

УДК 629.12

В.В. Косенко, А.С. Кобзев

ГП "Харьковский НИИ технологии машиностроения", Харьков

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
КОМПОНЕНТОВ СТАЛИ 40X В РАСПЛАВЕ МЕДИ
ПРИ ПАЙКЕ ЭЛЕМЕНТОВ СОСТАВНЫХ КОРПУСОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ**

В статье приведены результаты исследования соединений деталей из стали 40X, паяных медью в соляных ваннах и в вакууме, а также соединений, паяных в соляных ваннах после термической обработки в соляных ваннах и в камерных печах. В результате проведенной работы установлено, что процесс пайки в соляных ваннах и в электротермических вакуумных печах сопровождается взаимным массопереносом компонентов стали 40X и медного припоя. При этом компоненты стали 40X легируют медный припой, что увеличивает прочность паяного соединения, а термическая обработка на диффузионный массоперенос оказывает незначительное влияние.

Ключевые слова: паяное соединение, режимы пайки, режимы термической обработки,

Введение

В процессе формирования паяного соединения медь расплавляется и самопроизвольно смачивает

микрорельеф поверхности соединения, а затем заполняет сборочные зазоры. При температуре 1135 С медь является поверхностно-активным расплавом по отношению к стали 40X.

Поверхностное взаимодействие в сборочных зазорах, как правило, сопровождается взаимным растворением меди и стали 40X, что приводит, в первую очередь, к легированию медного расплава такими компонентами как железо, марганец, кремний и возможно хром [1, 2]. В результате легирования меди компонентами стали 40X происходит упрочнение шва паяного соединения.

Изложение основного материала

Изучение процессов упрочнения медного припоя компонентами стали 40X в конструктивных элементах сборочных зазоров корпусов гидроцилиндров осуществляли микрорентгеноспектральным анализом. Анализ проводили на микроанализаторе MAP-2. В качестве эталонов использовали железо, марганец, кремний, хром и медь чистоты 99,99 вес. %.

Регистрировали интенсивность линий

$Fe_{K\alpha}$, $\theta = 27^{\circ}04$

$Mn_{K\alpha}$, $\theta = 29^{\circ}36$ – кристалл-анализатор – кварц $(\overline{1010})$.

$Cr_{K\alpha}$, $\theta = 32^{\circ}33$

$Si_{K\alpha}$, $\theta = 20^{\circ}59$ – кристалл-анализатор – слюда (001) .

Ускоряющее напряжение 35,0 кВ. Локальность анализа составляла 3÷5 мкм.

Информацию фиксировали на диаграммную ленту самописца типа КСП-4.

Образцы при исследовании перемещали вручную (при записи "по точкам") и в автоматическом режиме со скоростями 0,25 и 1,25 мкм/сек, что обеспечило масштаб записи на ленте соответственно 10 мм – 5,0 и 25,0 мкм.

Исследовали соединения из стали 40X, паяные медью в соляных ваннах и в вакууме, а также соединения паяные в соляных ваннах после термической обработки в соляных ваннах и в камерных печах. Анализ проводили на шлифах размером 14x5x5 мм.

Режимы пайки в соляных ваннах и в электротермических вакуумных печах приведены в табл. 1,

а режимы термической обработки в соляных и электротермических камерных печах приведены в табл. 2.

Исследование стали 40X после воздействия термического цикла соляных ванн и электротермических вакуумных печей показали, что железо и хром содержатся в ней на уровне требований ГОСТ. Кроме того, в стали 40X выявлены технологические примеси: марганец и кремний.

При этом в металле паяного шва выявили наличие железа, марганца и кремния. Хром в металле паяного шва выявить не удалось.

Результаты работы показаны на рис. 1 и приведены в табл. 3÷6.

Сопоставительный анализ результатов показал, что содержание железа в паяном шве находится в пределах 4,0, а меди – 96,0 вес. % и, по-видимому, не зависит от величины сборочного зазора и продолжительности нагрева под пайку (табл. 3). Содержание железа и меди в паяном шве после пайки и термической обработки различное, однако перераспределение незначительное (табл. 4).

На рис. 1 представлены концентрационные кривые распределения железа и меди в соединениях, паяных и электротермических вакуумных печах. Как видно из рис. 1, проникновение меди в сталь 40X диффузионным путем осуществляется на глубину порядка 20,0 – 22,0 мкм.

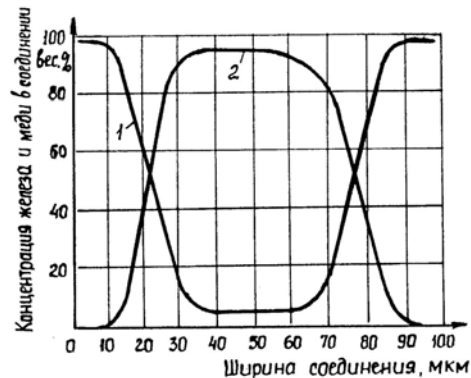


Рис. 1. Концентрационные кривые микрораспределения железа и меди в соединениях, паяных в электротермических вакуумных печах: 1 – распределение железа в паяном соединении; 2 – распределение меди в паяном соединении

Таблица 1

Режимы пайки корпусов гидроцилиндров в соляных ваннах и электротермических вакуумных печах

№ образца	Защитная среда	Температура пайки, °С	Время нагрева под пайку, мин.	Время изотермической выдержки, мин.	Время охлаждения до температуры 200 °С, мин.	Примечание
1	Вакуум $1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3}$ Па	1120	90	10	360	Вакуумная печь
2	Соли: NaCl, BaCl ₂	1135	10	10	30	Соляная ванна

Таблица 2

Режимы термической обработки корпусов гидроцилиндров
в соляных ваннах и в электротермических камерных печах

№ образцов	Вид термической обработки								
	Нормализация			Закалка			Высокий отпуск		
	Защитная среда	Температура нагрева, °С	Время изотермической выдержки, мин.	Защитная среда	Температура нагрева, °С	Время изотермической выдержки, мин.	Защитная среда	Температура нагрева, °С	Время изотермической выдержки, мин.
3	NaCl	870	10	–	–	–	–	–	–
4	NaCl	870	50	–	–	–	–	–	–
5	NaCl	870	50	NaCl	840	5	воздух	470	90
6	воздух	870	10	воздух	840	15	воздух	470	90

Таблица 3

Микрораспределение железа и меди в соединениях,
паяных в вакууме и в соляных ваннах

№ образца	Сборочный зазор, мкм	Среднее содержание железа, вес. %	Среднее содержание меди, вес. %	Примечание
1	56,0 54,0 45,0	3,96	96,0	Электротермическая вакуумная печь
2	42,0 51,0 56,0	3,96	96,0	Соляная ванна

Таблица 4

Микрораспределение железа и меди в соединениях,
паяных в соляных ваннах, после термической обработки в соляных ваннах и в камерных печах

№ образца	Исследуемый элемент	Содержание элемента в паяном шве, вес. %	Содержание элемента во включениях по границам зерен, вес. %	Примечание
3	Железо Медь	5,0 94,0	8,0 92,0	Соляная ванна
6	Железо Медь	4,7 95,3	3,5 91,5	Камерная печь
5	Железо Медь	4,0 96,0	6,5 93,0	Соляная ванна
4	Железо Медь	4,0 95,7	7,0 93,0	Соляная ванна

Таблица 5

Микрораспределение марганца в стали 40X и в паяных соединениях
после пайки в соляных ваннах и термической обработки в соляных ваннах и камерных печах

№ образцов	Содержание марганца, вес. %			Примечание
	В стали 40X	В технологических примесях	В паяном шве	
3	0,77	8,35	5,5	Соляная ванна
4	0,89	17,0	2,9	Соляная ванна
5	0,85	16,5	6,5	Соляная ванна
6	0,90	13,5	5,0	Камерная печь

Таблица 6

Микрораспределение кремния в стали 40X и в паяных соединениях
после пайки в соляных ваннах и термической обработки в соляных ваннах и камерных печах

№ образцов	Содержание кремния, вес. %			Примечание
	Включения в стали 40X	Включения в сечениях трещины	Включения в паяном шве	
3	–	–	14,0	Соляная ванна
4	–	31,0	19,0	Соляная ванна
5	7,0	–	26,0	Соляная ванна
6	37,0	–	10,7	Камерная печь

Примерно на такую же глубину проникает медь в сталь 40X и в соединениях, паяных в соляной ванне. В этой связи можно предполагать, что легирование меди железом в сборочном зазоре и диффузионный массоперенос меди в структурные составляющие стали 40X сопровождается упрочнением паяного соединения.

Результаты исследования образцов по микрораспределению в соединениях марганца представлены в табл. 5. Анализ этих результатов показал, что сталь 40X содержит до 0,9 вес. % марганца. Однако марганец как сопутствующий технологический компонент стали 40X располагается в ней, как правило, в многочисленных включениях размером порядка 10x100 мкм, каждая из которых содержит от 8,0 до 17,0 % марганца. Металл паяного шва, по-видимому, марганца не содержит, однако на всех образцах, паяных в соляных ваннах и в электротермических вакуумных печах, имеются локальные участки, которые содержат марганец порядка 3,0 – 6,5 вес. %. Эти участки в виде мелких серых точек располагаются как на межфазной границе стали 40X и шва, так и по границам зерен.

В табл. 6 представлены результаты исследования микрораспределения в паяных соединениях кремния. Как показал анализ результатов исследования, кремний в стали 40X и паяных соединениях располагается локально в виде включений типа силикатов: в стали 40X его содержание находится в пределах 7,0 – 37,0, а в паяных швах порядка 10,0 – 26,0 вес.%. Как в стали 40X, так и в швах силикаты располагаются в виде серых включений преимущественно по границам зерен.

Можно предполагать, что диффузионный массоперенос марганца и кремния из стали 40X в паяный шов может сопровождаться потерей прочности и пластичности паяного соединения. Так например, нормализация в соляной ванне в течение 50 мин. (табл. 2) послужила причиной образования в паяном шве трещины.

На участках близко прилегающих к трещине и на её поверхности обнаружено значительное количество кремния, которое достигает 31,0 вес. % (табл. 6).

Выводы

Таким образом, в результате проведенной работы по исследованию микрораспределений компонентов стали 40X в паяном медным припоем соединения установлено, что процесс пайки в соляных ваннах и в электротермических вакуумных печах сопровождается их взаимным массопереносом. При этом компоненты стали 40X легируют медный припой. Установлено, что железо с медью образует соединения типа твердых растворов, которые могут увеличить прочность паяного соединения. Показано, что марганец и кремний располагается по границам зерен стали 40X и металла паяного шва в виде локальных серого цвета включений, которые могут отрицательно влиять на механические свойства паяных соединений. При этом термическая обработка на диффузионный массоперенос оказывает незначительное влияние.

Список литературы

1. Исследование деформированного состояния транспортного двигателя при механическом нагружении методом спекл-интерферометрии / А.А. Капустин и др. // В кн.: Оптико-геометрические методы исследования деформаций и напряжений. Тезисы докладов Всесоюзного семинара. – Днепропетровск, 1978. – С. 160-161.
2. Косенко В.В. Экономическая эффективность применения гидравлических цилиндров с составными корпусами для механизации станочных приспособлений / В.В. Косенко, А.С. Кобзев, В.Н. Белик // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: ХУПС, 2010. – Вып. 5 (86). – С. 72-74.

Поступила в редколлегию 23.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОРОЗПОДІЛУ КОМПОНЕНТІВ СТАЛІ 40X В РОЗПЛАВІ МІДІ ПРИ ПАЯННІ ЕЛЕМЕНТІВ СКЛАДЕНИХ КОРПУСІВ ГІДРОЦИЛІНДРІВ

В.В. Косенко А.С. Кобзев

У статті приведені результати дослідження з'єднань деталей із сталі 40x, паяних міддю в соляних ваннах і у вакуумі, а також з'єднань, паяних в соляних ваннах після термічної обробки в соляних ваннах і в камерних печах. В результаті проведеної роботи встановлено, що процес паяння в соляних ваннах і в електротермічних вакуумних печах супроводиться взаємним масо перенесення компонентів сталі 40x і мідного припою. При цьому компоненти сталі 40x легують мідний припій, що збільшує міцність паяного з'єднання, а термічна обробка на дифузійний масоперенесення робить незначний вплив.

Ключові слова: паяне з'єднання, режими паяння, режими термічної обробки.

RESEARCH OF 40X COMPONENTS MICRODISTRIBUTION BECAME IN FUSION OF COPPER AT SOLDERING OF HYDROCYLINDER CORPS ELEMENTS

V.V. Kosenko, A.S. Kobzev

In the article the results of research of connections of details are resulted from steel of 40kh, soldered a copper in hydrochloric baths and in a vacuum, and also connections, soldered in hydrochloric baths after heat treatment in hydrochloric baths and in chamber stoves. It is set as a result of the conducted work, that process of soldering in hydrochloric baths and in electro-thermal vacuum stoves accompanied mutual mass is a transfer of components 40kh and copper solder became. Thus components became 40kh alloy a copper solder, that increases durability of the soldered connection, and heat treatment on diffusive mass is a transfer renders insignificant influence.

Keywords: the soldered connection, modes of soldering, modes of heat treatment.