

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИМЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ

В.Г. Пинаев¹, В.М. Андрианов²

¹ЗАО «Редукционно-охладительные установки», г. Барнаул

²ООО «АлтайКапиталСтрой», г. Барнаул

В работе рассмотрены перспективы применения биметаллов в судостроении и судоремонте, в том числе как конструктивные элементы в качестве переходников для соединения деталей из разнородных деталей и сплавов.

Ключевые слова: *сварка взрывом, биметаллы, композиционные материалы*

EXPERIENCE AND PROSPECTS OF USE OF BIMETALS, RECEIVED BY WELDING BY EXPLOSION IN SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR

V.G. Pinayev¹, V.M. Andrianov²

¹ ROU Co., Barnaul

²«Altaykapitalstroy», Barnaul

In work prospects of use of bimetals in shipbuilding and ship repair, including as constructive elements as adapters for connection of details from diverse details and alloys are considered.

Keywords: *welding by explosion, bimetals, composite materials*

В последнее время в машиностроении все больше проявляется потребность в многослойных композиционных материалах, в частности в биметаллах, сочетающих в себе прочность, низкие деформативность и стоимость конструкционного слоя и специальные свойства тонкого плакирующего покрытия – стойкость против коррозии, кавитации, различных видов износа, антифрикционность, электропроводность и др. Кроме того, биметаллы могут применяться как конструктивные элементы в качестве переходников для соединения деталей из разнородных деталей и сплавов.

Одним из перспективных способов получения биметаллов является сварка взрывом [1]. Сущность процесса заключается в следующем (рис. 1): под действием высокого давления расширяющихся продуктов взрыва метаемая пластина приобретает скорость порядка нескольких сотен метров в секунду и соударяется с неподвижной пластиной под определенным углом; вследствие высоких скоростей соударения и давления в зоне контакта происходит очистка поверхностей, их активация и образование соединения в твердой фазе.

К основным преимуществам сварки взрывом перед другими способами сварки и плакирования:

- возможность соединения практически любых металлов, в том числе трудносвариваемых и не соединяемых обычными методами;
- высокая производительность процесса при плакировании крупногабаритных изделий по сравнению с наплавкой и заливкой;
- кратковременность и простота осуществления процесса;
- получение равномерных плакирующих слоев практически любой толщины за счет применения высококачественного листового проката.

Как известно, в судостроении широкое применение нашли алюминиевые сплавы. Несмотря на их более высокую стоимость по сравнению со сталями, судовые конструкции из алюминиевых сплавов окупаются быстрее благодаря целому ряду преимуществ [2]: малому удельному весу, низким магнитным свойствам и коррозионной стойкости наряду с достаточно высокой прочностью.

Цельноалюминиевые конструкции изготавливают, как правило, с помощью сварки; соединение же алюминиевых деталей со стальными может выполняться с помощью

клепки или сварки через биметаллические переходные элементы (рис.2). Сварка, естественно, процесс менее трудоемкий по сравнению с клепкой. Кроме того, получаемые соединения более надежны. Технология сварки алюминиевых сплавов со сталью с использованием биметаллических переходников внедрена, например, для соединения выгородок надстройки со стальной палубой судна. Биметалл для переходников можно получать как путем прокатки, так и посредством сварки взрывом. Однако возможности прокатки ограничены при получении переходников с толщиной составляющих биметалла более 5 мм, а также имеющих значительные размеры по площади.

В настоящее время биметаллические переходники, полученные путем сварки взрывом, находят все более широкое применение за рубежом [1-3].

В Польше на Гданьской судовой верфи построено несколько судов с применением именно таких промежуточных элементов (сталь + алюминиевый сплав) [4]. Переходники вырезались из трехслойных листов: судостроительная сталь (толщина 20 мм) - подслоя чистого алюминия (6 мм) + алюминево-магниевого сплава (10 мм). Отмечается, что переходники, полученные посредством сварки взрывом, характеризуются высокой коррозионной стойкостью и прочностными свойствами.

В Югославии на судовой верфи в Сплите построено судно для Финляндии, в котором для соединения алюминиевой надстройки со стальной палубой использованы полосы из биметалла [5]: сталь (20 мм) + чистый алюминий (6-10 мм) + алюминево-магниевого сплава (5-8 мм). Полученные путем сварки соединения обладают высокой прочностью при статических и циклических нагрузках. По данным работы [6], при постройке эсминца с применением биметаллических переходных элементов масса корпуса благодаря использованию надстроек из алюминиевых сплавов была снижена на 100 т.

В Алтайском НИИ технологии машиностроения (АНИТИМ) создана промышленная технология производства такого биметалла, который был успешно применен на Невельском судоремонтном заводе при ремонте судов с использованием сталеалюминиевых переходников.

При необходимости методом сварки взрывом можно получать и другие композиции для изготовления переходных элементов

(сталь + титан + алюминий и др.). Посредством биметалла можно соединять не только листы, но и трубы, изготовленные из различных материалов. Кольцевые переходные элементы при этом получают из биметаллической заготовки путем механической обработки или штамповки.

Кроме того, имеются другие перспективные области применения биметаллов. Так, в работе [7] проанализированы потенциальные преимущества строительства больших и малых судов с использованием в качестве обшивки стальных листов, плакированных медно-никелевым сплавом, имеющим необрастающие свойства. Экономический эффект при этом обусловлен уменьшением расхода топлива, повышением эксплуатационной скорости судна, увеличением межремонтных периодов, экономией средств на окраску корпуса.

Следует также рассмотреть и другие возможности применения сварки взрывом в судостроении и судоремонте.

С целью экономии дефицитных материалов целесообразно, например, изготавливать из биметалла (сталь + нержавеющая сталь или сталь + алюминий) емкости для хранения на судне пресной воды.

Большим резервом экономии цветных металлов может служить замена цельнометаллических деталей на биметаллические. Так, условия работы вкладышей и втулок в узлах трения судовых механизмов позволяют выполнять их двухслойными с основой из стали и внутренним тонким антифрикционным слоем из бронзы или латуни (рис.3). Наиболее подходящим способом изготовления подобных двухслойных изделий является сварка взрывом, обеспечивающая равномерность и высокую прочность плакирования, отсутствие дефектов лития и необходимости в больших припусках на последующую механическую обработку.

Детали и узлы, работающие в условиях интенсивного ударного или ударно-абразивного износа, преимущественно упрочняют путем наплавки износостойкой стали Гадфильда. Зачастую низкое качество наплавленного металла (химическая и структурная неоднородности, растрескивание и др.), высокие трудоемкость и энергоемкость существенно снижают эффективность этого технологического процесса. В связи с этим весьма перспективным является использование биметаллической композиции: низкоуглеродистая сталь + сталь 110Г13, полученной

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИМЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ

сваркой взрывом. В этом случае, хорошо свариваемая низкоуглеродистая сталь толщиной 4-6 мм, плакированная сваркой взрывом на износостойкую сталь Гадфильда, служит переходным слоем для приварки детали к несущей конструкции. Такой биметалл успешно применяется на предприятиях Минречфлота для полозков каретки черпака земснаряда.

Учитывая значительные объемы механической обработки на предприятиях судостроения и судоремонта и дефицит инструментальных материалов, очевидно, целесообразно внедрять биметаллический инструмент. Изготовленные из биметалла плоские протяжки (рис.4), тангенциальные и призматические резцы, вырубные штампы, у которых только режущая часть выполнена из инструментальной стали, позволяют экономить, например,

до 80% вольфрамосодержащих материалов. Стойкость инструмента из биметалла, полученного методом сварки взрывом, находится на уровне, соответствующем стойкости серийного цельнометаллического инструмента [8].

Что же касается основных механических свойств таких биметаллов, то они соответствуют приблизительно уровню свойств аналогичных биметаллов, полученных наиболее распространенным способом – пакетной прокаткой. Прочность соединения слоев при сварке взрывом в среднем на 30% выше (таблица). Эксплуатационные свойства биметаллов (коррозионная стойкость, износостойкость, антифрикционные и др.) соответствуют свойствам плакирующего слоя.

Таблица – Механические свойства двухслойных материалов

Материал	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %	Прочность соединения слоев σ_c , МПа
Сталь + медь	410*/350	280/200	30/29	250/220
Сталь + нержавеющая сталь	510/480	370/320	40/21	470/350
Сталь + алюминий	400/-	240/-	33/-	130/120
Сталь + титан	490/450	350/-	32/30	300/200
Сталь + сталь Гадфильда	-	-	-	450/-
Сталь конструкционная + сталь быстрорежущая	760/-	520/-	15/-	510/-
* В числителе – биметалл, полученный путем сварки взрывом, в знаменателе – посредством совместной прокатки				

Перспективы применения биметаллов в судостроении и судоремонте в заключение можно проиллюстрировать следующими примерами.

Углеродистая сталь + нержавеющая сталь. Объекты применения – емкости для хранения и перевозки воды, танки и т.д. Экономическая и другая эффективность: повышение коррозионной стойкости, экономия нержавеющей стали, снижение массы.

Сталь + алюминий (алюминиевый сплав). Переходники для соединения надстроек с палубой, емкости. Замена заклепочных соединений на сварные, снижение трудоемкости при ремонте, уменьшение массы судов, повышение коррозионной стойкости.

Сталь + бронза. Узлы трения и подшипники скольжения. Экономия цветных металлов, повышение несущей способности и циклической прочности.

Сталь + медно-никелевый сплав. Корпус судна. Отсутствие обрастания корпуса и как следствие уменьшение расхода топлива, повышение эксплуатационной скорости судна и увеличение межремонтных периодов.

Сталь Ст3 + сталь 110Г13. Полозки кареток черпаков земснарядов и пр. Повышение надежности и, следовательно, увеличение межремонтных периодов.

Конструкционная сталь + инструментальная сталь. Металлообрабатывающий инструмент. Экономия дефицитных материалов, повышение циклической прочности.



Рисунок 1 - Принципиальная схема сварки взрывом:
1 – заготовка; 2 – сварное соединение; 3 – фронт детонации;
4 – заря взрывчатого вещества; 5 – метаемая пластина; 6 – неподвижная пластина

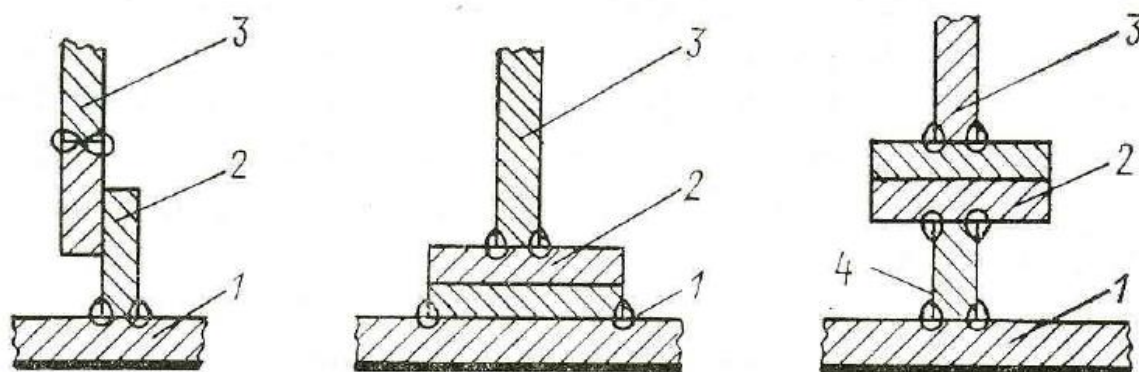


Рисунок 2 - Типы сварных соединений через биметаллические переходники:
1- стальная палуба; 2 – сталеалюминевый переходник; 3 – алюминиевая надстройка; 4 – промежуточная стальная полоса

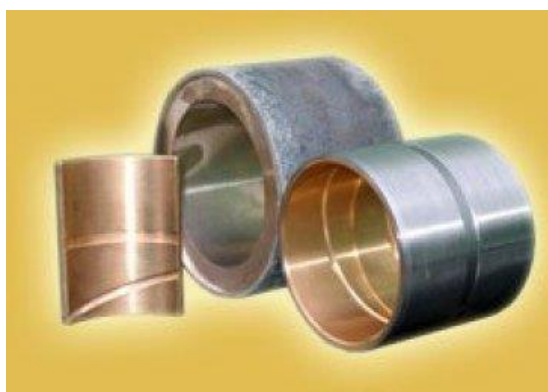


Рисунок 3 - Биметаллические втулки подшипников скольжения

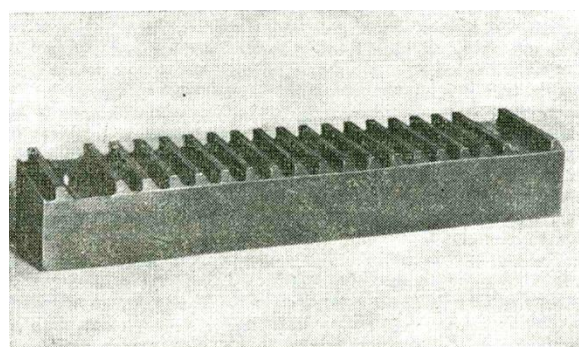


Рисунок 4 - Биметаллический плоскопротяжной инструмент

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИМЕТАЛЛОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ
В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ

Список литературы

1. Конон Ю.А., Первухин Л.Б., Чудновский А.Д. Сварка взрывом. -М. : Машиностроение, 1987.
2. Рябов В.Р. Применение биметаллических и армированных сталеалюминевых соединений. -М. : Металлургия, 1975.
3. Lande G. Explosionssvetsning//Svetzen. 1987/ Bd. 50. № 4/
4. Волзак В., Билавский Й. Опыт производства и применения соединений сталь-сплав AlMg5, свариваемых взрывом// Использование энергии взрыва для производства металлических материалов с новыми свойствами, межд. конф.
5. Gligorić Z. Trimetali dobivem energij – om explosive I problem njihove ugradnje // Zbornik radova international conference special Welding processes/ Sarajevo, 1989/
6. Jefferson T.B. Welding aluminium to steel//Welding Design and Fabrication/ 1977. Vol.50 № 5/
7. Mc Kenney C.R., Banker J.G. Explosion – Bonded Metals for Marine Structural. Applications//Marine/ Technology/ 1971/ № 8. Пинаев В.Г., Кирюшов В.В. Биметалл для быстрорежущего инструмента //Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1988. № 9.
8. Кудинов В.М., Коротеев А.Я. Сварка взрывом в металлургии. -М.: Металлургия, 1978.
9. Биметаллические соединения/ К.Е. Чарухина, С.А. Голованенко, В.А. Мастеров, Н.Ф. Казаков. М.: Металлургия, 1970.

Пинаев Владимир Георгиевич, к.т.н., с.н.с., инженер-технолог ЗАО «Редукционно-охладительные установки», 656012, Россия, г. Барнаул ул. Лесокирзаводская, 5 эл. почта pinaev@bkzn.ru, тел. 8-903-912-25-48.

Андреанов Владимир Михайлович, специалист, ООО «АлтайКапиталСтрой», 656049, г. Барнаул, ул. Пролетарская, 131, офис 303. эл. почта nu9ra@mail.ru, тел. 8-913-217-44-84