

ПРИМЕНЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сиротенко Л.Д., Шлыков Е.С., Абляз Т.Р.

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, lowrider11-13-11@mail.ru

Применение биметаллов позволяет существенно повысить эффективность производства широкого класса деталей и оборудования для предприятий химической, нефтяной, сельскохозяйственной, транспортной, энергетической и других отраслей машиностроения. Целью работы является анализ литературных данных в области применения биметаллических сплавов в различных областях промышленности и методов их получения и обработки. Рассмотрены основные способы получения биметаллов: обработка давлением (прокатка, осадка, прессование, волочение), сварка взрывом, литье, наплавка, пайка, нанесение порошковых покрытий. Показаны такие виды биметаллов, как: коррозионностойкие, антифрикционные, электротехнические (проводниковые и контактные), инструментальные, износостойкие, термобиметаллы. Отмечено, что обработка биметаллов классическими методами затруднена. При резке биметаллов возможны повреждение плакирующего слоя, ударные нагрузки на инструмент. Обработка биметаллов, имеющих в качестве плакирующего слоя сверхтвердые материалы, является невозможной. Показана необходимость применения электроэрозии при обработке биметаллов, что позволяет избежать внедрения плакирующего слоя в основной.

Ключевые слова: биметаллы, плакирующий слой, получение биметаллов, обработка биметаллов, электроэрозионная обработка

FEATURES OF BIMETALLIC ALLOYS APPLICATION

Sirotenko L.D., Shykov E.S., Ablyaz T.R.

¹Perm national research polytechnic university, Russia, Perm, 614990, Komsomolsky Av. 29, lowrider11-13-11@mail.ru

Application of bimetal can significantly improve the efficiency of production of a wide class of parts and equipment for the chemical, petroleum, agriculture, transport, energy and other branches of engineering. The aim of paper is analysis of literature data in the bimetallic alloys application in various industries, and analysis of bimetal obtaining and processing methods. The main ways of obtaining bimetal such as forming (rolling, sludge pressing, drawing), explosive welding, casting, welding, soldering, powder coating are reported. Corrosion-resistant, anti-friction, electrical (conductor and contact), tool, wear-resistant and thermostatic bimetal are showed. It is found that customary treatment of such bimetal is difficult. It is possible that bimetal cladding layer will be damaged. Also, the tool will get shock loads. Customary treatment of bimetal having as a cladding layer superhard materials is impossible. The using of electrical discharge machining of bimetal, allows to avoid the introduction of the cladding layer to the core layer.

Keywords: bimetal, cladding layer, obtaining bimetal, processing bimetal, electro discharge machining

Современные тенденции развития промышленного производства характеризуются повышенными требованиями к качеству и эксплуатационным свойствам. Развитие техники вызывает необходимость создания материалов, обладающих комплексом свойств, обеспечивающих высокую прочность, коррозионную стойкость, теплопроводность, жаропрочность, износостойкость и др. Зачастую отдельные металлы и сплавы не могут обеспечить требуемую гамму свойств. Поэтому широкое применение нашли слоистые металлические композиции. Такие материалы могут быть изготовлены с помощью соединения разнородных металлов в монолитную композицию, сохраняющую надежную связь составляющих при дальнейшей технологической обработке и в условиях эксплуатации

[6]. К числу таких материалов относятся биметаллы – слойные материалы, состоящие из двух или более металлов и сплавов.

Целью работы является анализ литературных данных в области применения биметаллических сплавов в различных областях промышленности и методов их получения и обработки.

Анализ областей применения биметаллов

Применение слоистых металлических композиций позволяет повысить надежность и долговечность большого класса деталей и оборудования. В результате экономии дорогостоящих цветных металлов (Ni, Cr, Cu, Mo, Ti и др.) сокращаются расходы на их изготовление. Использование слоистых композиций способствует разработке более совершенных конструктивных решений при создании современных машин, приборов, аппаратов.

Сегодня биметаллы – это важнейшая группа промышленных материалов с широким спектром свойств. Применение биметаллов позволяет существенно повысить эффективность производства широкого класса деталей и оборудования для предприятий химической, нефтяной, сельскохозяйственной, транспортной, энергетической и других отраслей машиностроения. По назначению все производимые в настоящее время биметаллы можно подразделить на следующие виды: коррозионностойкие, антифрикционные, электротехнические (проводниковые и контактные), инструментальные, износостойкие, термобиметаллы [6].

Анализ литературы [1, 6] показал, что существует ряд способов получения слоистых металлических композиций. Различные способы получения биметаллов не исключают, а взаимно дополняют друг друга. Различают такие способы, как: обработка давлением (прокатка, осадка, прессование, волочение), сварка взрывом, литье, наплавка, пайка, нанесение порошковых покрытий [6].

Сущность метода получения биметаллов прокаткой состоит в совместной деформации листов, полос, лент соединяемых металлов, собранных в пакет. С помощью метода осадки можно получать многослойные композиции небольших размеров. Пакет, собранный из соединяемых компонентов, нагревают в печи, а затем помещают между бойками прессы и осаживают. После этого полученную многослойную заготовку подвергают прокатке до готового размера. При производстве круглых и фасонных биметаллических профилей широко используется метод горячего прессования, который основан на совместном истечении соединяемых металлов через матрицу.

Сварку взрывом используют для непосредственного изготовления многослойных листов, полос, цилиндрических изделий, предназначенных для последующей прокатки.

Кроме того, сварку взрывом применяют для облицовки деталей машин и конструкций, нанесения порошковых покрытий на металлические поверхности [1].

С помощью литья изготавливают многослойные заготовки для дальнейшей горячей обработки давлением. Эффективным способом для отливки двух- и трехслойных заготовок толстолистового коррозионностойкого биметалла является заливка жидким металлом пластины или стержня, установленных в изложнице.

В работе [6] показано, что метод наплавки применяют как для непосредственного плакирования деталей и заготовок, так и для получения биметаллических заготовок для дальнейшей прокатки. Процесс наплавки обладает высокой производительностью, обеспечивает незначительную глубину проплавления основного металла. Недостатки метода наплавки заключаются в его трудоемкости и необходимости использования дополнительной обработки для придания наплавленной поверхности требуемого качества.

Применение биметаллических листов, проволоки, многослойной ленты, двухслойной инструментальной стали дает значительную экономию меди, никеля, вольфрама и других дефицитных металлов (рис. 1) [1].



Рис. 1. Биметаллическая лента

Одним из направлений защиты и эффективного использования металла является изготовление его в виде нескольких слоев. Это позволяет снизить расход дефицитных металлов и использовать главное техническое преимущество биметаллов – возможность сочетания в одном материале различных служебных свойств. Важным свойством биметалла является теплопроводность и технологичность (способность к сварке, гибке, штамповке). Из работы [1] следует, что в качестве плакирующего слоя в отечественной и зарубежной практике нашли распространение те же коррозионностойкие стали и металлы, которые применяются в виде однородного металла для аналогичных сред. К их числу относятся: хромоникелевые стали с добавкой титана или ниобия, хромистые стали, хромоникельмолибденовые стали с титаном или медью и титаном; медные сплавы (латунь,

бронза и томпак); никелевые сплавы (монель, инконель, хастеллой); чистые металлы (медь, никель, серебро, титан, алюминий) (рис. 2).



Рис. 2. Анतिकоррозионный слой

В работе [6] показано, что способность биметалла противостоять коррозии в той или иной среде определяет область его применения. При этом коррозионная стойкость определяется материалом плакирующего слоя. Двухслойные стали с плакирующим слоем из аустенитных хромоникелевых сталей типа 08X18H10T применяют для изготовления аппаратов, работающих в большинстве органических соединений и таких средах, как растворы азотнокислых, сернокислых и хлористых солей, сернистые и углекислые газы. Плакированные хромоникельмолибденовыми сталями листы используют для изготовления аппаратуры, работающей в сильноагрессивных средах: в горячих растворах сернистой и фосфорной кислот, кипящих растворах уксусной, щавелевой и муравьиной кислот и в растворе серной кислоты при повышенных температурах [6, 7]. Химическое и нефтехимическое машиностроение потребляет основную массу коррозионностойких биметаллов.

В работах [1, 4, 6] показано, что у износостойких биметаллов для плакирующего слоя применяют стали и сплавы с высокой стойкостью против абразивного износа, а для основного слоя обычно используют малоуглеродистую сталь. Применение слоя твердой стали в сочетании с более мягкой позволяет не только увеличить срок службы износостойких биметаллов, но и придать изготавливаемым из них лезвиям новое свойство – самозатачивание. Биметаллические двухслойные и трехслойные листы и полосы нашли широкое применение для режущего инструмента (рис. 3). В результате широкого использования биметалла достигается значительная экономия высоколегированных сталей, имеющих дефицитные легирующие элементы, такие как хром, вольфрам, ванадий и т.д.



Рис. 3. Биметаллический режущий инструмент

В электротехнике и электронике биметаллы применяют в качестве проводников и деталей бесконтактных устройств. Обычно металлическая композиция сочетает в себе высокие электрические и прочностные свойства при минимальном расходе дорогостоящих и дефицитных проводниковых материалов (Cu, Ag, Al и др.). В работе [8] установлено, что биметаллические проводники имеют, как правило, меньшую массу и более высокую коррозионную стойкость. Наибольшее распространение в качестве проводниковых биметаллов получили биметаллы с плакирующим слоем из меди, что объясняется высокой электропроводностью меди (рис. 4).



Рис. 4. Биметаллический проводник

Биметаллические контакты (Ti+Cu, сталь+Al, Cu+Al и др.) используют для ряда процессов практической электрохимии, при этом значительно повышается срок службы токоведущих деталей и существенно снижается переходное сопротивление контакта.

При анализе работ [4, 8] установлено, что при изготовлении анодов электровакуумных приборов, работающих при повышенных температурах, применяют биметаллы на основе Al и металлов, образующих с ним интерметаллические соединения, обладающие высокой излучательной способностью

Одна из эффективных областей использования биметаллов – производство подшипников скольжения. В современных машинах применение подшипников скольжения часто предпочтительнее, чем применение подшипников качения, благодаря меньшим габаритам и металлоемкости, а также высоким рабочим характеристикам [6]. Исходным материалом для подшипников является биметаллическая лента или полоса с основным слоем

из малоуглеродистой стали и плакирующим слоем из антифрикционных сплавов (латуней, бронз, баббитов, алюминиевых сплавов).

Плакирующий антифрикционный материал должен иметь хорошую прирабатываемость, достаточно высокую усталостную прочность при рабочих температурах подшипника, высокую стойкость против коррозии в масле при рабочих температурах подшипника [1].

В работе [3] в конструкциях авиационных двигателей в качестве материала уплотнений нашел применение биметаллический композит на основе системы: «алюминий—нитрид бора».

В работе [5] говорится о термобиметаллах, которые нашли широкое применение для изготовления чувствительных тепловых приборов, реле времени, компенсаторов и т.д. (рис. 5). Основное свойство термобиметалла заключается в способности изгибаться при нагреве. Соотношение слоев в термобиметалле примерно составляет 1:1. Слой с большим коэффициентом линейного расширения называют активным, с меньшим — пассивным.



Рис. 5. Термобиметаллический датчик

Термобиметалл может выполнять функции измерительного, компенсационного, регулирующего или защитного элемента [5].

Широкое применение биметаллов в промышленности вызывает необходимость изучения формообразования деталей, созданных на основе этих сплавов. В работе [6] установлено, что при резке биметаллов возможно повреждение плакирующего слоя путем внедрения в него основного слоя. Однако в анализируемых работах не предложены методы обработки биметаллов, позволяющие избежать внедрения плакирующего слоя в основной и обеспечивающие точность и качество рабочих поверхностей после обработки.

Результаты исследования и обсуждение

Актуальными являются разработка и исследование высокопроизводительных технологических процессов обработки биметаллических деталей.

Низкая обрабатываемость стальных и хромоникелевых покрытий твердосплавных покрытий биметаллов является следствием их высокой твердости, высоких температур возникающих в зоне резания, и других факторов. При механической обработке биметаллов

могут происходить ударные нагрузки на инструмент, что снижает его стойкость и вызывает местные погрешности детали, требующие последующей обработки. Колеблющиеся нагрузки на режущем клине требуют от лезвия инструмента прочности при изгибе. Поэтому инструментальные материалы должны обладать высокой твердостью и прочностью в широком диапазоне температур и нагрузок, достаточной ударной вязкостью, хорошей теплопроводностью, низкой склонностью к адгезии и диффузии в обрабатываемые материалы. Однако изготовление таких инструментов зачастую является дорогостоящим. Детали, включающие соединение сваркой, наплавленные слои, покрытия, имеют измененные участки на границах соединения элементов, где агрегатное состояние материалов также может иметь существенные различия. Этому способствуют локальный нагрев при сварке, наплавке, структурные изменения покрытий даже при отсутствии нагрева. Твердость некоторых сплавов в районах сварки, наплавки, покрытий может превышать предел их обрабатываемости режущим инструментом, или обрабатываемая поверхность может быть недоступной для инструмента, и соответственно обработка таких материалов на лезвийных металлообрабатывающих станках зачастую является невозможной [2].

Адекватным решением данной проблемы является применение электрофизических методов размерной обработки материалов. Одним из таких методов является электроэрозионная обработка (ЭЭО). В настоящее время метод ЭЭО является одним из самых распространенных методов обработки современных материалов, в том числе биметаллов, и положен в основу большинства технологических процессов как в серийном, так и в массовом производстве.

Неизбежным результатом действия импульса тока является расплавление не только обрабатываемого материала, но и материала электрода, в результате некорректно назначенных режимов обработки может произойти его износ. Износ электрода при обработке биметаллов ведет к снижению качества обработанной восстановленной поверхности и повышает время обработки. Несмотря на широкое применение технологии ЭЭО в производстве, данный процесс не изучен в полной мере. Необходимо изучение зависимости износа ЭИ от режимов обработки и физико-механических свойств обрабатываемого материала. Решение вопросов, связанных с изучением проволоочной резки биметаллов и разработкой моделей, позволяющих без применения методики пробных резов подбирать режимы обработки и прогнозировать показатели качества обработанных биметаллических заготовок, является актуальной научно-технической задачей.

Выводы

Из анализа научных работ показана актуальность применения таких видов биметаллов, как: коррозионностойкие, антифрикционные, электротехнические (проводниковые и

контактные), инструментальные, износостойкие, термобиметаллы. Рассмотрены возможности их изготовления и сложности последующей обработки.

Установлено, что обработка таких биметаллов классическими методами затруднена, так как при резке биметаллов возможны повреждение плакирующего слоя, ударные нагрузки на инструмент. Обработка биметаллов, имеющих в качестве плакирующего слоя сверхтвердые материалы, является невозможной. Рассмотрен метод электроэрозионной обработки биметаллических сплавов, позволяющий избежать внедрения плакирующего слоя в основной. Показано, что технология ЭЭО обработки биметаллов не изучена в полной мере.

Список литературы

1. Голованенко С.А., Меандров Л.В. Производство биметаллов // М.: Metallurgy. 1966. — С. 8–56
2. Грицок В.Г. Режимы и технология обработки биметаллов с наложением электрического поля: дисс. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Воронеж: ВГТУ, 2005. 201 с.
3. Живушкин А.А. Особенности применения композиционного материала «Алюминий – Нитрид бора» в авиационных двигателях // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, №3(19), 2009. — С. 235–239.
4. Матвеев А.С. Особенности применения конструкционных материалов при изготовлении электродов вакуумных приборов // Конструкции из композиционных материалов. № 2, 2010. — С. 28–31.
5. Михайлов Н.П. К вопросу использования биметаллов в нагревательных приборах // Техничко-технологические проблемы сервиса. № 4 (14) 2010. — С. 26–28.
6. Потапов И.Н. Слоистые металлические композиции // М.: Metallurgy, 1986. — С. 90–150.
7. Слюсарев М.В. Исследование параметров качества биметаллических листов // Вестник ВолГУ. Серия 9. Вып. 6. 2007. — С. 176.
8. Тарнавский А.Л. Биметаллическая проволока // Металлуриздат. 1963. — С. 120–125.

Рецензенты:

Беленький В.Я., д.т.н., профессор, декан МТФ ПНИПУ, г. Пермь;

Иванов В.А., д.т.н. профессор, зав. каф. МСИ, г. Пермь.