

УДК 53.082.6:536.212.2

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАЛЕБРОНЗОВОГО БИМЕТАЛЛА ХОЛОДНЫМ ПЛАКИРОВАНИЕМ

А.В. Колмаков¹, Ю.В. Плужников¹, А.П. Пудовкин², В.Н. Чернышов²

*ОАО “Завод подшипников скольжения”, г. Тамбов (1);
Кафедра: “Криминалистика и информатизация
правовой деятельности”(2), ТГТУ*

Представлена членом редколлегии профессором В.Ф. Калинин

Ключевые слова и фразы: антифрикционный биметалл; холодное плакирование.

Аннотация: Приведены технологические параметры и оборудование для производства антифрикционных сталебронзовых биметаллов. Описан способ изготовления в холодном состоянии полосового биметалла для вкладышей подшипников скольжения.

В машиностроении большое значение имеет создание подшипников скольжения с высокой работоспособностью при условии технологичности их изготовления и недефицитности используемых материалов. Материал подшипников должен обладать многими свойствами: антифрикционностью, прочностью, смачиваемостью смазкой, впитываемостью (способность поглощать загрязнения из смазки), коррозионной стойкостью, высокой теплопроводностью и др. Требуемое сочетание свойств более эффективно может быть достигнуто применением биметаллической конструкции подшипника скольжения, состоящего из прочного стального основания и плакирующего слоя из антифрикционного материала.

В качестве основания при изготовлении биметаллических подшипников скольжения обычно применяют низкоуглеродистые стали, обладающие требуемой прочностью и достаточной пластичностью. В качестве антифрикционного слоя в основном применяют баббиты, алюминиевые и медные сплавы [1 – 4].

Для изготовления шатунных и коренных подшипников коленчатого вала дизельных двигателей с удельной нагрузкой до 20 МПа обычно применяют композицию сталь + сплав АСМ с толщиной плакирующего слоя 25...30 % от общей толщины. При нагрузках более 20 МПа в тяжелонагруженных дизелях используют биметаллические вкладыши с алюминисодержащими сплавами АО9-1, АО10-1, АО12-1 и АО20-1, а также биметалл (сталь – бронза) БрС30. Для изготовления подшипников скольжения тракторных двигателей, например, втулок верхней головки шатунов, применяют также литейную оловянноцинкосвинцовистую бронзу БрОЦС 5-5-5, БрОЦС 6-6-3 и БрОЦС 3,5-6-5 и деформируемые бронзы БрОЦС 4-4-4 и БрОЦС 4-4-2,5.

Из-за того что допускаемые нагрузки на подшипники с плакирующим слоем из сплава АО значительно ниже, чем на подшипники с составляющей из медных сплавов, применение биметаллов с плакирующим слоем из антифрикционной бронзы для узлов трения тяжело нагруженных дизельных двигателей является перспективным с точки зрения повышения мощности двигателей.

Однако подшипники из биметалла (сталь + антифрикционные бронзы) не нашли широкого применения. Это объясняется в первую очередь отсутствием производительного, надежного и сравнительно дешевого технологического процесса изготовления данных биметаллов. Основные способы соединения компонентов биметаллов между собой: литейное плакирование, сварка взрывом, холодная и горячая прокатка. Так, получение биметалла (сталь – бронза) БрОЦС 4-4-2,5 литым плакированием приводит к образованию пористого слоя и не обеспечивает достаточной прочности сцепления слоев, что значительно снижает эксплуатационные характеристики вкладышей подшипников скольжения. Получение этого биметалла совместной пластической деформацией составляющих показывает, что образовавшееся соединение обладает низкой прочностью и легко разрушается при последующей обработке. Это объясняется тем, что при плакировании на поверхность раздела слоев вытесняется свинец, находящийся в бронзе в виде мягкой структурной составляющей, который со сталью не взаимодействует и не образует твердых растворов, что приводит к возникновению неравнопрочного соединения.

Зона соединения стали с бронзой после сварки взрывом носит волнообразный характер со следами ярко выраженного пластического течения на контактных поверхностях. Последующая холодная прокатка сваренных взрывом заготовок приводит к образованию трещин в плакирующем слое и его отслаиванию от стальной составляющей. Для снятия остаточных напряжений после сварки взрывом и уменьшения наклепа, а также для повышения прочности соединения биметаллические заготовки подвергают диффузионному отжигу.

Хотя сварка взрывом и последующий отжиг и обеспечивают достаточно высокую прочность соединения слоев, соединение носит неравнопрочный характер из-за отсутствия сварки в местах контакта стали с выделившимися при высокоскоростном соударении включениями свинца и олова. При последующей холодной прокатке эти включения раскатываются вдоль зоны соединения и ослабляют прочность соединения слоев. Таким образом, комбинированный способ изготовления антифрикционных биметаллов с использованием сварки взрывом стали с бронзой также сложен, трудоемок и малопроизводителен.

Анализ существующих способов изготовления композиции сталь + бронза, исходя из требований к ее качеству, показал, что эффективным способом ее получения может быть холодное плакирование [1 – 5].

На ОАО «Завод подшипников скольжения» до недавнего времени производили антифрикционный биметалл способом холодного плакирования только алюминийсодержащих сплавов АО20-1, АО12-1 и АО10-1 на стальную основу. Сталеалюминиевый биметалл производится как в отрезках, так и в рулонах. В настоящее время на предприятии разработан и успешно апробирован способ изготовления биметалла (сталь – бронза) БрОФ 6,5-0,15 методом холодной прокатки по технологической схеме и на том же прокатном оборудовании, что и производство биметалла сталь + сплав АО20-1.

Общая технологическая схема изготовления биметаллических полос (сталь 08кп + сплав АО20-1) показана на рис. 1. Процесс производства биметалла осуществляется в три потока [3].

В первом потоке выполняют все операции, связанные с подготовкой стального подката, идущего на создание основы биметалла.

Во втором технологическом потоке ведется изготовление подката из антифрикционного сплава АО20-1 от выплавки до обработки на шаберной машине.

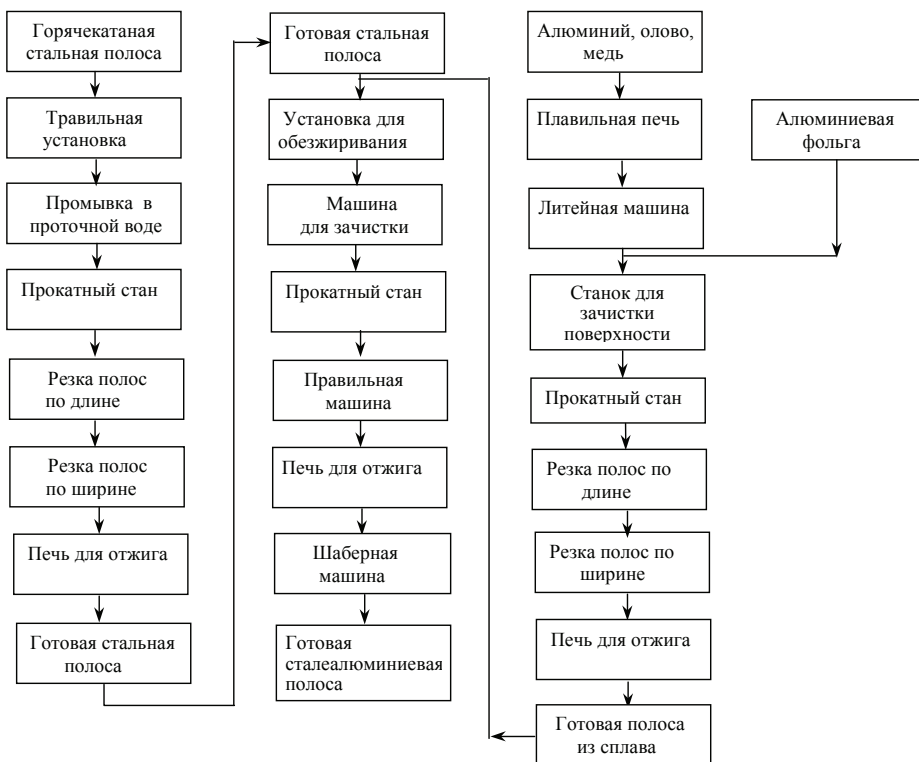


Рис. 1 Технологическая схема производства биметалла сталь – сплав АО20-1

Третий поток неразрывно связан со вторым и включает совокупность технологических операций по совместной обработке заготовок, поступающих из первого потока, и заканчивается выпуском готового биметалла.

Способ производства биметалла (сталь – бронза) БрОФ 6,5-0,15 осуществляют следующим образом.

Для получения биметалла берут стальную основу и плакирующую омедненную бронзу. Предварительно основа и плакирующая бронза были обезжирены и зачищены вращающимися металлическими щетками с одной из сторон, а затем зачищенными поверхностями уложены в пакет для плакирования путем холодной прокатки с обжатием 50...75 %. После прокатки полученные биметаллические полосы подвергают промежуточной термической обработке в туннельной конвейерной печи в среде защитного газа. Затем проводят окончательную холодную прокатку биметаллических полос до необходимой толщины и окончательную термообработку в том же режиме и с использованием защитной атмосферы того же состава, что и при промежуточной термообработке. Далее проводят испытание качества сцепления слоев путем выполнения параллельных поперечных надрезов в слоях с последующим растяжением образца, а по отношению максимальной нагрузки к величине площади сдвига определяют прочность сцепления слоев на срез.

Омедненную с двух сторон бронзу, используемую для плакирования, получают по описанному способу. Зачистку бронзы производят в этом случае с двух сторон, а меди с одной стороны. Ниже приведены примеры.

Пример 1. Биметалл для вкладышей подшипников скольжения – сталь + бронза БрОФ 6,5-0,15 получали способом холодного плакирования.

Для получения биметалла использовали холоднокатаную калиброванную сталь марки 0,8кп толщиной 6,2 мм, холоднокатаную отожженную омедненную с двух сторон бронзу БрОФ 6,5-0,15 толщиной 2,4 мм.

Исходные материалы подвергали обезжириванию в специальной установке, где холодные полосы проходят через трихлорэтиленовый пар, нагретый до 70 °С, который, конденсируясь, стекает вниз, растворяя жировые покрытия на поверхности полос. Обезжиривание в парах трихлорэтилена протекает в течение 4 – 5 минут. После обезжиривания по истечении не более 1,5 – 2 часов исходные материалы тщательно зачищали. Зачистка контактной поверхности бронзы осуществлялась двумя вращающимися стальными проволочными щетками, изготовленными из стальной проволоки диаметром 0,3 мм до металлического блеска. Скорость вращения щеток 1000 об/мин. Скорость движения бронзовой полосы 0,12 м/с. Давление щеток на обрабатываемую поверхность при очистке регулируется в пределах 0,5...0,8 МН /м². Зачистка стальной основы осуществлялась шлифовальной бесконечной лентой 3050×215 ТУ-У3.02-0022225-015–95 с зерном 50. Скорость движения стальной полосы 0,16 м/с. Омедненную бронзу и сталь зачищали с одной стороны в один пропуск.

Холодное плакирование осуществляли на двухвалковом стане 05 с диаметром валков 450 мм и длиной бочки 400 мм с обжатием 60...65 %. Холоднокатаные полосы биметалла толщиной 3,1...3,2 мм подвергали промежуточному отжигу в туннельной конвейерной печи в среде защитного газа. Защитный газ – пропанбутановая смесь – подается в рабочее пространство печи из экзотермической газовой установки. Термообработка включала нагрев до температуры 610...630 °С и выдержку в течение 4 часов и последующее охлаждение в той же печи в защитной атмосфере до температуры 60 °С. Общее время термообработки составило 24 часа.

Окончательную холодную прокатку полос до толщины 3,0 мм выполняли за один проход на двухвалковом стане 05, после которой прокатки полосы подвергали окончательной термообработке по режиму соответствующему промежуточной термообработке. Соединение слоев в биметалле прочное.

Механические свойства готового биметалла: предел прочности $\sigma_b = 350...400$ МПа; относительное удлинение $\delta = 38...42$ %; твердость HRB – 65...70 для стального слоя; HRB – 70...75 для антифрикционного слоя.

Пример 2. Омедненную бронзу – медь + бронза + медь для плакировки получали способом холодного плакирования. В качестве исходных материалов использовали холоднокатаную отожженную медь марки М 1 ГОСТ 495–77 толщиной 1 мм и холоднокатаную отожженную бронзу марки БрОФ 6,5...0,15 толщиной 6,0 мм.

Исходные материалы подвергали обезжириванию, тщательной зачистке металлическими щетками: основной слой бронзы с двух сторон, а слои меди с одной стороны. Обезжиривание и зачистку проводили по примеру 1.

Холодное омеднение бронзы осуществляли на двухвалковом стане 05 с обжатием 65...70 %. Холоднокатаные полосы толщиной 2,6...2,8 мм подвергали промежуточному отжигу по режиму соответствующему примеру 1.

Окончательную холодную прокатку омедненных бронзовых полос до толщины 2,4 мм выполняли за один проход на двухвалковом стане 05, после чего полосы подвергали окончательной термообработке по примеру 1.

Полученные холодным плакированием полосы с медным подслоем имеют сплошное и достаточно прочное соединение слоев. Микроструктура слоистого металла состоит из ориентированных в направлении прокатки зерен его составляющих, при этом на границе раздела слоев медь + бронза располагаются раздробленные участки закристаллизовавшихся расплавов (рис. 2).

Производство сталевонного биметалла по толщине $h = 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 2,9; 3,0; 3,1; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5; 3,6; 3,8; 3,9; 4,0; 4,1; 4,2$ мм и ширине $b = 120...180$ мм организовано по схеме:

• омедненную бронзу – (медь – бронза БрОФ6,5-0,15 – медь) – получают по примеру 2;

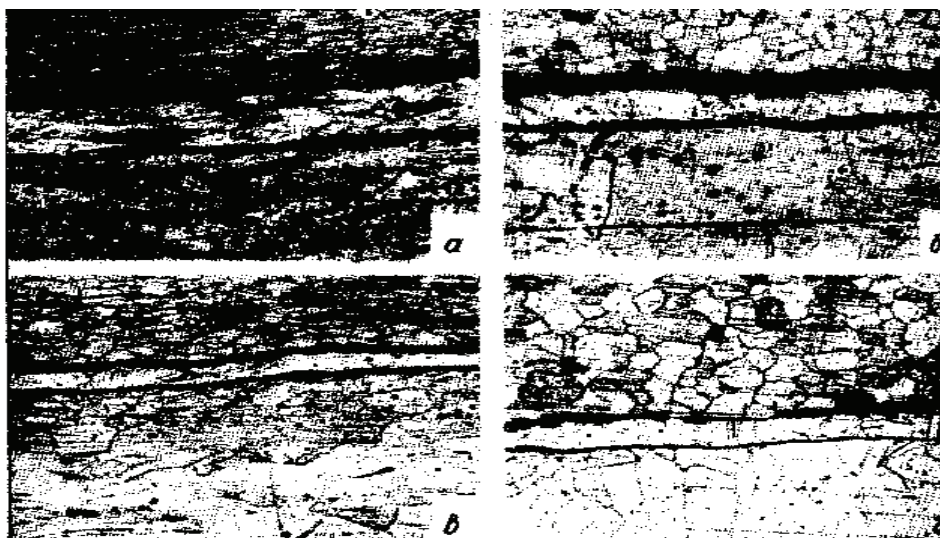


Рис. 2 Микроструктура биметалла сталь – омедненная бронза БрОФ 6,5-0,15 после холодного плакирования (а), промежуточного отжига (б), окончательной холодной прокатки (в) и окончательного отжига (г) $\times 100$

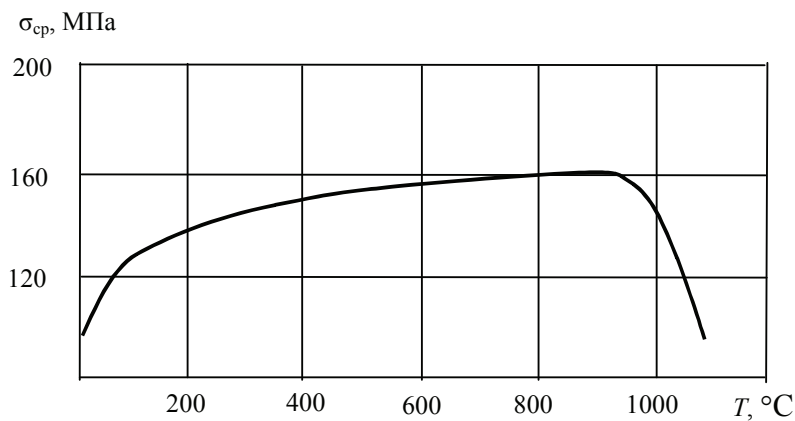


Рис. 3 Зависимость прочности сцепления слоев холоднокатанного биметалла сталь 08кп + омедненная бронза БрОФ 6,5-0,15 от температуры промежуточного отжига ($t = 4$ ч)

• биметалл – (сталь – омедненная бронза) получают по примеру 1. При этом толщина калиброванного стального подката выбирается следующих размеров: $h_0 = 4,2; 4,4; 4,7; 5,0; 5,6; 6,2; 6,4; 6,8; 7,0; 7,2; 7,4; 7,6; 8,0; 8,2; 8,4; 8,6$ мм.

Таким образом, разработанный способ получения биметалла для вкладышей подшипников скольжения можно осуществить по технологической схеме и на действующем оборудовании по производству антифрикционного биметалла сталь – сплав АО20-1 с незначительным усовершенствованием оборудования.

Проведение плакирования стали с использованием двухсторонней омедненной бронзы исключает изгиб биметаллических полос и обеспечивает равномерное соединение слоев при удовлетворительной прочности сцепления. Применение же при плакировании односторонней омедненной бронзы приводит при прокатке к изгибу биметаллических полос. Кривизна биметаллических полос вызывает не только необходимость правки полос на роликовых правильных машинах, но и снижает прочность сцепления слоев.

Кроме того, проведение промежуточной и окончательной термообработок биметалла при температуре 610...630 °С и в среде защитного газа связано не только с предупреждением окисления и снятием механических напряжений, но и с увеличением прочности сцепления слоев биметалла в 1,5–2 раза. Это наглядно показано на рис. 3.

Разработанный способ холодной прокатки позволяет значительно расширить сортамент антифрикционного биметалла для вкладышей подшипников скольжения высокого качества и повысить загрузку существующего прокатного оборудования при массовом производстве биметалла. Изготовленные из данного стале-бронзового биметалла детали узлов трения тяжело нагруженных дизельных двигателей успешно прошли испытания и показали высокие эксплуатационные свойства.

Список литературы

1. Кобелев А.Г. Технология слоистых металлов / А.Г. Кобелев, И.Н. Потапов, Е. В. Кузнецов. – М.: Металлургия, 1991. – 248 с.
2. Биметаллы / Л.Н. Дмитриев, Е.В. Кузнецов, А.Г. Кобелев, Ю.П. Чегодаев, В. Е. Шкляев, В.А. Войцеховский. – Пермь: Пермское книжное изд-во, 1991. – 445 с.
3. Биметаллический прокат / П.Ф. Засуха, В.Д. Корщиков, О.Б. Бухвалов, А.А. Ершов. – М.: Металлургия, 1971. – 264 с.
4. Биметаллические соединения / К.Е. Чарухина, С.А. Голованенко, В.А. Мас-теров, Н.Ф. Казаков. – М.: Металлургия, 1970. – 280 с.
5. Ключников Р.М. Производство сталемедных биметаллов холодным плакированием / Р. М. Ключников, Н.С. Ильин, А.Г. Кобелев, Е.В. Кузнецов // Цветная металлургия. – 1981. - №4. – С. 32-34.

Production of Steel Bronze Bimetal by Cold Cladding

A.V. Kolmakov¹, Yu.V. Pluzhnikov¹, A.P. Pudovkin², V.N. Chernyshov²

*“Plain Bearing Plant” PLC, Tambov (1);
Department “Criminal Law and Legal Activity ” (2), TSTU*

Key words and phrases: anti-friction bimetal; cold cladding.

Abstract: Parameters of technologies and equipment for manufacturing anti-friction steel bronze bimetal are given. The way of manufacturing bar bimetal in cold condition for shells is described.

Erzeugung des Stahlbronzenbimetalls durch die Kaltplattierung

Zusammenfassung: Es sind die Parameter der Technologie und die Apparatur für die Erzeugung der antifrikationfähigen Stahlbronzenbimetalle angeführt. Es ist die Art der Zubereitung des Bandbimetalls im Kaltzustand für die Gleitlageranlagen beschrieben.

Fabrication du bimétal d’acier et de bronze par le placage froid

Résumé: Sont cités les paramètres de la technologie et l’équipement pour la production des bimétaux antifrictions d’acier et de bronze. Est décrit le moyen de la fabrication froide du bimétal de bandes pour les coussinets des paliers lisses.