

УДК 621.791

ИЗНОСОСТОЙКИЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПРОКАТ С ПЛАКИРУЮЩИМ СЛОЕМ ИЗ НЕКОМПАКТНОГО МАТЕРИАЛА (ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА)

В.Г. Пинаев¹, И.А. Рябцев²

¹ЗАО «Редукционно-охладительные установки», г. Барнаул

²Институт электросварки им. Е.О. Патона, г. Киев

В работе предложена технология получения износостойкого биметаллического проката с использованием в качестве плакирующего слоя металлические порошки износостойких сталей и сплавов.

Ключевые слова: биметаллический прокат, плакирующий слой, износостойкость

WEARPROOF BIMETALLIC HIRE WITH THE PLATING LAYER FROM NONCOMPACT MATERIAL (TECHNOLOGY OF RECEIVING AND PROPERTY)

V.G. Pinayev¹, I.A. Ryabtsev²

¹ ROU Co., Barnaul

² Institute of electric welding of E.O. Patton, Kiev

In work the technology of receiving wearproof bimetallic hire with use as the plating layer metal powders wearproof staly and alloys is offered.

Keywords: the bimetallic hire plating a layer, wear resistance

Необходимость обеспечивать сочетание высокой износостойкости биметалла и удовлетворительной пластичности материала при температурах прокатки затрудняет применение существующих и разработку новых компактных материалов для плакирующего слоя в износостойком биметаллическом прокате. Наилучшую стойкость в условиях абразивного изнашивания имеют стали и сплавы с карбидным упрочнением. В то же время большое количество избыточной карбидной фазы существенно ухудшает пластичность и прочность соединения, а также приводит к нарушению соотношения сечений слоев в готовом прокате. Поэтому содержание углерода в сталях, применяемых для плакирующих слоев, обычно не превышает 2 %, а карбидообразующих элементов (хрома, титана, ванадия, молибдена, вольфрама) – 12 % [1]. Это делает менее заметными преимущества биметаллического проката по сравнению с изделиями, наплавленными высокоуглеродистым легированным износостойким материалом.

Для получения износостойкого биметаллического проката с более высокими эксплуатационными свойствами в Алтайском НИИ технологии машиностроения (АНИТИМ) и

ИЭС им. Е. О. Патона [2] было предложено использовать в качестве плакирующего слоя металлические порошки износостойких сталей и сплавов.

В результате экспериментов установлено, что качество и некоторые служебные свойства биметалла с плакирующим слоем из некомпактного материала зависят от способа производства и степени предварительного прессования порошкового слоя, т.е. его пористости перед прокаткой.

Были проведены исследования такого материала, полученного горячей прокаткой пакетов, в которых слой порошка находился в различном состоянии: насыпной плотности, после предварительной осадки на прессе и после прессования взрывом.

В качестве плакирующего слоя во всех случаях применяли гранулированный порошок ПГ-С1. Основной слой в первых двух случаях сталь Ст3, в третьем – сталь 45.

Герметизированные пакеты по первому способу непосредственно прокатывали на стане. Температура нагрева под прокатку – 1150 °С, обжатие за проход – 5—10 мм. По второму способу пакеты перед прокаткой осаживали на прессе, степень обжатия до 25 %.

ИЗНОСОСТОЙКИЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПРОКАТ С ПЛАКИРУЮЩИМ СЛОЕМ ИЗ НЕКОМПАКТНОГО МАТЕРИАЛА (ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА)

При компактировании порошка с помощью энергии взрыва одновременно протекал процесс герметизации пакетов путем сварки взрывом технологической пластины с основным слоем. Измерение плотности и пористости порошка методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 18898—93 показало, что взрывная обработка обеспечивает хорошее компактирование. Плотность сормайта была $6,9\text{—}7,2\text{ г/см}^3$ и пористость

$3,2\text{—}6\%$, начальная насыпная плотность порошка – $2,5\text{ г/см}^3$, т.е. степень уплотнения составила $2,5\text{—}2,7$ раза. Эту величину необходимо учитывать при расчете высоты засыпки порошка для получения нужной толщины плакирующего слоя в биметаллическом прокате.

Исследование структуры порошка после взрывного прессования выявило локальные очаги схватывания частиц между собой и с основой. Однако общая прочность прессованного порошка и его связь с основным слоем находятся на низком уровне.

Исследовали макро- и микроструктуру, а также служебные свойства биметаллического проката, изготовленного различными способами.

В биметалле, полученном по первому способу, выявлена значительная неравномерность слоев. Плакирующий слой имеет периодические утолщения по высоте. Причем, чем выше степень обжатия за проход, тем больше неравномерность слоев.

Изучали влияние предварительной осадки на прессе на равномерность плакирующего слоя из порошка ПГ-С1 в биметаллическом прокате. Пакеты размерами $50\times 80\times 100$ мм нагревали при температуре $1100\text{ }^\circ\text{C}$ и осаживали на прессе с относительными обжатиями 5, 10, 20 и 25 %. Затем пакеты нагревали повторно и прокатывали с общим относительным обжатием 80 %. Как показало изучение макрошлифов, осадка на прессе обеспечивает равномерную деформацию всех слоев. При прокатке появляются периодические утолщения плакирующего слоя по высоте. Такой характер формирования связан с особенностями деформация порошка, находящегося между двух пластичных слоев, прокатными валками. Степень компактирования порошка при осадке на прессе не велика. При прокатке порошок, обладающий большим сопротивлением деформации по сравнению с наружными слоями, периодически выдавливается валками вперед.

Увеличение степени компактирования способствует получению более равномерного

плакирующего слоя. Наилучшие результаты дает компактирование порошка взрывом.

Одновременно было установлено, что толщина порошкового слоя в заготовке после компактирования взрывом имеет некоторую предельную величину, выше которой начинает снижаться равномерность слоев в прокатанном биметалле. Эта величина зависит от состава и свойств порошка, остаточной пористости и режимов прокатки и составляет $20\text{...}30$ мм.

Для получения качественного биметалла из крупногабаритных заготовок с исходной толщиной некомпактной составляющей выше предельной разработан способ, заключающийся в разделении порошкового слоя прослойками из пластичного материала на более тонкие слои [3]. В этом случае при прокатке удается достичь равномерности слоев, характерной для биметаллического проката с износостойкими сталями типа ДИ54, Х6Ф1 и т.п.

Изучили макро- и микроструктуру, прочность соединения слоев и некоторые служебные свойства износостойкого биметаллического проката с плакирующим слоем из сормайта ПГ-С1.

Из прокатанных пластин были вырезаны вдоль и поперек направления прокатки темплеты и изготовлены макрошлифы. Изучение макрошлифов показало, что прокатка обеспечивает получение плакирующего слоя равномерной толщины (рис. 1, а). Структура плакирующего слоя плотная – без пор и других дефектов.

Определяли прочность соединения слоев на срез с приложением растягивающей нагрузки. Из двух слойных пластин были изготовлены образцы размерами $60\times 5\times 5$ мм, на которых выполняли надрезы с обеих сторон до границы раздела слоев. При этом расстояние между надрезами составляло $2\text{—}3$ мм. При суммарной степени обжатия 80 % прочность соединения слоев составляла $246\text{—}317$ МПа, что значительно превышает требования ГОСТ 10885—64, согласно которым она должна быть равна 150 МПа.

Высокая прочность соединения слоев позволяет производить гибку и штамповку биметалла с растяжением основного и плакирующего слоев (рис. 1, б).

С помощью микрорентгеноспектрального анализатора изучали диффузию легирующих элементов (хрома, железа, никеля, кремния, марганца) в зоне соединения слоев биметаллического проката сталь 45 +ПГ-С1. Для сравнения аналогичные опыты были проведены с образцами стали 45, на которые индукционным способом наплавляли порошок ПГ-С1. На

рис. 2 приведены кривые распределения хрома и железа в переходной зоне. Как показали исследования, ширина диффузионной зоны в плакированном прокате в 2—3 раза меньше, чем в биметалле с наплавкой, что

объясняется отсутствием расплавления и перемешивания соединяемых прокаткой материалов.

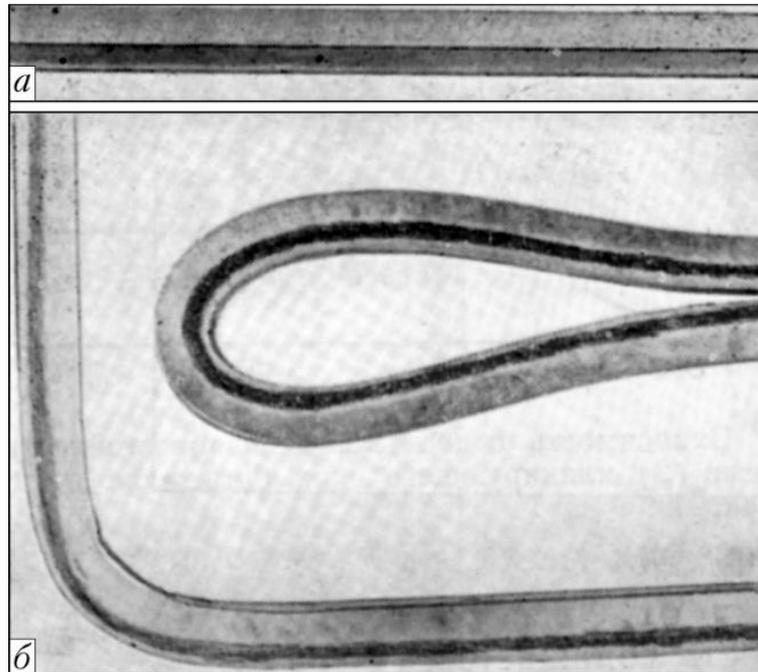


Рисунок 1 – Макрошлифы биметалла сталь 45 + ПГ-С1 после прокатки (а) и штамповки (б)

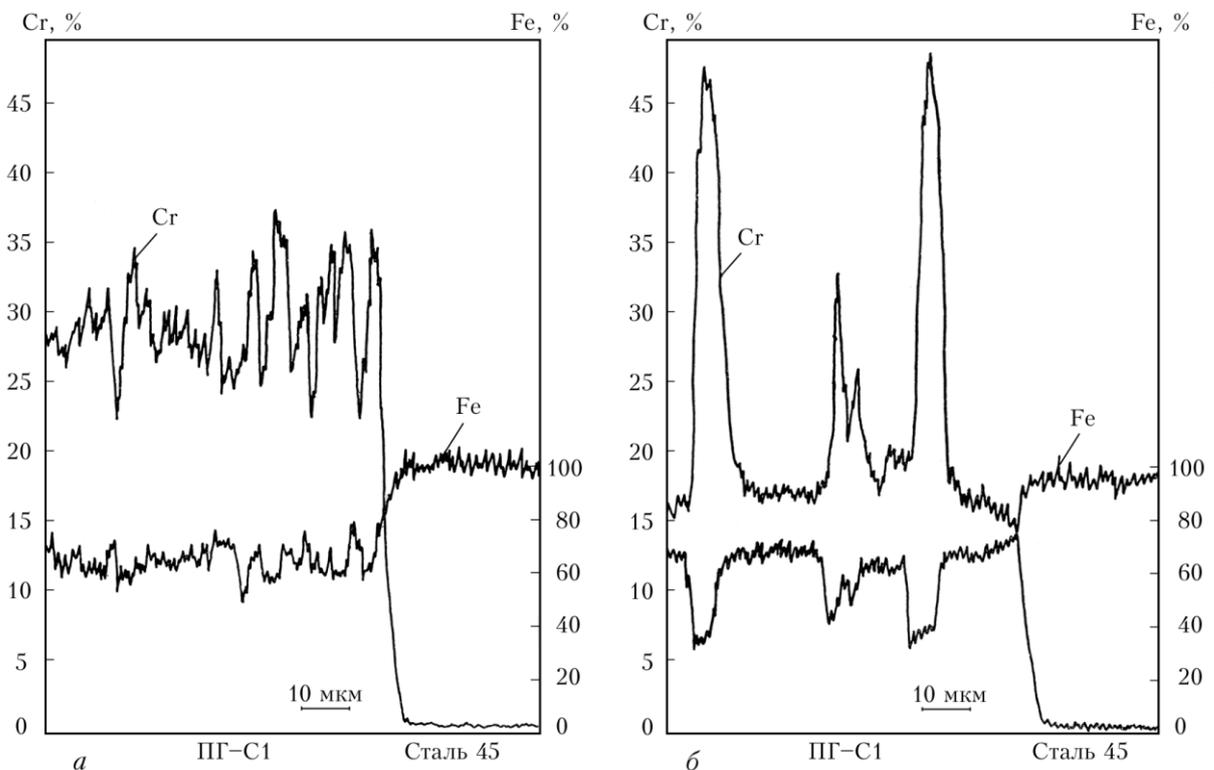


Рисунок 2 -Распределение хрома и железа в зоне соединения:
а – биметаллический прокат сталь 45 + ПГ-С1; б – сталь 45 с наплавленным слоем ПГ-С1

ИЗНОСОСТОЙКИЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПРОКАТ
С ПЛАКИРУЮЩИМ СЛОЕМ ИЗ НЕКОМПАКТНОГО МАТЕРИАЛА
(ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА)

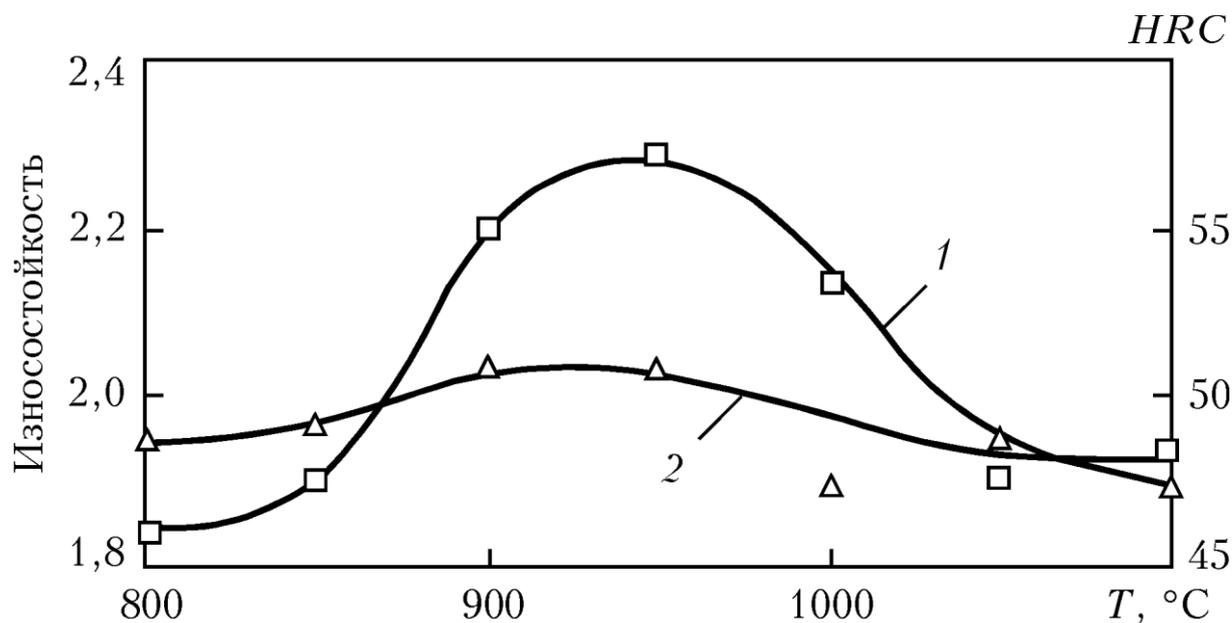


Рисунок 3 - Зависимость относительной износостойкости (1) и твердости (2) плакирующего слоя биметалла от температуры закалки

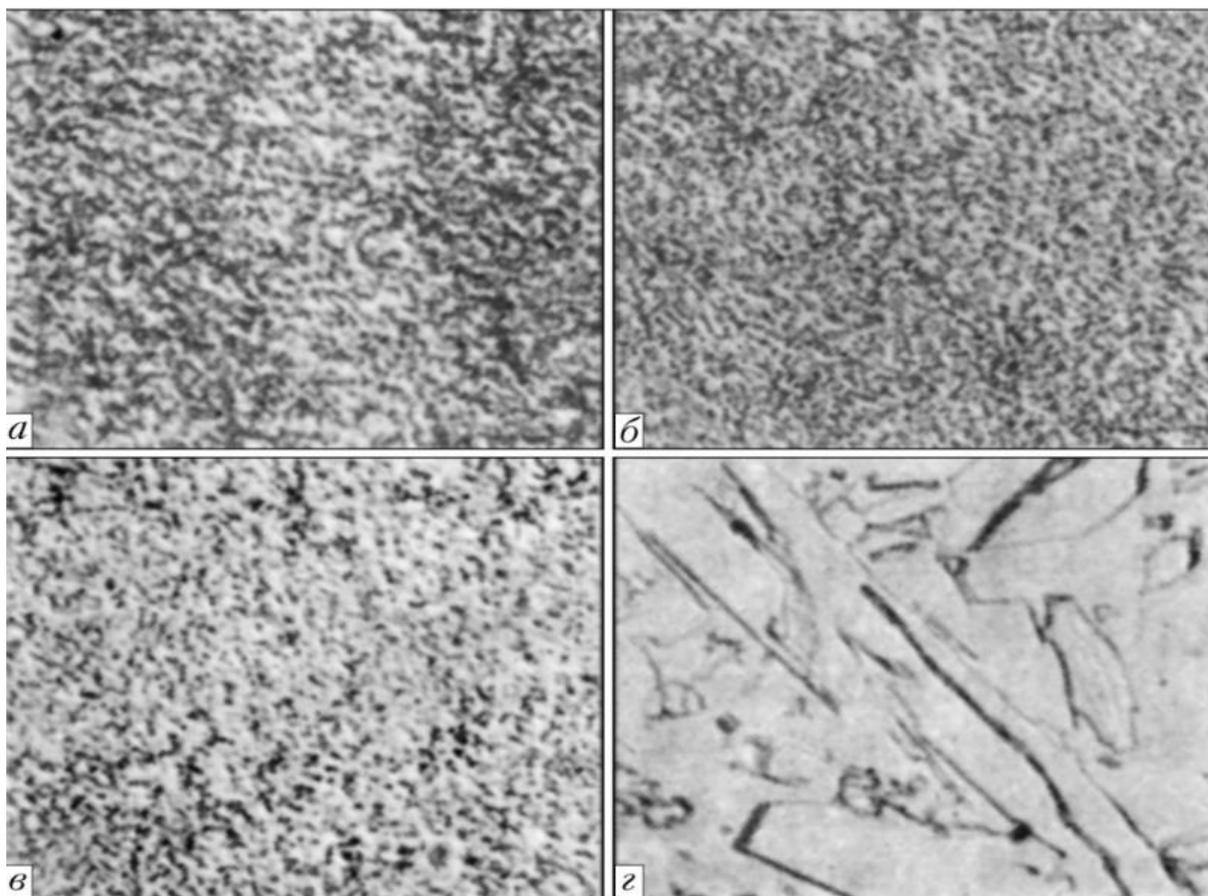


Рисунок 4 – Микроструктура плакирующего слоя биметалла, полученного прокаткой (а-в - $\times 250$) и индукционной наплавкой (г - $\times 500$); а – после прокатки, б – после закалки от 950 °C; в – то же 1100 °C

Изучали также влияние термической обработки на износостойкость биметаллического проката. Образцы закаливали с нагревом до различных температур в диапазоне 800—1150 °С (через 50 °С). Испытания образцов проводили на машине НК-М [4]. Условия испытаний: абразив – кварцевый песок с размером частиц 0,2—0,4 мм; путь трения 413 м; давление 0,2 МПа; эталон – отожженная сталь 45.

Изменение относительной износостойкости и твердости плакирующего слоя в зависимости от температуры закалки показано на рис. 3. Непосредственно после прокатки относительная износостойкость сормаита равна 1,9, твердость *HRC* 48—50. При повышении температуры закалки износостойкость увеличивается, достигая максимальных значений при температуре 950 °С. В случае закалки от более высоких температур, износостойкость понижается.

Заметных изменений в структуре сормаита после его закалки от различных температур выявить не удалось (рис. 4). Тем не менее, учитывая, что с повышением температуры нагрева увеличивается растворимость карбидов хрома, следует предположить, что при закалке от 900—1000 °С достигается оптимальное соотношение легирующих элементов в матрице и карбидах.

Структура сормаита после прокатки (рис. 4, а—в) и индукционной наплавки (рис. 4, г) значительно различается. Плакирующий слой после прокатки в значительной мере сохраняет исходную структуру порошка и состоит из карбидной эвтектики, равномерно распределенной в аустенитно-мартенситной матрице. Структура сормаита после индукционной наплавки отличается большей неоднородностью и представляет собой крупные первичные карбиды хрома и карбидную эвтектику, расположенные в аустенитно-мартенситной матрице.

На Омутнинском металлургическом заводе была прокатана опытная партия износостойкой биметаллической полосы с плакирующим слоем из порошка ПГ-С1. Полоса предназначена для изготовления лемехов культиваторов-плоскорезов. Прокатку заготовок-пакетов выполняли на стане 450 по технологии изготовления серийной полосы.

Натурные испытания подтвердили высокие эксплуатационные свойства двухслойных лемехов.

Успешное проведение опытной прокатки пакетов с плакирующим слоем из порошков ПГ-УС25 (У50Х38Н), ПГ-СРЗ (ХН80С3РЗ), ПР-10Р6М5 и смеси порошков карбида хрома Cr₂C₃ и никеля, обладающих более высокой износостойкостью по сравнению с сормаитом, подтвердили перспективность предложенной технологии получения износостойкого биметаллического проката.

Список литературы

1. Рябцев И. А. Износостойкий плакированный прокат. – Киев: О-во «Знание» УССР, 1982. – 24 с.
2. Пинаев В. Г., Первухин Л. Б., Рябцев И. А. Исследование способов производства биметалла с плакирующим слоем из некомпактного материала // Современные способы наплавки и их применение. – Киев: ИЭС им. Е. О.Патона, 1982. – С. 98—101.
3. А.с. 1303327. СССР. Способ получения биметаллических заготовок / В.Г.Пинаев, Л.Б.Первухин, И.А.Рябцев. - №3790530/30-27; заявл. 18.09.84; опубли. 15.04.87, Бюл. № 14
4. Юзвенко Ю. А., Гавриш В. А., Марьенко В. Ю. Лабораторные установки для оценки износостойкости наплавленного металла // Теоретические и технологические основы наплавки. Свойства и испытания наплавленного металла. – Киев : ИЭС им. Е. О. Патона, 1979. – С. 23—27.

Пинаев Владимир Георгиевич, к.т.н., с.н.с., инженер-технолог ЗАО «Редукционно-охлаждающие установки», 656012, Россия, г. Барнаул ул. Лесокирзаводская, 5 эл. почта pinaev@bkzn.ru, тел. 8-903-912-25-48.

Рябцев Игорь Александрович, к.т.н., руководитель отдела Института электро-сварки им. Е.О. Патона, г. Киев, Украина, тел.(380 44) 200-63-57, email: ryabtsev39@gmail.com