

СПОСОБЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО МАТЕРИАЛА - БИМЕТАЛЛА СТАЛЬ-ТИТАН

С.Г.Цыбочкин

В настоящее время область применения титана и его сплавов значительно расширилась. Кроме самолетостроения, космической и военной техники, эти материалы используются в химической и нефтехимической промышленности, медицине, в морской технике непосредственно на судах и в береговых сооружениях, расположенных в зоне периодического смачивания морской водой и подверженных, поэтому, особо интенсивной коррозии.

Скорость коррозии стали в зоне попадания брызг морской воды составляет 0,3-0,4 мм в год. Известные способы защиты (покрытие лакокрасочными материалами на основе эпоксидных смол, органические покрытия типа полиэтиленовых или полиуретановых слоев в сочетании с катодной защитой) требуют периодического ремонта и не способны обеспечить длительную эксплуатацию металлоконструкций порядка 100 лет. По оценке министерства строительства Японии, расходы в этой стране на содержание сооружений в рабочем состоянии в 1990 году составили 25% ежегодных затрат, а в 2005 году такие расходы превысят расходы на новое строительство.

Оптимальным решением этой проблемы является использование стали для силовых элементов металлоконструкций, а для защиты от коррозии тонкого слоя титана. Титан может считаться абсолютно стойким к коррозии в морской воде и, поэтому, такая защита практически не требует затрат в процессе эксплуатации сооружений до 100 лет. Поскольку сварка плавлением титана со сталью невозможна, то целесообразно использовать стальной лист плакированный титаном, стальная основа которого приваривается к стальным элементам металлоконструкции, а плакирующий тонкий слой титана обеспечивает защиту от коррозии. Толщина такого биметаллического листа должна составлять $\approx 5=4+1$ мм (1мм - толщина слоя титана, 4 мм – толщина слоя стали), что обеспечивает возможность качественного выполнения монтажных сварных швов.

Плакированный титаном стальной лист можно получить методом сварки взрывом, методом горячей прокатки в вакууме или го-

рячей прокатки симметричных вакуумируемых пакетов. В последнее время разработан способ соединения титана со сталью с использованием прослойки из меди, которую помещают между стальным листом и листом титана, нагревают пакет до температуры образования легкоплавкой (жидкой) эвтектики $TiCu_3$ (температура плавления $880^\circ C$) и прокатывают пакет до заданной толщины. В процессе обжатия между прокатными валками эта жидкая фаза вытесняется, удаляя с контактных поверхностей окислы и остатки газов, а вновь образующиеся поверхности прочно соединяются.

Все перечисленные способы опробованы в промышленной практике, но не могут быть реализованы в значительных масштабах выпуска биметаллического листа в отечественном производстве.

В России в настоящее время биметалл сталь-титан выпускается методом сварки взрывом рядом научно-исследовательских организаций в рамках опытно-промышленных партий и в небольших объемах. Технические условия, регламентирующие свойства этой композиции, отсутствуют и определяются по соглашению сторон. Из зарубежных стандартов следует отметить японский промышленный стандарт "TITANIUM CLAD STEELS. JIS G 63603-1986", который предусматривает получение биметалла сталь-титан методом сварки взрывом, пакетной прокатки и сваркой взрывом с последующей прокаткой. Последний способ наиболее рационален в сложившихся в нашей стране экономических условиях, так как не требует организации специализированных производств (т.е. больших капитальных затрат) и может быть осуществлен на штатном прокатном оборудовании без его специализированной переналадки.

Для осуществления этого способа необходимо изготовление толстолистовых двухслойных заготовок с последующей их горячей прокаткой в лист заданной толщины. Однако непосредственное плакирование толстым листом титана (толщиной более 10 мм) стальных плит оказалось технически неосуществимо. Технологические трудности проведения процесса сварки взрывом титана со

СПОСОБЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО МАТЕРИАЛА - БИМЕТАЛЛА СТАЛЬ-ТИТАН

сталью определяются значительными различиями их физико-механических и химических свойств.

Низкая (в 3 раза меньше, чем у железа) теплопроводность титана является основным препятствием при получении сваркой взрывом крупногабаритных толстолистовых биметаллических заготовок с толщиной слоя титана более 8-10 мм. Механизм отрицательного влияния низкой теплопроводности титана на качество сварки заключается в образовании отдельных участков расплавов вследствие замедленного отвода тепла, возникающего при интенсивной пластической деформации на границе раздела, приводящей к интенсивным тепловыделениям в узкой зоне. При увеличении толщины слоя титана отдельные участки превращаются в сплошную прослойку расплавов, резко снижающую прочность сцепления титана со сталью. Уменьшением интенсивности режимов сварки (скорости соударения, скорости детонации заряда) удается снизить тепловыделения в зоне сварки, но до определенного предела, связанного с необходимостью достижения минимального давления и угла соударения в области точки контакта. С увеличением толщины плакирующего слоя титана уменьшается диапазон допустимых режимов соударения и выше 10мм получить прочное соединение титана и стали не удается.

Для получения толстолистовой двухслойной заготовки опробовали способ увеличения толщины слоя титана путем последовательного плакирования методом сварки взрывом. Толщину первого слоя титана (рас-

сматриваемого как подслоя) выбирали из условия технологичности его нанесения с удовлетворительной прочностью

Прочность получаемых соединений существенно зависит от режима сварки и в благоприятных случаях достигает 350 – 400 МПа. Максимальной прочностью на отрыв слоев обладает соединение с волнообразной границей раздела, близкой к синусоидальному виду. Снижение интенсивности режимов сварки приводит к вырождению волн и образованию безволнового соединения. Повышение скорости точки контакта и угла соударения приводит сначала к росту размеров волн, образованию больших вихревых зон с усадочными раковинами, порами и рыхлотами внутри них, а затем к исчезновению волн и появлению по границе раздела сплошной твердой прослойки толщиной 1...10 мкм, состоящей из интерметаллидов системы Fe – Ti и обладающей высокой твердостью. Разрушение биметалла происходит, как правило, по границе раздела, однако прямой связи между количеством интерметаллидов в зоне соединения и его прочностью не установлено.

Для выравнивания механических свойств и снятия наклепа биметалл подвергают термической обработке. Для промышленных партий биметалла рекомендован отпуск при 550°С в течение 3 часов. Повышение температуры отпуска с 550° до 600° не сказывается на механических свойствах биметалла, но приводит к увеличению обезуглероженной зоны основного слоя у границы раздела с 0,1 до 0,2 мм.