

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ КОРПУСА СУДНА ОТ ОБРАСТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Бараненко Г.О., Грица А.И.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Обрастание подводной части судов и гидротехнических сооружений представляет собой особую проблему в процессе эксплуатации и обслуживания судоходной и судостроительной отрасли. Обрастание - процесс, в результате которого часть корпуса судна или стационарного плавучего сооружения, находящаяся в воде, покрывается слоем морских растений и животных, и результатами их жизнедеятельности, в процессе эксплуатации судна обрастание отрицательно влияет на его гидродинамические характеристики, что приводит к ухудшению ходовых свойств, это, прежде всего:

- потери скорости судов. Достигающие иногда 50% от номинальной (в некоторых районах Черного моря на один квадратный метр обшивки за год нарастает по 100 килограммов водорослей и моллюсков, толщина слоя обрастания от 5 до 30 сантиметров);
- ухудшение маневренности судна;
- преждевременный износ машин и оборудования;
- повышение расхода топлива в связи с необходимостью поддерживать коммерчески оправданную скорость перевозки грузов (удельный расход топлива возрастает на 30%).
- увеличение ремонтных расходов.

Следует различать уменьшение скорости судна в результате обрастания и в результате коррозии и эрозии корпуса - постоянного и неизбежного процесса его старения. От обрастания корпус очищают во время периодических докования судна.

Для поддержания первоначальной скорости судна с обросшим корпусом требуется увеличение мощности дизеля посредством увеличения цикловой подачи топлива. Это приводит к тепловой и механической перегрузке деталей ЦПГ. Для надежной работы дизеля при обросшем корпусе следует уменьшить подачу топлива, т.е. перевести дизель на работу на более пологой винтовой характеристике. При плавании судна с сильно обросшим корпусом винтовая характеристика дизеля становится все более крутой, т.е. гребной винт становится гидродинамически тяжелым, что ведет к перегрузке дизеля.

Тепловая перегрузка деталей ЦПГ дизеля при плавании с обросшим корпусом иногда приводит к самым непредвиденным аварийным ситуациям - пожарам в подпоршневых полостях и ресиверах. Это объясняется тем, что при росте тепловой напряженности деталей ЦПГ ухудшаются условия смазывания, увеличивается износ цилиндровой втулки и поршневых колец и, как следствие, происходит прорыв газов из цилиндров в подпоршневые полости.

Анализ эксплуатации судов показал, что за двухлетний междоковый период эксплуатации для обеспечения условий сохранения постоянной скорости вращения и вального двигателя, его мощность необходимо увеличить на 8 - 20 %. Фактически главные двигатели, работая в перегруженном режиме, не развивают номинальной частоты вращения и мощности, а судно скорости. Удельный расход топлива возрастает до 30 %. Экономия топлива, несомненно, является главной причиной ухода за корпусом.

Процесс обрастания начинается с появления *биопленки* - пленки из бактерий, таких как титановых, диатомовых водорослей и других микроорганизмов, которые образуются на материале при благоприятных условиях, и при наличии питательных веществ. Иными словами, микроорганизмы, образуют первичные слои слизи к которой крепятся макроорганизмы, такие как моллюски, губки, актинии, мшанки, трубчатые черви. Способы технологической борьбы с обрастанием приведены на рисунке 1.

Одним из основных способов предотвращения обрастания является выбор соответствующего материала. Например, медно-никелевые сплавы обладают хорошей стойкостью к обрастанию и коррозии, и поэтому часто используется для производства поверхности или ее покрытия. Два из наиболее популярно используемых материала - это 90/10

и 70/30 медно-никелевые сплавы (90% Cu-Ni 10% и 70% Cu-Ni 30% соответственно).

Титановые сплавы, такие как UNSR50400, UNSR52400, и UNSR53400, проявляют малое или совсем не токсичное влияние на морских животных. Поверхность титана может быть дополнительно защищена путем поддержания скорости воды более 2 м/сек в которых организмы не могут прикрепиться. Титан также невосприимчив к микробиологическому влиянию коррозии, указывая на то, что только крупные организмы, такие как мидии и моллюски ответственны за коррозию.



Рисунок 1. Технологии и стратегия борьбы с обрастанием на погруженных поверхностях

Наиболее эффективные антикоррозионные пигменты, такие как соединения шестивалентного хрома, в настоящее время исключают из рецептур ЛКМ из-за их повышенной токсичности. Проблема замены этих соединений без ухудшения свойства покрытий очень актуальна для судостроения, так как такие пигменты широко применяются в антикоррозионных судовых грунтах.

Противообрастающие покрытия (рисунок 2, А) позволяют удалять или предотвращать накопления от их формирования. Биодиспергаторы могут быть использованы для контроля обрастания. Нетоксичные механические пути, которые мешают организмам присоединяться, включают в себя выбор материялы или покрытия со скользкой поверхностью или создания наноразмерных поверхностей, которые похожи на кожу акул и дельфинов, у которых мало опорных точек крепления микроорганизмов.

Также, с проблемой обрастания борются при помощи самополирующихся лакокрасочных покрытий. Они выделяют биоциды (рисунок 2, В), при этом поверхность, непосредственно соприкасающаяся с водой, становится гладкой, что позволяет экономить топливо. Биоциды это химические вещества, которые могут отпугнуть или уничтожить микроорганизмы, ответственные за процесс обрастания. Как правило, биоциды включены в противообрастающие покрытия, методом физической адсорбции или химической модификации поверхности. Часть биоцидов нацелена на микроорганизмы, которые создают начальную биопленку, как правило это бактерии. Другая же, группа биоцидов является токсичной для более крупных организмов, таких как грибы и водоросли. Наиболее часто используемые биоциды и противообрастающие компоненты состоят из трибутилтина (Tributyltin, TBT). Он токсичен как для микроорганизмов, так и для больших водных

організмів. Считается, что ТВТ, используют к прогнвообрастающих покрытиях около 70% судов в мире. Распространенность ТВТ и других прогнвообрастающих покрытий на основе олова на морских судах в настоящее время является экологической проблемой. ТВТ причиняют вред многим морским организмам, в частности, устрицам и моллюскам.

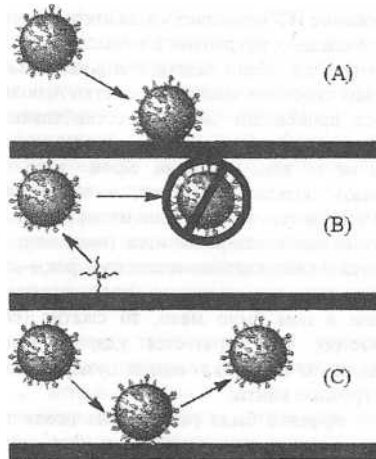


Рисунок 2. Противообрастающие покрытия (А), покрытия с использованием биоцидов (В), нетоксичные покрытия (С).

Один из самых популярных покрытий на основе олова, в частности, triorganotin или organostannic, или просто, ТВТ-покрытие. Они также считаются самополирующиеся, так как происходит контролируемый гидролиз (разложение) поверхности, который выпускает трибутилтин (C_4H_9) $_3$ Sn (ТВТ). Некоторые необрастающей краски имеют скорость выщелачивания более 4 мкг ТВТ в сутки. Это может показаться незначительным, но повреждение организма может происходить в низких концентрациях - всего лишь менее чем на 1 миллиард (1 часть на миллиард) - а продолжительность жизни ТВТ покрытия пять лет. Краски (эффект которых основан на выщелачивании в воду ядовитых веществ - таких, например, как мышьяк) загрязняют воду и в течение довольно продолжительного времени продолжают воздействовать на те мелкие морские организмы, убивать которых уж нет никакого смысла.

Большое влияние на эффективность действия необрастающих красок оказывает технология окрасочных работ, поэтому при нанесении этих красок необходимо строго руководствоваться инструкцией. Из-за токсичности ТВТ, ВМС США прекратили использование таких красок в начале десятилетия, в других странах по всему миру также имеются планы по поэтапному отказу от ТВТ.

В качестве альтернативы, созданы нетоксичные покрытия «Foul-release coating» (рисунок 2, С) предотвращающие крепление белков и микроорганизмов, которые в свою очередь притягивают большие организмы. Как правило, нетоксичные покрытия созданы на основе органических полимеров (пластмасс), имеют естественную устойчивость к обрастанию, создавая низкое поверхностное натяжение и имеющее низкую температуру стеклования полимеров, используемых в этих покрытиях - силиконы, фторполимеров и этил ацетата винила.

Благодаря новым разработкам в направлении области защиты корпуса от обрастания используют наноконпоненты, ими чаще всего являются различные виды диоксида кремния, силикаты, оксиды титана, сульфат бария с размерами частиц от нескольких нанометров до нескольких сотен нанометров. Такие пигменты и наполнители можно использовать в

сочетании с акриловыми, полиуретановыми, эпоксидными пленкообразователями в виде растворов в органических растворителях или водных дисперсий. Применение в составе ЛКМ смесей пленкообразователей различного типа позволяет улучшать определенные свойства покрытий. Материалы такого типа называют гибридными. Использование НТ позволяет уменьшить содержание летучих органических соединений (ЛОС) в эпоксидных покрытиях и повысить стойкость эпоксидных гибридных покрытий к УФ-излучению, т.е. решит задачи, очень актуальные для морских покрытий.

Кроме химических способов защиты и очистки используются также механические, такая очистка корпуса происходит методом соскабливания щетками или сбиванием струей воды. Однако необходимо отметить, что эти способы носят промежуточный характер и возможны не во всех условиях. Кроме того, чтобы вода начисто отмыла корпус, нужно создавать большое давление, а эффективность использования струи невелика. В жидкости всегда есть мельчайшие пузырьки газа или пара. Если по какой-то причине давление потока жидкости понизится (например, при резком увеличении его скорости), то уменьшится и сила, сдвливающая пузырек, - он начинает увеличиваться. При переходе в зону повышенного давления рост прекращается. Пузырек начинает сокращаться. Если газа в нем было мало, то сжатие (его называют схлопыванием) происходит столь быстро, что образуется ударная волна. Энергия одной волны не значительна, но миллионы схлопывающихся пузырьков могут полностью разрушить, лопасти гидротурбин, гребные винты.

На основе этого эффекта были разработаны новая технология очистки корпуса, используя разрушительную силу кавитации. Для этого разработано специальное устройство - кавитатор. Если прошедшую через него струю направить на очищаемую поверхность, то, кроме водяного напора, на нее будут действовать и ударные волны от схлопывающихся пузырьков. Начнется так называемая кавитационная эрозия. Если использовать кавитацию для очистки дна судна, то давление струи воды можно уменьшить в 10 - 15 раз по сравнению с обычным способом. Кроме того, меняя параметры струи, можно выборочно удалять либо только наслоения, либо наслоения вместе с краской и ржавчиной до «чистого» металла. Предложен и комбинированный метод совмещающий механическое удаление нароста с кавитационным. Для этого машинка с вращающимися щетками объединена с кавитатором. Например, на Новороссийском судоремонтном заводе изготовлена и прошла испытания опытная гидравлическая головка с четырьмя блоками кавитаторов. Скорость очистки такой головкой составляет 10-15 квадратных метров в час, если надо дойти до «чистого» металла, и 40 - 60 квадратных метров в час, если нужно сохранить прочно держащуюся краску. Новые методы, видимо, найдут применение не только при очистке судов, но и, например, внутренних поверхностей труб от наслоений и окалины, в других областях.

Другой способ борьбы с обрастанием на основе кавитационных пузырьков, возникающих на наружной поверхности обшивки при работе ультразвукового вибратора, который предотвращает развитие на обшивке колоний морских организмов. При этом в воде возникают значительные силы и смещения, приводящие к гибели как самих "обрастателей", так и их личинок. Несколько ультразвуковых вибраторов закрепляют вдоль корпуса судна изнутри к его обшивке. Вибраторы возбуждают колебания обшивки, вблизи нее возникает мощное ультразвуковое поле. Известно, что при значительном разрежении (в частности, вследствие мощных упругих колебаний) в жидкости образуются участки разрыва сплошности, в которые диффундирует растворенный в ней воздух, а при более сильных разрежениях и водяной пар. При кавитации и связанных с ней процессах электролиза выделяются азотная кислота и перекись водорода, это также не может не повлиять на жизнедеятельность обрастателей. Частоты и интенсивность излучаемого звука выбирают такими, чтобы он не вызывал травмирующего действия на личный состав судов (ведь при работе вибраторов и вызванных ими колебаниях обшивки определенное излучение происходит и внутрь судна). Оказалось, что достаточно сильное угнетающее действие на микроорганизмы наблюдается уже при мощностях вибраторов 200-3000 ватт. При большой толщине обшивки судна, мощность вибраторов приходится увеличивать.

В процессе эксплуатации эффективной мерой является также подводная очистка корпуса на плаву. С помощью этого метода можно восстановить первоначальные скоростные данные судна, но при очистке нарушается противообрастающее покрытие и поэтому спустя небольшой промежуток времени степень обрастания увеличивается. Подводная очистка может выполняться водолазами и с помощью специальных установок с поверхности. В последнее время для устранения недостатка подводной очистки начинают применять подводную окраску очищенной поверхности. Чтобы краска надежно прилипла на смоченную поверхность, она должна обладать значительно большей вязкостью, чем вода. Подводную окраску выполняют методом втирания валиком или кистью или распиливанием под большим давлением.

Также, кроме средств для регулярной очистки и предотвращения образования обрастания используются современные средства продления междокового периода. Так, группа инженеров исследовала возможность газовой защиты корпуса судна от обрастания путем подачи в пристенный слой воды продуктов сгорания топлива судовой энергетической установки.

Таким образом, анализ новых технологических решений показывает, что традиционные морские лакокрасочные покрытия в перспективе могут быть заменены покрытиями, полученными с использованием НТ, с превосходными барьерными свойствами. Их антикоррозионные свойства обеспечивает соответствующая наноструктура, блокирующая доступ агрессивных агентов к подложке, причем одновременно она увеличивает стойкость покрытия и к механическим повреждениям. Предполагается, что в будущем толщина морских покрытий, полученных с применением НТ, может быть многократно уменьшена.

Важнейшим стимулом для инвестирования в НТ со стороны лакокрасочных фирм являются жесткие экологические международные и национальные требования, запрещающие применение большого количества антикоррозионных пигментов и биоцидов в грунтовках и эмалях. НТ позволяют отказаться от использования в составе противокоррозионных морских грунтовок шестивалентного хрома, а в противообрастающих покрытиях - от оловоорганических соединений, представляющих опасность для экосистемы и запрещенных International Marine Organization (ИМО).

Использование природных методов может быть более экономически эффективным, чем специализированных покрытий, материалов или технологий. Эти отраслей исследования могут служить для преодоления все еще распространенное заблуждение, что бизнес не может оставаться прибыльным без ущерба для окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.class-fizika.narod.ru
2. <http://attelagewepes.com/>
3. <http://ait.od.ua/>
4. <http://www.transservice.org/>
5. <http://www.sealib.com.ua/>
6. <http://www.csa.com/>
7. <http://www.region.irks.ru/>
8. Архангородский А.Г., Розендент Б.Я., Семенов Л.Н. Прочность и ремонт корпусов промысловых судов. Л., Судостроение, 272 с., 1982.
9. Выхристюк П.Н. Комплексная система защиты от коррозии и обрастания судов / П.Н. Выхристюк, А.Р. Якубенко. - Л.: Судостроение, 2003, - №6. - 48 с.
10. Телянер Б.Е., Турмов Т.П., Финкель Т.Н. Технология ремонта корпуса судна. Л., Судостроение, 288 с., 1984.
11. Юнитер А.Д., Немцева Э.П., Кохан Н.М., Друт В.И., Зобачев Ю.Е. Справочник судоремонтника - корпусника. Под ред. А.Д. Юнитера. М., Транспорт, 352 с., 1977.