

КОНТАКТНО-РЕАКТИВНАЯ ПАЙКА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛОСКИХ ПРОТЯЖЕК В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛЯНОЙ ВАННЕ

В.Н. Шабалин

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассмотрены вопросы получения биметаллических плоских быстрорежущих протяжек контактно-реактивной пайкой в высокотемпературной соляной ванне с использованием для основания деформированной углеродистой борсодержащей стали.

Определена оптимальная присадка бора в деформированной углеродистой стали 45, позволяющая получать неразъемные соединения с быстрорежущими сталями при температуре нагрева для закалки и необходимую твердость без дополнительной термообработки основания. Исследована структура неразъемного соединения, полученного биметалла, твердость и износостойкость деформированной борсодержащей углеродистой стали. Проведены производственные испытания изготовленных по предложенной технологии биметаллических плоских протяжек на автоматической линии при обработке деталей из чугуна марки СЧ-21-40 в сравнении с серийными. Биметаллические протяжки полностью отвечают требованиям ТУ и позволяют сократить расход дорогостоящей быстрорежущей стали в 2...3 раза.

Ключевые слова: биметаллическая плоская быстрорежущая протяжка, высокотемпературная соляная ванна, контактно-реактивная пайка, деформированная углеродистая борсодержащая сталь, составной паяный инструмент.

CONTACT-REACTIVE BIMETALLIC SOLDERING FLAT BROACHES IN HIGH-SALT BATH

V.N. Shabalin

The Altai state technical university of I.I. Polzunov, Barnaul

The article describes how to obtain the flat bimetallic HSS broaches contact-reactive soldering in a high-salt bath with using of the deformed base for carbon boron steel. The optimal additive of boron in the carbon steel deformed 45, item Wola receive permanent connections with speed steels with a heating temperature for the quenching and the necessary hardness without additional heat treatment base. Studied one-piece structure of the compound obtained bimetal, hardness and wear resistance of the deformed carbon steel boron. Carried out production tests made on the proposed technology of bimetallic flat broaches on an automatic line for machining of cast iron brand MF-21-40 in comparison with the serial. Bimetallic broach fully meet the specification requirements and allow to reduce the consumption of expensive high speed steel in 2... 3 times.

Keywords: bimetallic flat-speed broaching, high-salt bath, contact-reactive soldering, deformed carbon boron steel, composite brazed tools.

Научно-технический прогресс в машиностроении неразрывно связан с экономным расходованием инструментальных материалов, разработкой высокоэффективных технологических процессов при изготовлении режущих инструментов.

Для снижения материалоемкости заготовок режущего инструмента, экономии дорогостоящих быстрорежущих сталей целесообразно производить составной биметаллический инструмент, где режущая часть инструмента изготавливается из высоколегированной

быстрорежущей стали, а основание из углеродистой конструкционной или низколегированной инструментальной стали. При этом наиболее эффективное использование быстрорежущей стали получают на паяном составном режущем инструменте [1, 2].

Анализ применяемых в инструментальном производстве различных способов пайки показал, что наиболее прогрессивной технологией получения составного биметаллического режущего инструмента является контактно-реактивная пайка, совмещаемая с

КОНТАКТНО-РЕАКТИВНАЯ ПАЙКА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛОСКИХ ПРОТЯЖЕК В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛЯНОЙ ВАННЕ

нагревом инструмента для закалки в высокотемпературных соляных хлористобариевых ваннах [3, 4]. Данный способ основан на использовании контактного плавления в системах Fe-B, Ni-B с расплавляемыми стальными или никелевыми борированными ХТО прокладками, закладываемыми в места соединения составного режущего инструмента при пайке-закалке между режущей частью из быстрорежущей стали и основанием из углеродистой стали [5, 6, 7].

По разработанным на кафедре «Малый бизнес в сварочном производстве» АлтГТУ технологиям контактно-реактивной пайки-закалки на ряде промышленных предприятий изготавливают большую номенклатуру паяных быстрорежущих резцов, различные конструкции сборно-паяных фрез, долбяков, концевой сборно-паяный инструмент, что приводит к существенному сокращению расхода быстрорежущих сталей и снижению себестоимости его изготовления [8, 9, 10, 11].

Однако, при контактно-реактивной пайке с использованием борированных прокладок, как при других способах изготовления биметаллического режущего инструмента в соответствии с требованиями ТУ необходима отдельная термическая обработка корпуса инструмента из конструкционной стали или посадочного отверстия с доведением его твердости соответственно до 35...45 ед. HRC_э. Это требует дополнительных затрат и ведет к удорожанию его производства. Ранее было показано, что при изготовлении биметаллических резцов с литыми державками из углеродистой борсодержащей стали можно достичь при термообработке по режиму быстрорежущей стали получения требуемой твердости основания с исключением борированных прокладок для получения неразъемного соединения с режущими пластинками [12].

Целью настоящей работы являлась отработка возможности получения контактно-реактивной пайкой в соляных ваннах плоских биметаллических протяжек с большой площадью соединения, без применения борированных прокладок и без отдельной термообработки оснований, с использованием для изготовления быстрорежущего биметалла деформированной борсодержащей углеродистой стали. Этот вариант технологии позволит расширить номенклатуру биметаллического режущего инструмента, изготавливаемого контактно-реактивной пайкой в высокотемпературных соляных ваннах.

Экспериментальную выплавку углеродистой борсодержащей стали для горячей механической обработки выполняли на установке А-550МУ электрошлаковым переплавом отходов из углеродистой стали 45 в водоохлаждаемом медном кристаллизаторе с внутренним диаметром 75/80 мм. Ферробор марки ФБ-1 вводили в виде покрытия на переплавляемых электродах. Ток переплава – 1500...1600 А, напряжение на шлаковой ванне – 43 В, глубина шлаковой ванны – 45...50 мм, флюс марки АНФ-6. Таким образом были получены заготовки электрошлаковых слитков для горячей механической обработки из углеродистой стали 45 с содержанием бора от 0 до 0,65 %, которые затем деформировали с 3...4 кратным обжатием.

Нагрев слитков в пламенной печи для горячей механической обработки не превышал 1000...1050 °С из-за опасности оплавления боридов в стали по границам зерен. Деформированные заготовки углеродистой быстрорежущей стали нормализовали при 860 °С с последующим охлаждением на воздухе. Твердость заготовок после нормализации с возрастанием в стали содержания бора от 0 до 0,65 % возрастала и находилась в пределах 165...225 ед. НВ, что не вызывало трудностей при их дальнейшей механической обработке – фрезеровании плоскостей для соединения с заготовками из быстрорежущей стали. Пластины из быстрорежущих сталей марки Р6М5К5 и Р18 обрабатывали также по плоскости соединения чистовым фрезерованием. Собранные в приспособлении по плоскостям соединения заготовки из деформированной углеродистой борсодержащей стали + быстрорежущая сталь погружали в шахтные соляные ванны последовательно в хлористонатриевую с температурой 860-870 °С, а затем в хлористобариевую с температурой 1220...1240 °С для получения неразъемного соединения. Термический цикл нагрева заготовок для получения биметалла: быстрорежущая+ деформированная углеродистая борсодержащая сталь приведен на рисунке 1. Окончательный нагрев собранных заготовок в хлористобариевой соляной ванне выполняли с выдержкой до 5 минут при температуре 1220...1240 °С и последующим охлаждением в масле и на воздухе.

Эксперименты показали, что минимальное количество бора в деформированной углеродистой стали с приведенным термическим циклом нагрева заготовок, при котором образуется неразъемное соединение с быстрорежущей сталью, составляет 0,15 %.

рорежущей сталью, составляет 0,25 %. Бездефектные неразъемные соединения в температурном интервале нагрева для закалки быстрорежущих сталей с углеродистой деформированной сталью можно получить при содержании бора в углеродистой стали в пределах 0,25-0,5 %. Дальнейшее увеличение бора в стали до 0,65 % приводит к ее оплавлению и увеличению припуска на обработку заготовок.



Рисунок 1 – Термический цикл нагрева заготовок в соляных ваннах для получения биметалла: быстрорежущая+ деформированная углеродистая борсодержащая сталь

Годные биметаллические заготовки плоских протяжек отжигали и механически обрабатывали с получением требуемого размера и

профиля зубьев. Окончательную термообработку протяжек из стали Р6М5К5 и Р18 проводили также с нагревом в соляных ваннах по рекомендуемому в инструментальном производстве режимам. Отпуск при 560...580 °С, 3-х кратный по 1 часу. Затем следовала очистка, шлифовка и заточка зубьев протяжек.

На рисунке 2 а, б приведена микроструктура неразъемных соединений биметаллических протяжек с режущей частью из стали Р6М5К5 и стали Р18 после окончательной термообработки.

Из представленных микрофотографий видно, что между деформированной углеродистой борсодержащей сталью с 0,35 % В и быстрорежущими сталями в процессе их нагрева в высокотемпературной соляной ванне получается бездефектное биметаллическое соединение. Боридная эвтектика углеродистой борсодержащей стали проникает по границам зерен быстрорежущего проката, образуя в зоне соединения участок с литой двухфазной структурой, который при затвердевании обеспечивает надёжное соединение режущей части с основанием. Глубина двухфазной зоны в соединении со сталью Р18 больше, чем для стали Р6М5К5, что связано с разницей температуры нагрева при окончательной термообработке – нагреве для закалки.

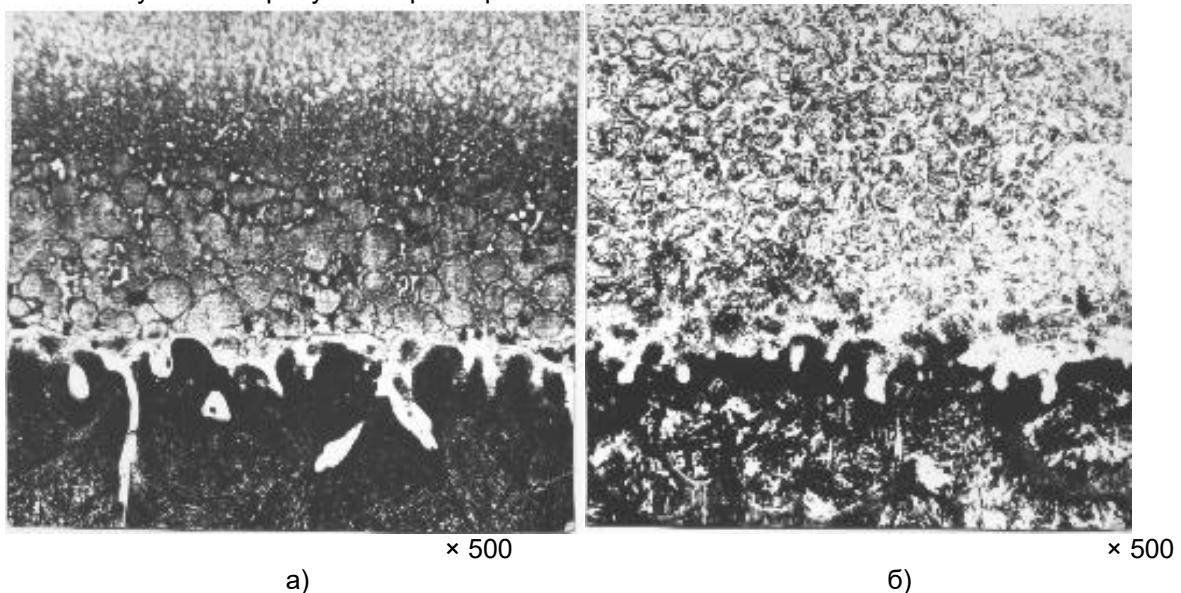


Рисунок 2 – Микроструктура соединения биметалла:
а) сталь Р6М5К5; б) сталь Р18 + деформированная углеродистая сталь с 0,35 % В
(верх – быстрорежущая сталь; низ – деформированная углеродистая борсодержащая сталь)

КОНТАКТНО-РЕАКТИВНАЯ ПАЙКА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛОСКИХ ПРОТЯЖЕК В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛЯНОЙ ВАННЕ

Твердость быстрорежущей части биметалла после полной термообработки была равной 63-65 ед. HRCэ и соответствовала требованиям ТУ. Твердость деформированной углеродистой стали в биметалле с различной присадкой бора после термообработки по режиму для стали Р6М5К5 и стали Р18 приведена на рисунке 3 (кривые 1, 2, 3). Приведены также данные по влиянию бора на износостойкость деформированной углеродистой стали (кривая 4), которую определяли на машине Шкода-Савина при скорости вращения твердосплавного диска 6800 об/мин, нагрузке на диск 150Н в течение 10 минут.

Из приведенных на рисунке 3 (кривые 2, 3) данных видно, что деформированная углеродистая сталь, микролегированная бором более 0,25 %, достаточном для образования

неразъемного соединения, после полной термообработки, необходимой для быстрорежущей стали имеет высокую износостойкость и твердость в пределах 35...45 ед. HRCэ, что удовлетворяет требованиям ТУ. Важно отметить (кривая 1), что непосредственно после закалки по режиму быстрорежущей стали углеродистая борсодержащая сталь имеет значение твердости, близкое к твердости быстрорежущей стали, что способствует уменьшению внутренних напряжений в биметалле и исключению образования трещин после закалки.

Плоская биметаллическая протяжка из быстрорежущей стали Р6М5К5 с основанием из деформированной стали 45 с 0,35 % бора размером 30×35×150 мм приведена на рисунке 4.

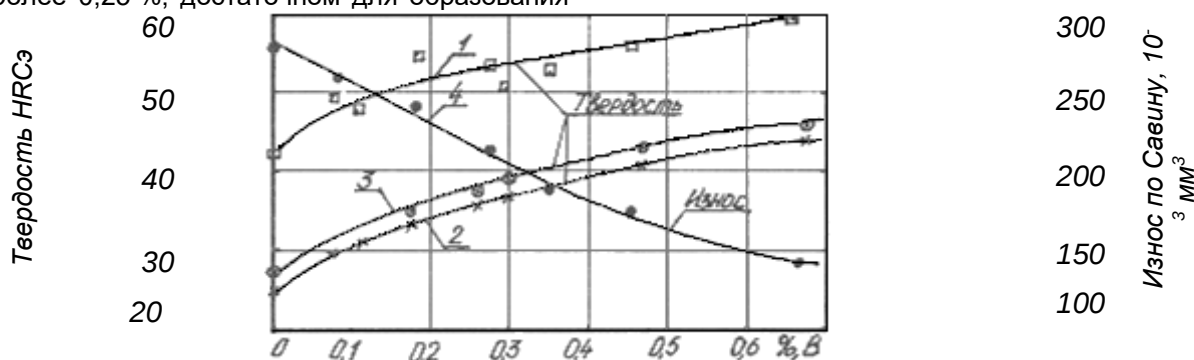


Рисунок 3 – Изменение твердости и износостойкости углеродистой стали от добавки бора:
1 – после закалки с температуры 1220 °С; 2 – после закалки с температуры 1220 °С и отпуска при 560 °С, 3,4 – после закалки с температуры 1280 °С и отпуска при 560 °С.



Рисунок 4 – Биметаллическая протяжка, полученная контактно-реактивной пайкой в соляной ванне:
верх – быстрорежущая сталь Р6М5К5; низ – деформированная сталь 45 с 0,35 % бора

Полученные по данной технологии биметаллические протяжки испытывали на одном из машиностроительных предприятий Алтайского края на автоматической линии при обработке деталей из чугуна марки СЧ-21-40, при

следующих режимах резания: общий подъем (снимаемый припуск) – 1,1 мм; черновыми зубьями – 0,72 мм; переходными зубьями общий подъем – 0,3 мм, чистовыми зубьями снимается – 0,08 мм, чистовых зубьев четыре,

подъем на каждый зуб – 0,02 мм. Производственные испытания показали, что экспериментальные протяжки, полученные контактно-реактивной пайкой с нагревом в высокотемпературных соляных ваннах с использованием деформированной углеродистой стали, микролегированной 0,3...0,4 % бора, обладают в эксплуатации надежным соединением и не уступают по стойкости протяжками, изготовленными цельными из быстрорежущей стали.

Выводы

1. Установлено, что микролегированная бором в количестве более 0,25 % углеродистая сталь в деформированном состоянии сохраняет способность к образованию неразъемных соединений с быстрорежущими сталями нормальной и повышенной производительности при температуре нагрева их для закалки в высокотемпературной соляной ванне.
2. Присадка бора 0,3...0,4 % к углеродистой деформированной стали обеспечивает после полной термообработки по режиму быстрорежущей стали получение твердости 35...40 ед. HRCэ, что исключает требование дополнительной термообработки корпуса составного биметаллического инструмента.
3. Применение данной технологии при изготовлении плоских биметаллических протяжек позволяет в 2-3 раза сократить расход дорогостоящих высоколегированных быстрорежущих сталей.

Список литературы

1. Иванов И.Н. Современные способы и серийное оборудование для пайки инструмента/ И.Н. Иванов и др. // Горячая обработка инструмента и исследование инструментальных материалов. М. – 1981. – С. 72-81.
2. Иванов И.Н. Технология пайки инструмента в соляных ваннах: методические рекомендации/ И.Н. Иванов, Г.П. Кузнецова. – М.: ВНИИинструмент, 1987. – 28 с.
3. Шабалин В.Н. Контактнo-реактивная пайка режущего инструмента / В.Н. Шабалин, В.Г. Радченко // Всесоюз. науч.-техн. конф. – М., 1974. – С. 211-214.
4. Шабалин В.Н. Высокотемпературная контактно-реактивная пайка /В.Н. Шабалин,

- В.Г. Радченко, Л.Н. Фридман // Машиностроитель. – 1974. - № 11. – С. 39-40.
5. Шабалин В.Н. Особенности высокотемпературной контактно-реактивной пайки быстрорежущей стали с конструкционной / В.Н. Шабалин, В.Г. Радченко, Л.Н. Фридман // Сварочное производство. – 1975. - № 7. – С. 34-36.
6. Радченко В.Г. Особенности микроструктуры металла соединений быстрорежущих и конструкционных сталей, полученных контактно-реактивной пайкой / В.Г. Радченко, В.Н. Шабалин, Л.Н. Фридман // Сварочное производство. – 1979. - № 4. – С. 29-30.
7. Шабалин В.Н. Контактнo-реактивная пайка-закалка инструмента из литейной высокованадиевой быстрорежущей стали /В.Н. Шабалин, А.А. Кононов// Ползуновский вестник. – 2005 - № 2. – С. 101-103.
8. Шабалин В.Н. Сборно-паяный долбяк / В.Н. Шабалин, К.А. Карась, Н.Т. Долгих// Машиностроитель. – 1976 - № 2. – С. 20.
9. Долгих Н.Т. Контактнo-реактивная пайка концевго режущего инструмента / Н.Т. Долгих, В.Н. Шабалин, Л.Н. Фридман// Машиностроитель. – 1980. - № 3. – С. 32-33.
10. Шабалин В.Н. Повышение стойкости сборных модульных фрез контактно-реактивной пайкой / В.Н. Шабалин, В.Г. Радченко, Г.А. Околович// Ползуновский вестник. – 2012. - № 1/1. – С. 346-348.
11. Шабалин В.Н. Ресурсосберегающие технологии контактно-реактивной пайки быстрорежущего инструмента / В.Н. Шабалин, В.М. Роговой // Инструмент Сибири. - № 2, 1999. – С. 15-16.
12. Шабалин В.Н. Соединение быстрорежущих пластин с литыми державками из углеродистой борсодержащей стали / В.Н. Шабалин, В.Г. Радченко, Л.Н. Фридман // Новые литейные процессы, материалы и технология: Труды АПИ им. И.И. Ползунова, вып. 45. – Барнаул, 1975. – С. 88-94.

Шабалин Виталий Николаевич, к.т.н., профессор кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46. e-mail: svarka-biznes@mail.ru тел.8-913-263-70-75