

УДК 621.791.76

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИМЕТАЛЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

У.Ж.Актаева  
ЮКГУ им. М.Ауезова, г.Шымкент

Развитие современных отраслей промышленности (энергомашиностроение, химическая и нефтеперерабатывающая аппаратура, авиационная промышленность, машиностроение и др.) связано с непрерывным возрастанием требований к конструкционным материалам, с точки зрения обеспечения надежности и долговечности конструкций в экспериментальных условиях работы (в условиях интенсивного воздействия механического нагружения, агрессивных рабочих сред и т.д.).

Разработка биметаллов с совершенно новым комплексом эксплуатационных свойств – перспективное направление современного материаловедения, поскольку появляется возможность применения совершенно новых оригинальных конструктивных решений в машинах, аппаратах и приборах.

Значительная эффективность использования биметаллов обусловлена тем, что, во-первых, за счет отдельного сочетания различных металлов или сплавов в биметалле удастся объединить нужные эксплуатационные свойства, которыми не обладают отдельно взятые металлы. Применение биметаллов позволяет создать изделия, которые по своим конструкционным характеристикам превосходят аналогичные изделия из монометалла и в то же время являются более экономичными. Во-вторых, применение биметаллов дает значительную экономию дорогостоящих и дефицитных металлов и сплавов при одновременном увеличении прочности или снижении массы изделий и конструкций. Экономическая эффективность биметаллического проката определяется тем, что дорогостоящие дефицитные металлы и сложнолегированные сплавы используются в биметалле в качестве относительно тонких плакирующих слоев (10-15% общей толщины листа) в сочетании с более дешевым металлом основного слоя.

В промышленности среди различных типов двух- и многослойных материалов главное место занимают биметаллические листы, основным слоем которых является углеродистая и низколегированная сталь, а в качестве плакирующего слоя используются коррозионностойкие стали. Биметаллические листы типа алюминий + сталь, латунь + сталь, медь + сталь, титан + сталь и др. изготавливаются в меньшем количестве. Двухслойная коррозионностойкая сталь выпускается почти 25 сочетаний основного и плакирующего слоя. Из биметалла изготавливаются корпуса атомных электростанций, цистерны для перевозки желтого фосфора, серной кислоты, расплавленной серы, теплообменные аппараты, сосуды цилиндрические без внутренних устройств и т.д.

Основные вопросы теории и практики производства и применения биметаллов рассмотрены в работах Е.И. Астрова [1], С.А. Голованенко и Л.В. Меандрова [2], Г.Э. Аркулиса [3],

Л.В. Меандрова [4], П.В. Засухи, В.Д. Коршикова и др. [5], В.А. Головачева и Н.А. Комарова [6], А.И. Тананова и др. [7], А.С. Гельмана и др. [8], А.А. Дерибаса [9] и др.

Несмотря на разнообразие методов получения различных биметаллов, нашедших применение в промышленности, их можно разделить на следующие группы, причем каждая группа объединяется по основным принципам получения заготовки биметалла (рисунок 1):

а) метод литейного плакирования, заключающийся в соединении компонентов при взаимодействии расплавленного компонента с твердым металлом. Соединение компонентов происходит в процессе кристаллизации основного металла на подложке другого с последующей горячей прокаткой [1,3-5];

б) пакетный метод плакирования, основанный на соединении компонентов при их совместной холодной и горячей пластической деформации;

в) плакирование методом наплавки с последующей горячей прокаткой, необходимой для изготовления биметаллического листа требуемой толщины [1,4,6-8];

г) сваркой металлов взрывом, происходящей в результате метания одного металла на другой взрывной волной [1,6-8].



Рисунок 1 - Классификация основных методов изготовления слоистых материалов

К всестороннему изучению проблемы прочности и пластичности биметаллов и многослойных плакированных металлов возможны различные подходы:

1. механический;
2. физико-химический;
3. металлофизический.

Для изучения механики разрушения и установления закономерностей изменения прочностных свойств композиций широко используются методы моделирования или аналогий, разрабатываются общие приемы решения задач теории пластической деформации структурно-неоднородных тел, проводится исследование диаграмм деформирования, оценки остаточных напряжений, трещиностойкости [7,8].

Рассмотрены вопросы по исследованию свойств биметаллов при статическом нагружении, сопротивление двухслойной стали повторно-статическому нагружению [6,1], усталостная прочность двухслойной стали [1,2], сопротивление биметалла переменным термическим воздействиям [7,8], о влиянии нагрева на механические свойства биметалла [8,7], межкристаллическая коррозия и коррозионное растрескивание нержавеющих сталей в водных средах [3]. Исследования в области физико-механических свойств биметаллических материалов применительно к условиям их работы в конструкциях типа сосудов давления позволяют сделать следующие выводы:

1. Независимо от технологического способа изготовления биметаллы представляют собой класс материалов, обладающих характерными особенностями, обуславливающими при изготовлении конструкции:

а) наличие специфического исходного напряженно-деформированного состояния материала (после остаточных напряжений, не устраняемых термической обработкой);

б) характерное зональное распределение механических свойств по сечению материала;

в) образование переходных слоев с различающимися механическими характеристиками и структурным состоянием;

г) развитие микрохимической неоднородности вблизи поверхности раздела, уровень которой может существенно изменяться под влиянием термомеханических и временных условий нагружения;

д) возможность появления на стадиях изготовления и эксплуатации как поверхностных, так и подплакировочных трещиноподобных дефектов.

2. При изготовлении сварных конструкций из плакированных сталей специфика напряженно-деформированного состояния и наличие зон с максимально выраженной концентрационной и структурно-механической неоднородностью существенно осложняют оценку сопротивления биметаллов хрупкому и циклическому разрушению с учетом технологических и эксплуатационных дефектов, располагающихся как в плакирующем слое, так и под ним.

3. В технической литературе имеются ограниченные сведения по исследованию статической и циклической трещиностойкости биметаллов с учетом их внутренней нестационарности и характера внешних взаимодействий (в том числе среды).

4. Не получили должного развития физически обоснованные механические модели биметаллов как макро- и микроструктурно неоднородных твердых тел, в особенности применительно к оценке длительной термоциклической прочности элементов конструкций, работающих при теплосменах и механических напряжениях, с учетом влияния эксплуатационных и технологических факторов, определяемых структурно-механическим состоянием неоднородных слоев, наличием дефектов и т.д. Такой учет должен предусматривать введение соответствующих запасов по числу циклов или по нагрузке, а также приниматься во внимание при расчете действующей нагрузки и при определении деформационной способности биметалла.

5. При термоциклировании биметаллов наблюдается характерное изменение их структуры и прочности, обусловленное влиянием градиента внутренних напряжений на процессы, определяющие кинетику термоусталости. С увеличением градиентов напряжений интенсифицируются процессы образования структурных повреждений и необратимых пластических деформаций.

6. Деформирование биметаллов в условиях теплосмен неизбежно должно приводить к действию структурных напряжений под влиянием неоднородности физико-механических характеристик исходных структурных составляющих или образующихся фаз (карбидные прослойки, неметаллические включения и т.д.).

Это может обуславливать повышенную поврежденность биметаллов, определяемую особенностью структуры индивидуальных (локальных) свойств составляющих относительной шириной прослоек или объемным содержанием фаз, а также состоянием поверхности раздела (прямая, волнообразная и т.д.).

7. Для оценки термоциклической прочности биметаллов должны быть найдены соотношения, основанные на характеристиках прочности и пластичности составляющих плакированных сталей, с учетом структурно-механического состояния переходных слоев, которое опреде-

ляется выбором технологического процесса плакирования и может изменяться под влиянием длительности нагружения и других эксплуатационных факторов.

В условиях термоциклического нагружения интенсифицируются процессы диффузии углерода, изменяются геометрические соотношения толщин карбидной прослойки и обезуглероженной зоны, ускоряются эффекты ползучести, развивается межзеренное скольжение, особенно вблизи границы раздела слоев, повышается вероятность образования формоизменения биметаллических материалов и элементов конструкций.

8. Представляет интерес использование для оценки термоциклической прочности биметаллов модифицированного деформационного критерия, с целью получения (для расчетного времени) уравнения состояния, соответствующего связыванию разрушающего числа циклов с размахом интенсивности циклической деформации, температурным интервалом теплосмен, асимметрией нагружения с учетом параметров разупрочнения, замедленного разрушения и структурно-механической неоднородности.

9. В существующих расчетно-экспериментальных методах оценки вязкости разрушения биметаллов в последнее время сделаны попытки учета исходного уровня остаточных напряжений, однако при этом не принимается во внимание изменение (релаксация) остаточных напряжений при наличии трещин как в вершине, так и по берегам ее. К настоящему времени практически отсутствуют сведения о статической и циклической трещиностойкости при наличии рабочих сред (пор высоких параметров, газообразные среды типа аммиака). Это требует развития структурно-методической базы исследования, что составляет одну из целей дальнейшей научно-исследовательской работы автора, направленной на анализ повреждений плакированных сталей при термомеханическом нагружении в условиях рабочей среды.

10. Исследование термоциклической прочности биметаллов типа нержавеющей аустенитная сталь + конструкционная сталь, а также анализ их статической и циклической трещиностойкости при наличии рабочих сред, позволяет научно обоснованно подходить к оценке надежности и долговечности элементов конструкций, выполненных из плакированных сталей и используемых в машинах и аппаратах химических производств, в оборудовании тепловой и ядерной энергетики и других отраслях народного хозяйства.

#### Литература

- 1 Астров Е.И. Плакированные многослойные металлы.—М.: Металлургия, 1965.—240 с.
- 2 Голованенко С.А., Меандров Л.В. Производство биметаллов.—М.: Металлургия, 1966.—304 с.
- 3 Аркулис Г.Э. Совместная пластическая деформация разных металлов.—М.: Металлургия, 1964.—270 с.
- 4 Меандров Л.В. Двухслойные коррозионностойкие стали за рубежом.—М.: Металлургия, 1970.—232 с.
- 5 Засуха Н.Ф. и др. Биметаллический прокат.— М.: Металлургия, 1970.—280 с.
- 6 Головачев В.А., Комаров Н.А. Высокопрочные биметаллические соединения.—Л.: Машиностроение, 1974.— 192 с.
- 7 Тананов А.И., Катихин В.Д. и др. Строение и свойства биметаллических материалов.—М.: Наука, 124с.
- 8 Гельман А.С., Чудновский А.Д. и др. Плакированные стали взрывом.—М.: Машиностроение, 1978.— 191 с.
- 9 Дерibas А.А. Физика упрочнения и сварки взрывом.—Новосибирск: Наука, СО, 1980.— 222 с.

#### Қорытынды

Химия, мұнай, энергетика өнеркәсібінде қолданатын техниканың сапасын жақсартуда, қосметалдарды пайдалану тиімді екендігін айта отырып, осы бағытта ғылыми-зерттеуге қажетті мәселелер көтерілген.

#### Summary

The modern technique, chemical and petroleum industry treatment, energetic a demand at construction materials are presented. The aspect of application of bimetal are considerate.