

DEVELOPMENT PROSPECTS OF HYDROGEN FUEL AIR INDEPENDENT POWER PLANTS

K.Yu. Ignatiev, A.V.Yurin
Rubin State Owned Enterprise
Central Design Bureau for Marine Engineering
Marata 90 191119 St Petersburg Russia

One of the important trends of conventional submarine development is the use Hybrid Power Plants on them when auxiliary air independent plant to increase submarine endurance and covertness is used in addition to conventional electrical diesel plant.

Russian specialists consider plants with Electric Chemical Generator (ECG) to be the most prospective. The same conclusion was made by German and Canadian scientists and shipbuilders.

The Hydrogen is used as fuel in plants with ECG. Therefore the main problem is the issue of hydrogen generation of required quantity, temperature and pressure that specify the composition and appearance of the power plant, arrangement of its equipment and that influence on submarine characteristics.

The hydrogen can be stored or produced on the submarine board directly. In first case it can be stored in gas bottles, as cryogenic or bound.

Storage in gas bottles was found unacceptable in terms of arrangement in the single-hull submarine and because of its low specific parameters.

SOE CDB ME "Rubin" together with Korolev Rocket & Space Corporation "Energia" developed cryogen storage of the hydrogen in submarines of "Amur" type in 1999 – 2000. Equipment of power plant with ECG located in the module with length of 9.8m that would be able to be integrated during the submarine construction or modernization of. The development degree of this variant corresponds to the technical design stage. It means that working design documentation and construction can be started to develop at any moment.

Bound storage is, first of all, the storage in intermetallide, i.e. in compound or alloy of metals that can react with hydrogen reversibly with hydride generation.

The most important parameter of intermetallide is the mass of hydrogen content that is of about 1.45% for LaNi₅ alloy and up to 2% for TiFe

alloy. To provide the submarine in submerged position for 15 days the mass of hydrogen storage system is to be of about 180 tons. To provide required buoyancy and stability of the submarine the Hydrogen Intermetallide Storage Block (HISB) should be located in docking keel or aft end of the submarine out of pressure hull. HISB location in the docking keel leads to its increase and as the result reduces submarine speed. Besides, since the equipment for hydrogen storage system is to be located out of pressure hull, the concept of module integration during the submarine modernization without significant changing of outlines is failed.

The disadvantages mentioned above and displacement restrictions when submarine endurance is increased resulted in the fact that this variant was recognized having no prospects for "Amur" type submarines.

The hydrogen can be generated aboard by several means. HDW specialists have presented the report about Methanol Decomposing Plant for submarines at UDT'2001 conference. Methanol Decomposing Plant was manufactured by Haldor Torsoe A/S (Denmark). Methanol contains about 12.5% of hydrogen weight. The Decomposing Plant is based on Methanol Steam Conversion Method when interaction between methanol and steam gives the mixture of hydrogen and carbon dioxide.

Reaction is produced over a catalyst at temperature of 280-300°C and at pressure of 2MPa.

Methanol advantage is its low price in comparison to other variants of storage systems or hydrogen regeneration as well as Decomposing Plant compactness.

The main disadvantage of methanol is its toxicity. Besides, methanol vapors and carbon oxide can generate inflammable mixtures with the air (in case of technological equipment seal failure). These factors are the most important for PP that work in closed spaces of submarine and they require emergency precautions.

Unfortunately the work on Methanol Decomposing Plant manufacturing in Russia was limited by technical design of Surface

Decomposing Plant and developmental work on Ship Decomposing Plant.

Now SOE CDB ME "Rubin" together with Korolev Rocket & Space Corporation "Energia" develop Hydrogen Generation Plant basing on hydrolytic schemes. Hydrolysis is exchange water decomposition of materials with generation of reaction products including hydroxyl ion (OH) and gas hydrogen extraction. All hydrolysis reactions are performed with high heat release.

The main problem is to select such proportion of the reagents that final reaction products are liquid. They can be discharged from hydrogen reactors by gravity to hold tanks and removed from the submarine after the cruise.

It is intended that some hydrogen reactors work by turns with periodical reagent charge.

All the PP equipment with ECG is to be located in the module with length of 8.6m without using docking keel spaces and buoyancy and stability requirements are to be met.

All the variants considered for hydrogen storage and generation have certain advantages and disadvantages that mentioned above and any

of these variants can be realized under certain conditions.

All in all, the variant with the cheapest source materials will be chosen. Changing the technology, i.e. at the expense of liquid hydrocarbon used as hydrogen source onboard can solve the problem. Kerosene or diesel fuel that is on the submarine board as a fuel of conventional diesel-electric plant can be used as carbohydrates.

References

1. "Hydrogen: Characteristics, Generation, Storage and Usage. Reference-book." edited by D.Y. Hamburg, N.F. Dubovinkina. Moscow "Chemistry", 1989
2. Hauschildt P., Satter G.
"Hydrogen Storage and Generation on board modern Submarines"
Conference and Exhibition UDT Europe'2001
3. K.Yu. Ignatiev, A.V. Yurin
"Use of hydrogen in electric power plants of underwater vehicles"
ICHMS'01 Conference report.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗДУХОНЕЗАВИСИМЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

Игнатъев К. Ю., Юрин А. В.

Федеральное государственное унитарное предприятие
Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин»
191119, РОССИЯ, Санкт-Петербург, ул. Марата, 90

Одним из главных направлений в развитии неатомных ПЛ является применение на них гибридных ЭУ, когда в дополнение к традиционной дизель-электрической установке используется вспомогательная воздухо-независимая установка, предназначенная для повышения подводной автономности и скрытности ПЛ.

Российскими специалистами признаны наиболее перспективными для ПЛ энергоустановки с ЭХГ. К аналогичному выводу пришли ученые и судостроители Германии и Канады.

В энергоустановках с ЭХГ в качестве топлива используется водород. Поэтому основной проблемой является вопрос получения водорода в необходимом количестве, требуемых температуры и давления, что и определяет состав и облик энергетической установки, размещение ее оборудования и влияет на характеристики ПЛ.

Водород может храниться или непосредственно производиться на борту ПЛ. В первом случае хранение может быть газобаллонным, криогенным или в связанном виде.

Газобаллонное хранение оказалось неприемлемым по условиям размещения на однокорпусной ПЛ и по своим низким удельным показателям.

Криогенный вариант хранения водорода для ПЛ типа «Амур» разрабатывался ФГУП «ЦКБ МТ «Рубин» совместно с РКК «Энергия» им. С.П.Королева в 1999-2000гг. Оборудование ЭУ с ЭХГ размещалось в отсеке-модуле длиной 9,8м, который мог встраиваться при постройке или при модернизации ПЛ. Уровень разработки варианта соответствует этапу технического проекта, это означает, что в любой момент может быть начата разработка рабочей конструкторской документации и строительство.

Под хранением в связанном виде в первую очередь понимают хранение в интерметаллиде, то есть соединениях или сплавах металлов, способных вступать в обратимую реакцию с водородом с образованием гидридов.

Важнейшей характеристикой интерметаллида является водородоемкость по массе, которая составляет около 1,45% для сплава LaNi_5 и до 2% для сплава TiFe . Для обеспечения 15 суток нахождения ПЛ в подводном положении масса системы хранения водорода составляет около 180т. Для обеспечения требуемой плавучести и остойчивости ПЛ БХВИ размещают в доковом киле или в кормовой оконечности ПЛ вне прочного корпуса. Размещение БХВИ в доковом киле приводит к его увеличению и, как следствие, снижает скорость ПЛ. Кроме того, из-за необходимости размещения оборудования системы хранения водорода вне прочного корпуса нарушается идея встраивания отсека-модуля при модернизации ПЛ без значительных изменений обводов.

Вышеуказанные недостатки, а также ограничения по водоизмещению ПЛ при увеличении автономности ПЛ, привели к тому, что этот вариант был признан бесперспективным для ПЛ типа «Амур».

Производство водорода на борту может быть выполнено различными способами. Специалисты компании HDW на конференции UDT'2001 представили доклад о разработке установки по риформингу метанола для ПЛ. Работы по созданию установки риформинга метанола велись фирмой Haldor Topsøe A/S (Дания). Метанол содержит водорода около 12,5% от массы. В основу установки положен метод паровой конверсии метанола, когда при взаимодействии метанола с водяным паром образуется смесь водорода и углекислого газа.

Реакция происходит в присутствии катализатора при температуре 280-300°C и давлении около 2 МПа.

Привлекательность метанола объясняется его дешевизной по сравнению с

другими вариантами систем хранения или получения водорода, компактность установки.

Основным недостатком метанола является его токсичность, кроме того пары метанола и окиси углерода способны образовывать с воздухом (при нарушении герметичности технологического оборудования) пожароопасные смеси. Эти факторы наиболее важны для ЭУ, работающих в условиях замкнутых объемов ПЛ, и требуют принятия чрезвычайных мер предосторожности.

К сожалению работы в России по созданию установки реформинга метанола ограничились техническим проектом наземной установки и проработками по созданию корабельной установки.

В настоящее время ФГУП «ЦКБ МТ «Рубин» совместно с РКК «Энергия» прорабатывают установку производства водорода на основе гидролизных схем. Гидролизом называется обменное разложение веществ водой с образованием продукта реакции, включающего гидроксил – ион (ОН⁻), и выделение газообразного водорода. Все реакции гидролиза проходят с большим выделением тепла.

Основной проблемой является подбор такого соотношения реагентов, чтобы конечные продукты реакции были в жидком виде. Они могут сливаться из водородных реакторов самотеком в трюмные цистерны и удаляться с борта ПЛ после похода.

Предполагается, что несколько водородных реакторов будут работать поочередно с периодической загрузкой реагентами.

Все оборудование ЭУ с ЭХГ размещается в отсеке-модуле длиной 8,6 м без использования объемов докового кия и с обеспечением требований остойчивости и плавучести ПЛ.

Все рассмотренные варианты хранения или получения водорода обладают определенными достоинствами и недостатками, о которых говорилось выше, и при определенных условиях может быть реализован любой из них.

В конце концов победит вариант, в котором будут наиболее дешевыми исходные реагенты Проблема может быть решена путем изменения технологии, т. е. за счет использования жидкого углеводорода в качестве источника водорода на борту ПЛ. Такими углеводами могут быть дизельное топливо, которое и так присутствует на борту ПЛ в качестве топлива традиционной дизель-электрической установки, или керосин.

Литература

- 1 «Справочник. Водород свойства, получение, хранение, транспортирование, применение», под ред. Гамбург Д. Ю., Дубовкина Н. Ф. Москва, «Химия», 1989г.
- 2 Hauschildt P., Sattler G.
«Hydrogen Storage and Generation on board modern Submarines»
Conference and Exhibition UDT Europe'2001
- 3 Игнатъев К.Ю., Юрин А.В.
«Использование водорода в электроэнергетических установках подводных аппаратов» Доклад на конференции ICHMS'01.