронекорпусов носит комплексный характер, связана со свариваемостью применяемых на производстве сталей, организацией и оснащённостью сварочного производства и конструктивными особенностями корпусов ряда отечественных бронированных машин. Анализ этих факторов позволил сформировать направления разрешения проблемы, которая кроме научного решения требует, в основном, управленческих и организационных решений.

Ключевые слова: боевая бронированная машина, броневые стали, дефекты сварки

Від початку збройного конфлікту на сході України необхідність оновлення парку бойових броньованих машин (ББМ), що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України, набула особливої актуальності [1, 2]. Переважну кількість нових зразків ББМ, що надходять у війська, розроблено та виготовлено на державних та приватних підприємствах України.

Старіння виробничої бази, втрата кваліфікованих кадрів за часи відсутності державного фінансування нових розробок у військовій сфері, відсутність необхідного досвіду в низки підприємств, переорієнтованих на виробництво військової техніки, обумовлюють численні випадки виявлення дефектів у ході випробувань та експлуатації нових вітчизняних ББМ. Особливо гостро ця проблема стосується ББМ легкої категорії за масою, бронекорпуси яких являють собою зварні просторові тонколистові конструкції, що складаються із зовнішніх панелей, виготовлених з легованих броньових сталей, з'єднаних між собою та з внутрішнім силовим каркасом. Виникнення тріщиноподібних дефектів на зварних бронекорпусах ББМ призводить до різкого зростання імовірності ураження екіпажу, що, безумовно, недопустимо. Крім того, це підриває довіру військовослужбовців до захисних властивостей нових зразків вітчизняних ББМ.

Слід зазначити, що під час обговорювання зазначеної проблеми основна увага військових експертів та посадових осіб, які приймають управлінські рішення, зосереджена на неякісній броньовій сталі та низькій підготовці зварювального персоналу [3, 4]. Однак такі уявлення не зовсім відповідають дійсності. Адже невід'ємними факторами, що визначають відповідність виготовленого зразка ББМ заявленим тактико-технічним характеристикам (ТТХ) та впливають на захищеність її бронекорпуса, виступають як проектні рішення, так і технологія виготовлення, організація технологічної підготовки та виробничого процесу в цілому (рис. 1). З погляду зварювального виробництва, відповідність бронекорпуса ББМ усім тактико-технічним вимогам та вимогам якості визначається сукупним впливом властивостей та якості основного металу (броньової сталі високої твердості), конструктивних особливостей бронекорпуса, а також виробничих факторів (рис. 2).

Метою статті є аналіз та систематизація основних причин, що призводять до виникнення дефектів у зварних корпусах ББМ легкої категорії за масою та визначення основних напрямів їх попередження.

Проблеми матеріалу зварних бронекорпусів. На сьогоднішній день підприємствами ОПК України для виробництва корпусів нових ББМ легкої категорії за масою застосовуються в основному закуплені за кордоном броньові сталі високої твердості.

У країнах НАТО прокат з броньових сталей за рівнем твердості поділяється на три групи: 1) сталі з твердістю близько 400 НВ (реально – 210...470 НВ) – так звані РНА-сталі (Rolled Homogeneous Armor), що нормуються за військовими ТУ США MIL-DTL-12560; 2) сталі з твердістю близько 500 НВ (реально – 477...534 НВ) – ННА-сталі (High Hard Armor) згідно з

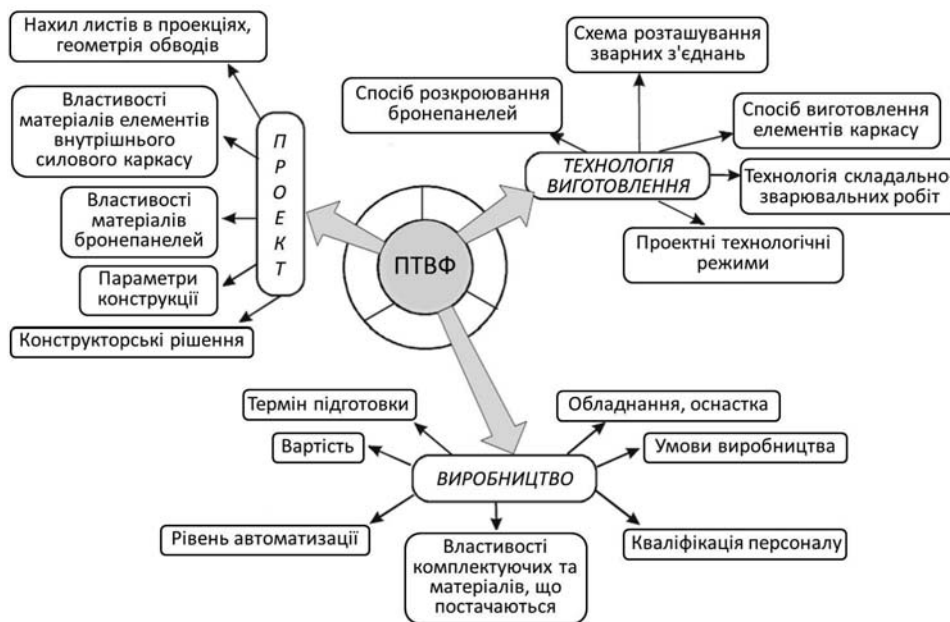


Рис. 1. Проектно-технологічно-виробничі фактори (ПТВФ) захищеності бронекорпусів БМ [5]

MIL-DTL-46100 та 3) сталі з твердістю не менше 570 HB – УНН-сталі (Ultra High Hard Armor) за MIL-DTL-32332.

У зварювальному виробництві корпусів БМ легкої категорії за масою переважно застосовують сталі 2-ї групи (табл. 1). При цьому для забезпечення необхідних службових властивостей листовий прокат зі сталей цієї групи загартовується з наступним низькотемпературним відпуском. У результаті матеріал набуває високих механічних властивостей (границя плинності не менше

1250 МПа, границя міцності більше 1450 МПа, при твердості близько 50 HRC) [6].

У табл. 1 наведено заявлений у рекламних проспектах виробників броньових сталей максимальний вміст легувальних елементів та домішок. Разом із цим, жодний з виробників не надає інформації стосовно мінімального гарантованого вмісту таких елементів, як вуглець, марганець, хром, нікель, молібден та бор, частка яких в складі сталі безпосередньо впливає на комплекс

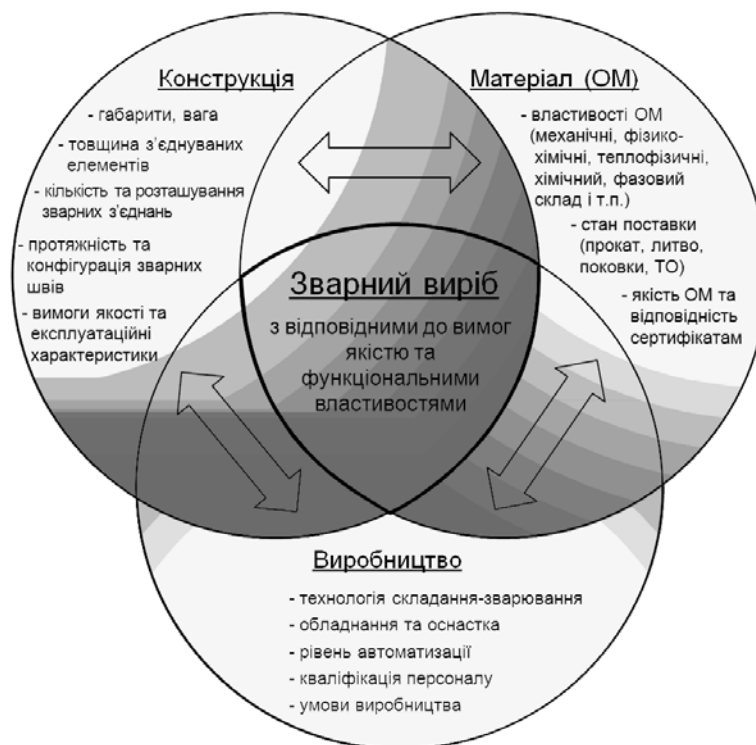


Рис. 2. Концепція технологічної зварності

Таблиця 1. Умовний хімічний склад (максимальний вміст елементів) деяких ННА-сталей закордонного виробництва

| Марка сталі | C,% | Mn,% | Si,% | Cr,% | Ni,% | Mo,% | P,% | S,% | B,% |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|-------|
| ARMSTAL 500 (Польща) | 0,32 | 1,20 | 0,50 | 0,90 | 1,10 | 0,30 | ≤0,015 | ≤0,010 | 0,003 |
| Агтох 500Т (Швеція) | 0,32 | 1,20 | 0,40 | 1,0 | 1,80 | 0,70 | ≤0,015 | ≤0,010 | 0,005 |
| SWEBOR ARMOR 560 (Швеція) | 0,36 | 1,60 | 0,60 | + | - | - | ≤0,020 | ≤0,010 | + |
| Miilux Protection 500 (Фінляндія) | 0,30 | 1,70 | 0,70 | 1,50 | 0,80 | 0,50 | ≤0,030 | ≤0,015 | 0,004 |
| Quardian 500/НВ 500 MOD (Бельгія) | 0,30 | 1,20 | 0,40 | 0,80 | 1,20 | 0,60 | ≤0,015 | ≤0,010 | 0,005 |

+/- міститься/відсутній у складі сталі як легувальний елемент.

її механічних та технологічних властивостей після термічного зміцнення.

Аналіз фактичного складу найбільш активно застосовуваних у вітчизняному бронетанковому виробництві сталей ARMSTAL 500, Miilux Protection 500 та Quardian 500, за даними сертифікатів на листовий прокат, що надходив на підприємства, представлено на рис. 3–5. Символами білого кольору (не зафарбованими) позначено заявлений виробником максимальний вміст елементів.

За результатами проведеного аналізу з 10 плавки сталі ARMSTAL 500 (рис. 3) 2 плавки взагалі не містять бор, 1 сертифікат термообробленого прокату не містить значень його механічних властивостей. Крім того, 2 плавки містять хром, нікель та молібден у більшій кількості, ніж зазначено в табл. 1.

У всіх 16 досліджених плавках сталі Quardian 500 (рис. 4) немає жодного легувального елемента, фактичний вміст якого досягав хоча б 1%, 4 сертифікати термообробленого прокату не містять механічних властивостей.

За результатами аналізу 20 плавки сталі Miilux Protection 500 (рис. 5) жодний сертифікат не містить даних про термообробку та механічні властивості прокату, прокат різної товщини однієї й тієї ж плавки має різний хімічний склад. При цьому в більшості досліджених плавки замість заявленої кількості нікелю та молібдену як легувальних елементів (до 0,8 % та до 0,5 % відповідно) містяться лише їх сліди (менше 0,1 %).

Характерним для всіх досліджених сталей є суттєво менший вміст визначальних для їх механічних властивостей елементів порівняно з рекламними даними. З урахуванням середнього фактичного складу сталі ARMSTAL 500 згідно з ГОСТ 4543–71 могла б одержати позначення 30ХГНМР, сталь Quardian 500 – 26ГНМР. Для порівняння наведемо можливі позначення за ГОСТ 4543–71 протикюльових сталей високої твердості, застосовуваних у СРСР: 26ГСМ, 22ХГСНМ, 35ХСН2М. Принциповою відмінністю закордонних бронесталей високої твердості від радянських аналогів, а також сучасних вітчизняних розробок [7] є відсутність легування кремнієм та мікролегування бором. За рахунок останнього закордонним виробникам вдалося суттєво підвищити прогартовуваність сталі та зменшити вміст традиційних високовартісних легувальних елементів, у

першу чергу нікелю та молібдену. Завдяки цим рішенням спільно з сучасними технологіями позапічної та термо-механічної обробки листовий прокат зі сталей, наведених у табл. 1, у стані поставки після термічного зміцнення може демонструвати механічні властивості не гірші від вітчизняних бронесталей високої твердості. Однак економне легування закордонних сталей, у першу чергу відносно невеликий фактичний вміст молібдену (до 0,3 %) та бору (до 0,002%), обумовлює їх низьку відпускну стійкість. Так, виробник не рекомендує перебільшувати температуру нагрівання матеріалу вище 200°C під час проведення технологічних операцій, пов'язаних зі зварюванням або термічним різанням. Оскільки при електродуговому зварюванні перегрівання основного металу вище зазначеної температури неминуче, метал зони термічного впливу (ЗТВ) зварних з'єднань з цих сталей характеризується відносно протяжними (до 6...8 мм шириною) послабленими внаслідок термічного відпуску ділянками [8–11]. У свою чергу, це обумовлює часті випадки невідповідності зварних складальних одиниць необхідному рівню протикюльової (рис. 6) або протимінної стійкості. Крім того, проведення досліджень з використанням апробованих числових моделей [20–22] також з високою імовірністю матиме сумнівний результат у зв'язку із складністю прогнозування механічних характеристик таких зварних з'єднань.

Брак офіційно викладених у нормативній або технічній документації вимог до хімічного складу броньових сталей з чітко встановленими верхньою та нижньою межами вмісту всіх легувальних елементів та домішок, відсутність належним чином організованого входного контролю на деяких підприємствах ОПК негативно впливають на якість та спеціальні робочі властивості зварних складальних одиниць з цих матеріалів і, таким чином, експлуатаційну надійність виготовлених зразків ББМ. Звичайно, фактичний контроль балістичного та протимінного захисту ББМ здійснюється шляхом натурних випробувань. Однак високий рівень структурної та механічної неоднорідності одержуваних зварних з'єднань [12], обумовлений суттєвим розкидом хімічного складу та, відповідно, фізико-механічних властивостей листового прокату з броньової сталі закордонного виробництва вносить в такі випробування досить

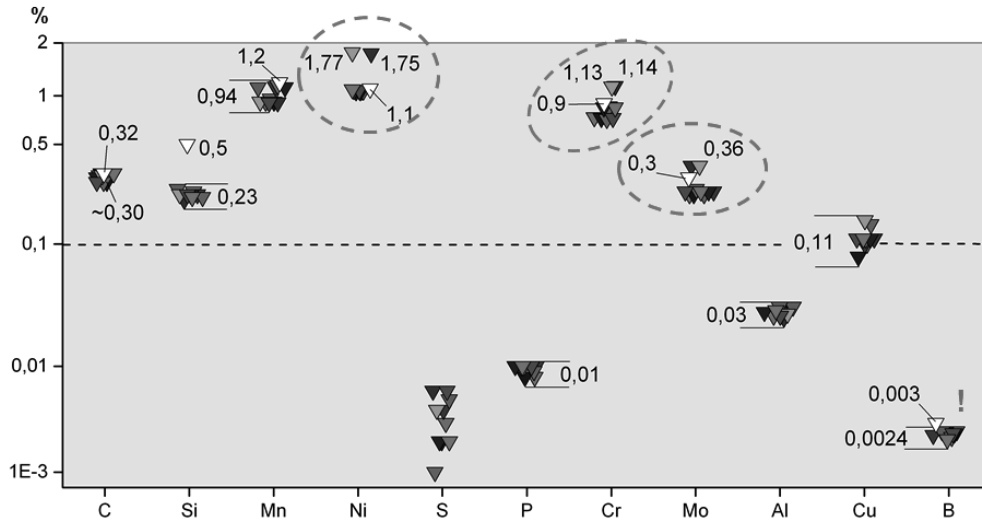


Рис. 3. Фактичний хімічний склад досліджених плавок сталі ARMSTAL 500

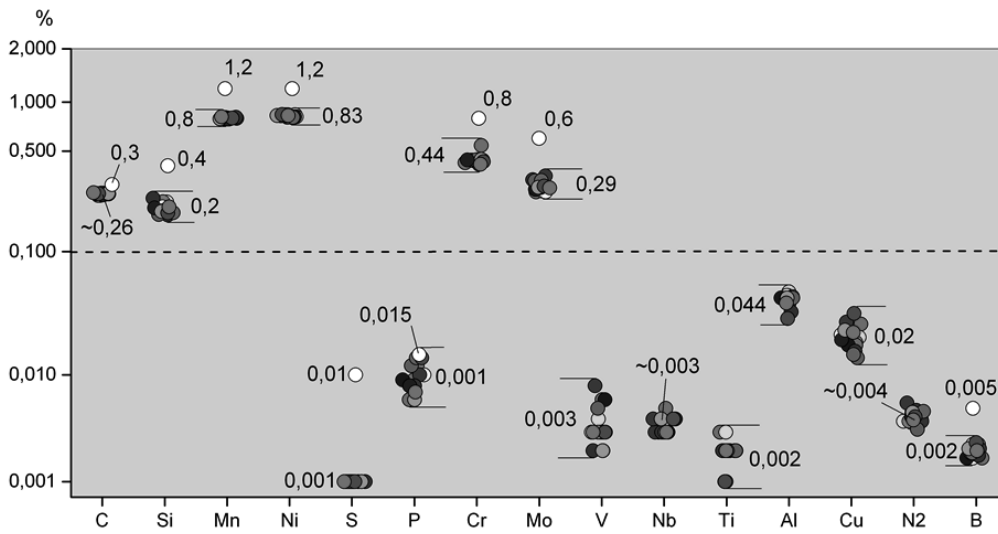


Рис. 4. Фактичний хімічний склад досліджених плавок сталі Quardian 500

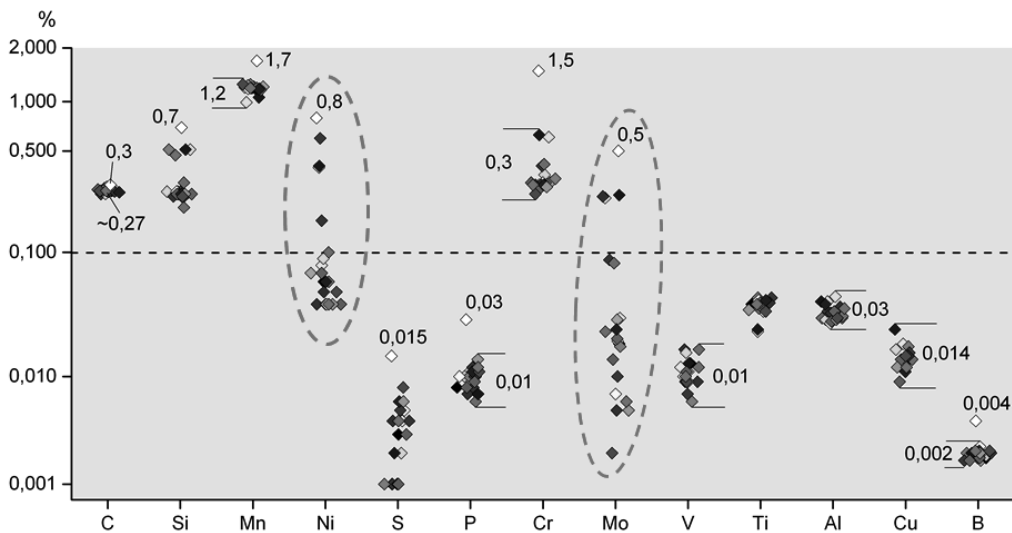


Рис. 5. Фактичний хімічний склад досліджених плавок сталі Miilux Protection 500

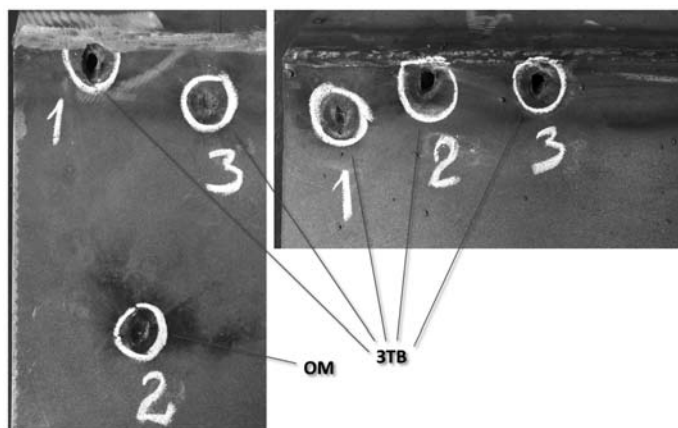


Рис. 6. Деградація балістичної стійкості зварних макетів з броньової сталі високої твердості під впливом обумовлених зварювального тепла структурних перетворень (ОМ – основний метал, що не зазнав впливу зварювальним теплом, ЗТВ – зона термічного впливу)

велику імовірнісну складову. У цьому випадку для забезпечення гарантованого захисту особового складу ББМ вимушеним конструкторським рішенням може бути тільки збільшення запасу за товщиною броньової сталі та, як наслідок, зростання маси ББМ у цілому, що впливатиме на характеристики прохідності й рухомості зразка.

Прикладом нормативного документа, який регламентує вимоги до листового прокату з броньової сталі високої твердості, що надходить від виробника, є розроблені МО США технічні умови військового призначення MIL-DTL-46100E [13], які знаходяться у відкритому доступі. Вимоги до хімічного складу бронесталей згідно з цим документом надані в табл. 2.

Проблеми зварювального виробництва корпусів ББМ. Конструктивними особливостями зварних корпусів ББМ легкої категорії за масою є наявність великої кількості різнотовщинних зварних з'єднань та з'єднань під тупими й гострими кутами з товщиною з'єднаних елементів близько 5...25 мм, а також різнонаправлених зварних швів, що потребують зварювання в складних просторових положеннях або використання спеціалізованого устаткування для переміщення зварюваних виробів. Це обумовлює переважне застосування у виробництві зварних бронекорпусів механізованого електродугового зварювання плавким електродом у захисному газі.

Таблиця 2. Вимоги до хімічного складу бронесталей високої твердості за MIL-DTL-46100E [13]

| Хімічний елемент | Граничний вміст для першої партії, % мас. | Допустимі відхилення для всіх наступних партій, % мас. |
|------------------|---|--|
| C | 0,32 | ³⁾ |
| Mn | Без обмежень, але якщо: < 1,00 > 1,00 | ± 0,15 ± 0,20 |
| P | 0,020 ¹⁾ | ³⁾ |
| S | 0,010 ¹⁾ | ³⁾ |
| Si | Без обмежень, але якщо: < 0,60 > 0,60 to < 1,00 > 1,00 | ± 0,10 ± 0,15 ± 0,20 |
| Ni | Без обмежень ²⁾ | ± 0,25 |
| Cr | Без обмежень, але якщо: < 1,25 ²⁾ > 1,25 | ± 0,15 ± 0,25 |
| Mo | Без обмежень, але якщо: < 0,20 ²⁾ > 0,20 | ± 0,035 ± 0,075 |
| V | Без обмежень ²⁾ | ± 0,075 |
| B | 0,003 | ³⁾ |
| Cu | 0,25 ²⁾ | ³⁾ |
| Ti | 0,10 ²⁾ | ³⁾ |
| Al | 0,10 ²⁾ | ³⁾ |

¹⁾ Вміст P та S повинний утримуватись на найнижчому рівні, спільний вміст P + S мас не перебільшувати 0,025%.

²⁾ Якщо фактичний вміст елемента не перебільшує 0,02 %, то в сертифікаті проставляється < 0,02 %.

³⁾ Вміст елемента мас не перебільшувати наведене граничне значення.

Таблиця 3. Хімічний склад наплавленого металу для деяких дротів, застосовуваних при зварюванні бронесталей

| Зварювальний дріт | Масова частка елементів, % | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-------|-------|
| | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | S | P |
| Св-08Х20Н9Г7Т (ГОСТ 2246-70) | 0,09 | 0,6 | 6,8 | 19,8 | 9,1 | - | 0,64 | - | 0,004 | 0,008 |
| ESAB OK Autrod 16.95 – G 18 8 Мп (ДСТУ EN ISO 14343) | 0,07 | 0,9 | 6,9 | 17,9 | 7,7 | 0,2 | - | 0,2 | 0,01 | 0,02 |
| ХОРДА 307Ti – G 18 8 Мп Ti (ДСТУ EN ISO 14343) | 0,08 | 0,70 | 5,9 | 17,9 | 8,0 | - | 0,47 | - | 0,011 | 0,024 |

Від початку 80-х рр. минулого століття у вітчизняному танкобудуванні для зварювання в захисному газі протикюльових сталей високої твердості почали застосовувати високолегований зварювальний дріт аустенітного класу Св-08Х20Н9Г7Т [14], аналогічний традиційно застосовуваному для з'єднання товстостісної протиснарядної броні. Наразі ця марка зварювального дроту поступово замінюється у виробництві вітчизняними та закордонними аналогами (табл. 3).

Як видно з табл. 3, у шві намагаються одержати високолеговану хром-нікель-марганцеву сталь, що не зазнає поліморфного перетворення та зберігає аустенітну структуру до повного остигання зварного з'єднання. За умови призначення раціональних параметрів режиму зварювання та правильної техніки виконання зварних швів це дозволяє уникнути утворення тріщин у зварних з'єднаннях завдяки високому рівню пластичності металу аустенітного зварного шва та високій розчинності водню в ньому.

Аустенітний метал зварного шва характеризується високою живучістю під обстрілом, тобто здатністю не руйнуватись при завданні уражень поза межами шва. Однак при застосуванні подібних зварювальних матеріалів рівномірність металу зварного з'єднання

не забезпечується, а необхідний рівень кулестійкості зварних вузлів досягається їх конструктивним виконанням: застосуванням зварних з'єднань, в яких одна з деталей повністю закриває шов, або спеціальних вузькозачорних, шипових, пазових і т. п. зварних з'єднань. Неопрацьованість у виробництві технології виконання подібних з'єднань зі спеціальних сталей при застосуванні високолегованих аустенітних дротів та сучасних захисних газових сумішей спричиняє масові дефекти форми швів: несплавлення крайок та неповари (рис. 7).

З урахуванням зазначеної раніше надмірної теплової чутливості закордонних бронесталей забезпечення при їх зварюванні якісного формування металу шва одночасно з попередженням гартівних тріщин та запобіганням знеміцнення окремих ділянок ЗТВ являє собою складну науково-технічну задачу. З показаної на рис. 8 діаграми температурного режиму зварювання термозміцнених сталей видно, що за відсутності попереднього підігріву діапазон допустимих режимів зварювання для цих матеріалів є доволі вузьким. Якщо погонна енергія зварювання виходитиме за межі цього діапазону, підвищуватиметься небезпека утворення гартівних тріщин, або, навпаки, через надмірне тепловкладення в зварюваний метал відбуватиметься знеміцнення ЗТВ

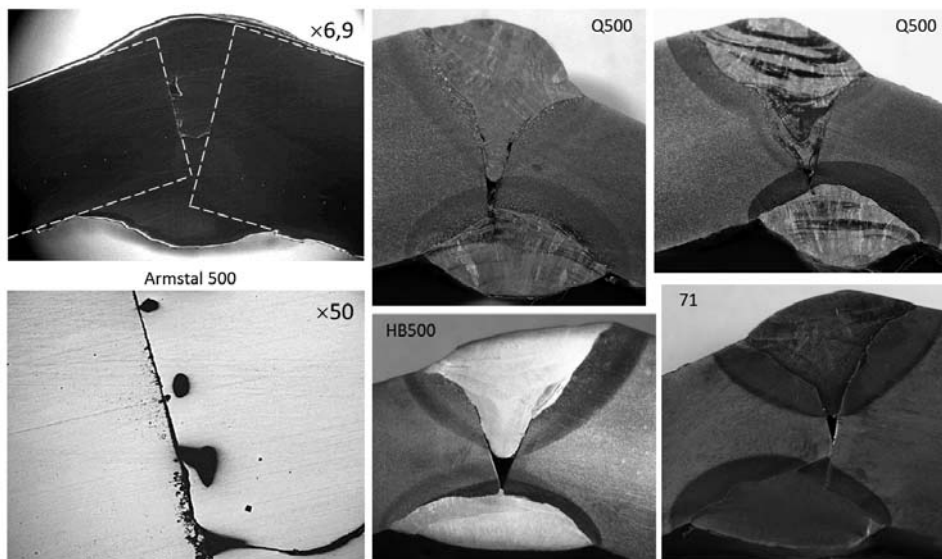


Рис. 7. Неповари зварних з'єднань броньових сталей високої твердості: ARMSTAL 500, Quardian 500, HB 500 MOD, сталь «71»

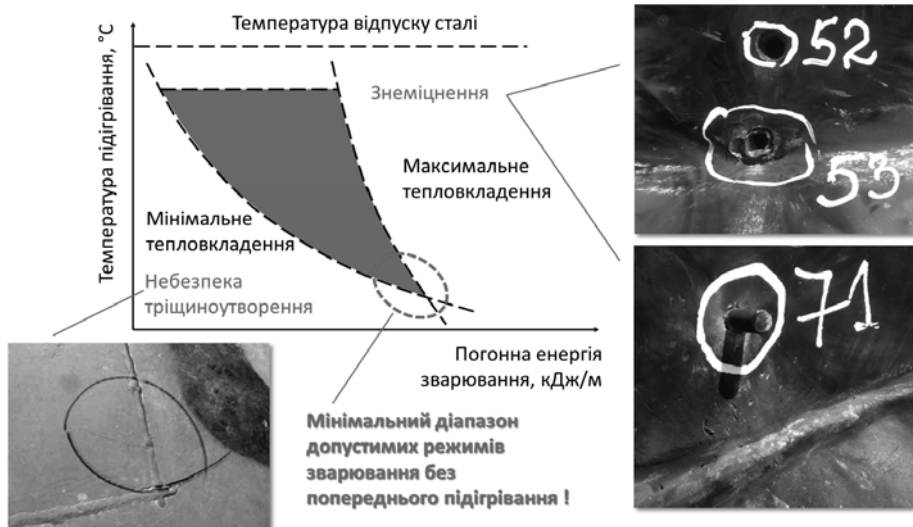


Рис. 8. Діаграма температурного режиму зварювання загартованих низьковідпущених сталей [15]

зварних з'єднань й, відповідно, зростатиме імовірності її пробиття засобами ураження.

Проведені дослідження з впливу зварювального тепла на структуру, фазовий склад та механічні властивості металу ЗТВ закордонних броньових сталей високої твердості [8, 9] вказують на необхідність обмеження погонної енергії зварювання так, щоб швидкість охолодження металу ЗТВ в міжкритичному інтервалі температур була не меншою за приблизно $15^{\circ}\text{C}/\text{с}$. На практиці виконання цієї умови не завжди може забезпечуватись підбором параметрів режиму зварювання, який налаштовується по зварювальному дроту, а не по основному металу. Адже аустенітний дріт має значно нижчу теплопровідність та меншу температуру плавлення, ніж основний метал.

Перспективними шляхами вирішення проблеми оптимізації температурного режиму зварювання броньових сталей високої твердості аустенітними матеріалами можуть бути впровадження зварювання пульсуючим струмом, застосування спеціалізованої тепловідвідної оснастки, зварювання на прямій полярності, застосування спеціалізованих газових сумішей для підвищення ККД дуги, впровадження гібридних лазерно-дугового та плазмово-дугового процесів. Реалізація цих заходів потребує на сьогоднішній день проведення широкого кола пошукових, параметричних та експериментальних досліджень.

Крім проблем технологічного характеру зварювальне виробництво корпусів БМ на багатьох вітчизняних підприємствах потерпає від недооснащеності



Рис. 9. Приклади низького рівня організації складально-зварювальних робіт корпусів БМ через брак спеціалізованого устаткування для складання та переміщення зварюваних конструкцій

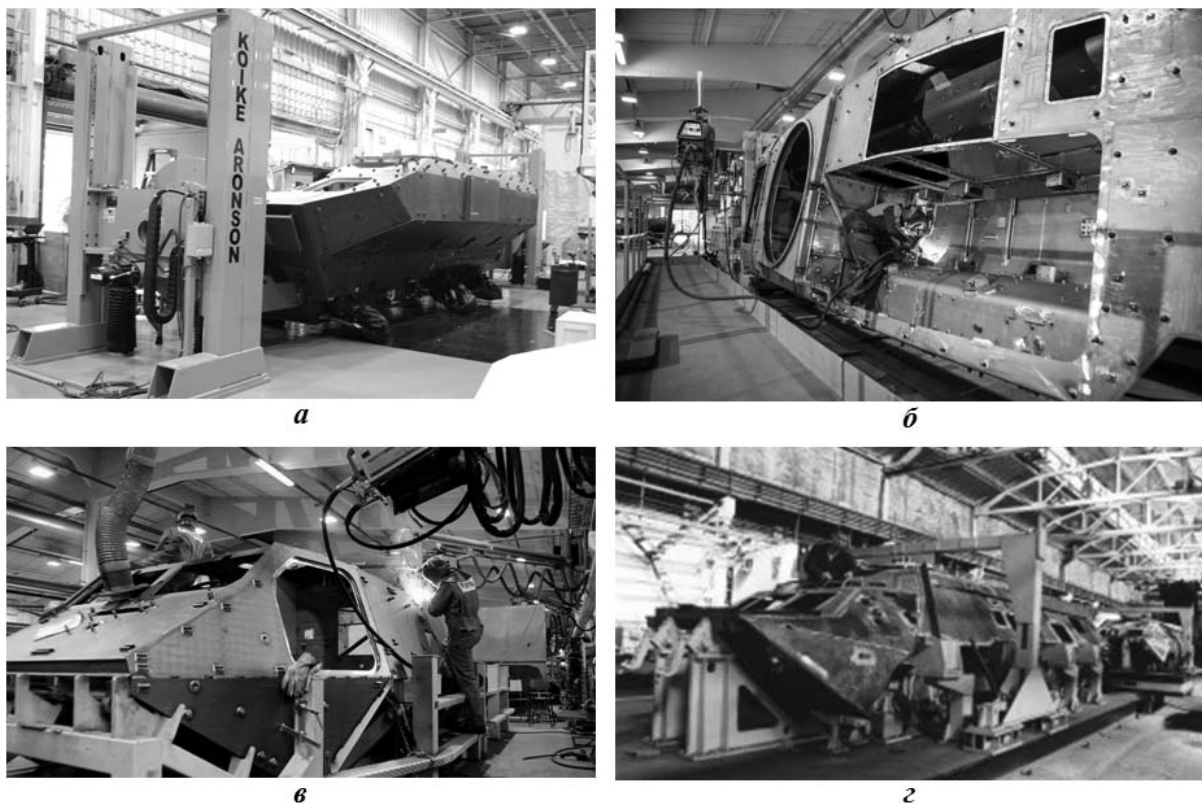


Рис. 10. Приклади виробництв, оснащених необхідним устаткуванням для складання та переміщення зварюваних корпусів БММ:

a – плаваючих бронетранспортерів ACV 1.1 для корпусу морської піхоти США (BAE Systems) [16]; *б, в* – бронетранспортерів Patria AMV та Patria Pasi APC (Patria Plc) [17]; *з* – бронетранспортерів БТР-3 («Азовмаш», 2000 р.) [18]

спеціалізованим устаткуванням для складання та переміщення зварюваних конструкцій. У першу чергу це стосується заводів, які до 2014 року виконували лише дрібносерійний ремонт військової техніки, що перебувала на озброєнні ЗСУ, а також деяких комерційних підприємств, що в останні три роки розпочали модернізацію ще «радянських» зразків БММ або розробку та виготовлення власних зразків.

На рис. 9 наведено приклади вимушено архаїчної організації складально-зварювальних робіт через зазначені причини. Можна бачити, що складання корпусів БММ здійснюється за допомогою примітивних пристосувань, які приварюються до поверхні з'єднаних деталей. Це ускладнює одержання необхідної геометричної форми зварних вузлів та виробів та дотримання розмірної точності конструктивних елементів зварних швів. Також знижується продуктивність складально-зварювальних робіт через необхідність видалення приварених до корпусу пристосувань після завершення зварювання. Відбувається небажане перегрівання чутливих до зварювального тепла сталей у місцях, не передбачених конструкторською документацією. Через розміщення складених корпусів на нерухомих опорах зварювальник вимушений виконувати шви не тільки в нижньому та горизонтальному положеннях, а і на вертикальній площині, у важкодоступних місцях.

Приклади сучасних рішень з оснащення складально-зварювальних ділянок необхідним спорядженням для виробництва корпусів БММ зображено на рис. 10. При цьому слід відзначити, що ще наприкінці 90-х років, під час виконання контракту для інозамовника, українським підприємством «Азовмаш» застосовувалися спеціалізовані складально-зварювальні стапелі при поточному виготовленні корпусів БТР-3 (рис. 10, *з*).

Забезпечення складальних та зварювальних ділянок необхідним спорядженням та технологічною оснасткою не тільки підвищує продуктивність виготовлення зварних бронекорпусів, але і покращує умови праці та зменшує навантаження на виробничий персонал. У свою чергу, це знижує імовірність виникнення дефектів зварних з'єднань та підвищує експлуатаційну надійність готових виробів. Адже кожний геометричний дефект або дефект суцільності в металі зварного шва виступає потужним концентратором напружень та здатний, в умовах дії експлуатаційних навантажень (погодні фактори, вібрація, вибухові та ударні впливи), виступати осередком крихкого руйнування корпусу БММ.

Конструктивні особливості корпусів вітчизняних легких БММ. До конструктивних особливостей корпусів вітчизняних БММ легкої категорії за масою, у першу чергу різноманітних зразків, запропонованих комерційними виробниками, слід віднести надмірну кількість

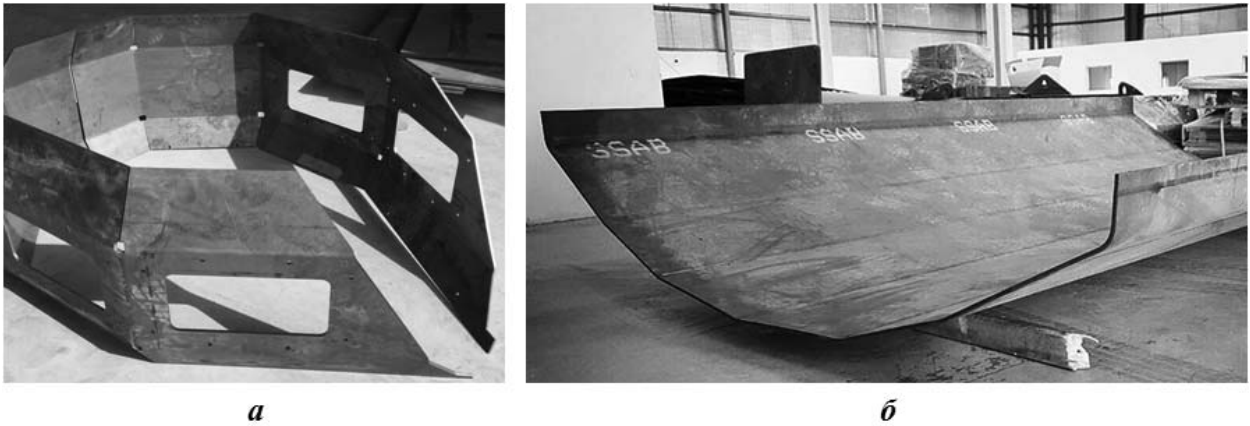


Рис. 11. Гнуті деталі у виробництві ББМ легкої категорії за масою компанії Advanced Armour Engineering [19]:

a – заготівка башти зі сталі Ruuki Ramor 500; *б* – заготівка днища MRAP зі сталі Armoх 500Т

зварних з'єднань. Застосування розглянутих вище сталей закордонного виробництва (табл. 1), враховуючи високу чутливість цих матеріалів до зварювального тепла, вимагає додаткових заходів для забезпечення належного рівня бронестійкості металу зварних з'єднань: екранування корпусу додатковими елементами бронезахисту або застосування додаткових броненакладок в місцях зварного з'єднання. Крім цих підходів конструкції корпусів сучасних зразків ББМ закордонної розробки характеризуються широким впровадженням штампованих та гнутих деталей (рис. 11).

Зрозуміло, що для широкого застосування у виробництві вітчизняних ББМ легкої категорії за масою гнутих деталей необхідне дооснащення підприємств відповідним устаткуванням для обробки тиском. Проте загальне зменшення числа зварних швів у конструкції знижуватиме імовірність виникнення тріщин та ризику пробиття бронекорпусів через знеміцнення основного металу.

Висновки. Таким чином, з проведеного аналізу можна відзначити такі актуальні проблеми вітчизняного виробництва зварних корпусів ББМ легкої категорії за масою.

1. Наявність у прокаті із закордонних броньових сталей суттєвого розкиду за хімічним складом та відсутність належного вхідного контролю хімічного складу і механічних властивостей одержуваних матеріалів з боку підприємств-виробників.

2. Невідповідність організації зварювального виробництва та застосовуваної технології зварювання на ряді вітчизняних підприємств вимогам, обумовленим зварністю закордонних броньових сталей високої твердості, рекомендаціями виробників сталей з їх зварювання та термічної обробки, а також типам зварних з'єднань та зварювальним матеріалам, зазначеним у конструкторській та технологічній документації на виріб.

3. Недостатня кваліфікація робітників-зварювальників, відсутність посади головного зварювальника на деяких підприємствах.

Сукупний вплив наведених факторів обумовлює недостатній рівень технологічної міцності зварних вузлів

із закордонних броньових сталей, експлуатаційної надійності та балістичної і вибухової стійкості виготовлених корпусів ББМ.

Вирішення зазначених проблем потребує таких заходів:

1. Розробку технічних умов (ТУ) на прокат листовий малої та середньої товщини з броньових сталей високої твердості з регламентованими вимогами до хімічного складу, фізико-механічних властивостей, балістичної стійкості та, за потреби, інших характеристик.

2. Впровадження розроблених ТУ в систему вхідного контролю підприємств, задіяних у виготовленні ББМ легкої категорії за масою.

3. Конструювання та виготовлення спеціалізованої складально-зварювальної оснастки для вітчизняних підприємств з виробництва корпусів ББМ, збільшення на них номенклатури устаткування для переміщення зварюваних конструкцій, підвищення рівня механізації та автоматизації зварювальних робіт, впровадження неруйнівних методів вихідного та проміжного контролю якості.

4. Підвищення балістичної, вибухової стійкості, живучості та технологічної міцності зварних з'єднань броньових сталей високої твердості шляхом оптимізації конструкції зварних вузлів, раціонального вибору зварювальних матеріалів, розробки та впровадження технологій зварювання зі зниженим тепловим впливом на основний метал.

5. Розробку та впровадження на виробництві технологічного регламенту (ТР) зі зварювання броньових сталей високої твердості, організацію навчання та підвищення кваліфікації робітничого та інженерного персоналу підприємств, задіяного у зварювальному виробництві корпусів ББМ.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Бісик С. П., Чепков І. Б., Васьківський М. І., Давидовський Л. С., Корбач В. Г., Висоцький О. М., Захаревич Д. М. Теоретична оцінка протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» // Озброєння та військова техніка : щокв.

- наук.-техн. журн. / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2016. № 1 (9). С. 26–31.
2. Бісик С. П., Бойко Г. О. Деякі дані сучасного стану й тенденцій розвитку колісних бойових броньованих машин // Озброєння та військова техніка : шокв. наук.-техн. журн. / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2014. № 3 (3). С. 20–24.
 3. Броня дала тріщину: поставки українській армії бойових машин «Дозор-Б» знову зриваються. URL: <https://www.unian.ua/war/1310279-bronya-dala-trischinu-postavki-ukrajinskiy-armiji-boyovih-mashin-dozor-b-znovu-zrivayutsya-zmi-foto.html>.
 4. Потерять \$2,5 млрд: Кто подарил Кремлю крупнейший военный контракт Украины. URL: <https://kh.depo.ua/rus/kh/irakskiy-kontrakt-hto-zgubiv-naybilshe-viyskove-zamovlennya-ukrayini-20170904633391>.
 5. Литвиненко А. В., Ткачук Н. А., Литвин Б. Я., Шейко А. И. Общий подход к проектно-технологическому обеспечению защищенности бронекорпусов транспортных средств специального назначения // Механіка та машинобудування. 2012. № 2. С. 221–229.
 6. Сливінський О. А., Бісик С. П., Чернозубенко О. В. Здатність до зварювання та службові характеристики броньових сталей іноземного виробництва // Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки : IV Міжн. наук.-прак. конф., 12–13 жовт. 2016 р. : тези доповідей. К., 2016. С. 167–169.
 7. Позняков В. Д., Костин В. А., Гайворонский А. А., Моссоковская И. А. [и др.]. Влияние термического цикла сварки на структурно-фазовые превращения и свойства металла ЗТВ среднеуглеродистой легированной стали типа 30X2H2MФ // Автомат. сварка. 2015. № 2. С. 8–15.
 8. Сливінський О. А., Бісик С. П. Фазовий склад та механічні властивості металу навколошовної ділянки зварних з'єднань броньових сталей закордонного виробництва // Інноваційні технології та інжиніринг в зварюванні і споріднених процесах «PolyWeld-2016» : Міжн. конф., 26–27 травня 2016 : збірн. доп. К., 2016. С. 154–158.
 9. Сливінський О. А., Бісик С. П., Чернозубенко О. В. Структура та властивості зварних з'єднань броньових сталей закордонного виробництва // Технологічні системи. 2016. № 3 (76). С. 103–112.
 10. Сливінський О. А., Коваленко В. Л., Перепічай А. О. Вплив зварювального тепла на знеміцнення металу зони термічного впливу броньової сталі // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ : Міжн. наук.-техн. конф., 11–12 трав. 2017 р. : зб. тез доп. Львів : НАСВ, 2017. С. 59–60.
 11. Сливінський О. А., Тонкушіна К. Д. Вплив легувальних елементів на фазовий склад та механічні властивості зони термічного впливу броньової сталі НВ500Mod // Зварювання та споріднені процеси і технології : X всеукр. міжгалузева наук.-техн. конф., 8–9 черв. 2017 р. : тези доповідей. К, 2017. С. 35–36.
 12. Сливінський О. А., Ковтонюк М. М., Бісик С. П. Неоднорідності зварних з'єднань броньових сталей високої твердості // Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки : V Міжн. наук.-прак. конф., 10–13 жовт. 2017 р. : тези доповідей. К, 2017. С. 192–194.
 13. MIL-DTL-46100E «Armor Plate, Steel, Wrought, High-Hardness».
 14. Быков А. Н., Мельник А. Д., Проворная А. Е. Исследование сварного шва броневой стали БТ-70Ш // Вестник бронетанковой техники. 1981. № 1. С. 47–49.
 15. Quenched and Tempered Steels, Australian Welding Research Association, 1985, Techn. Note 15, Milsons Point.
 16. BAE Systems Completes First Production ACV, Will Display It At Modern Day Marine. URL: <https://news.usni.org/2016/09/21/bae-systems-completes-first-production-acv-will-display-modern-day-marine>.
 17. Patria – trusted provider of armored wheeled vehicles and mortar systems. URL: <https://www.kemppi.com/ru/otzyvy/patria/>.
 18. Про недавнее интервью с первым заместителем гендиректора госконцерна «Укроборонпром». URL: <https://andrei-bt.livejournal.com/385822.html>.
 19. Bending ARMOX & CNC bending. URL: <http://www.armoueng.com/en/bending.php>.
 20. Підхід до оцінки протимінної стійкості корпусів бойових броньованих машин з урахуванням зварних з'єднань // Наука і техніка Повітряних Сил ЗС України / ХНУПС ім. Кожедуба. Вип. 3 (28). X. : ХНУПС ім. Кожедуба, 2017. С. 121–127.
 21. Бісик С. П., Чернозубенко О. В., Схабицький В. Р., Сливінський О. А., Ханюков В. А. Числове моделювання пробиття гомогенної перешкоди ударниками з різною формою головної частини // Озброєння та військова техніка : шокв. наук.-техн. журн. / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2017. № 2 (14). С. 17–22.
 22. Бісик С. П., Чернозубенко О. В., Сливінський О. А., Схабицький В. Р., Корбач В. Г. Порівняння ефективності підходів до числового моделювання пробиття ударником гомогенної перешкоди // Озброєння та військова техніка : шокв. наук.-техн. журн. / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2017. № 3 (15). С. 17–22.

Рецензент С. В. Лапицький, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)