

ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ПОКРЫТИЯ С ОСНОВОЙ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКЕ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ

В статье решена задача обеспечения регламентированной нормативно-технической документацией несущей способности восстановленных поверхностей коренных опор блока цилиндров двигателей семейства КАМАЗ-740 за счет увеличения площади контакта покрытия с основой при электроконтактной приварке применением промежуточного слоя.

Ключевые слова: электроконтактная приварка (ЭКП), прочностные свойства, несущая способность, промежуточный слой, площадь контакта.

Для получения качественного соединения при восстановлении поверхностей коренных опор ЭКП покрытия необходимо в зависимости от природы свариваемых материалов, характера их взаимодействия между собой и окружающей средой, параметров термомеханического цикла ЭКП и других факторов ограничивать уровень остаточных напряжений в соединении и покрытии и интенсифицировать процессы взаимной диффузии соединяемых материалов.

Качество восстановления блока цилиндров ДВС может быть повышено применением в коренных опорах покрытий из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) марки ВЧ-60, имеющего физико-механические свойства, сравнимые со свойствами высококачественных сталей, с сохранением свойств, присущих чугунам, через промежуточный слой химически осажденной меди.

В предлагаемой статье выявлены связи прочностных свойств восстановленных поверхностей коренных опор блока цилиндров ДВС со свойствами материалов покрытия, промежуточного слоя и параметрами режима ЭКП, позволившие установить, что покрытие из ВЧ-60 через промежуточный слой химически осажденной меди, полученное на оптимальном режиме ЭКП, имеет низкий уровень остаточных напряжений и прочностные свойства соединения, превышающие свойства основного металла.

Возможность применения промежуточного слоя с образованием прочных связей определяется прежде всего физико-химическими свойствами соединяемых металлов и применяемой технологией сварки. Металлургические процессы сварки разнородных металлов, особенно с различной основой, были исследованы авторами [1], [2]. Решающее влияние, по их мнению, на свариваемость разнородных металлов оказывает металлургическая совместимость, которая определяется взаимной растворимостью соединяемых металлов в жидком и твердом состоянии. Образуют сварные соединения разнородные металлы, в состав которых входят элементы, обладающие неограниченной взаимной растворимостью не только в жидком, но и в твердом состоянии, т. е. образуют непрерывный ряд твердых растворов.

На диаграмме растворимости металлов в железе Л. Даркена и Г. Гурри (рисунок 1) [1] в пределах малого эллипса находятся металлы, образующие неограниченные твердые растворы с железом.

Исследования проводились на образцах из СЧ-25 (ГОСТ 1412-85), используемого для изготовления блоков цилиндров двигателей

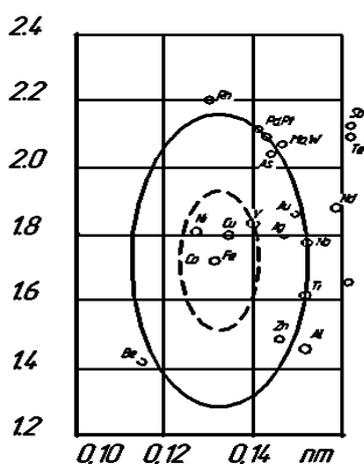


Рисунок 1. Влияние атомного радиуса и электроотрицательности на растворимость различных элементов в твердом состоянии в железе

КАМАЗ. В качестве присадочного материала использовали высокопрочный чугун с шаровидным графитом ВЧ-60 (ГОСТ 7293-85) (вкладыши толщиной 2 мм) [3].

Для создания промежуточного слоя из меди применяли состав для безэлектролитного меднения. Для активизации адгезионных процессов, увеличения площади контакта в соединении и удаления со свариваемых поверхностей зёрен графита применяли пескоструйную обработку поверхностей перед осаждением медного слоя. Для исследования влияния шероховатости соединяемых поверхностей на прочность сварного соединения поверхности подвергали различным видам механической обработки с обязательной последующей пескоструйной обработкой.

Значения прочности соединения покрытия с основой τ и глубина зоны термического влияния $Z_{зТВ}$, найденные расчётом, отличаются от значений, полученных экспериментально, не более, чем на 6% (рисунок 2).

Установлено также, что оптимальная величина деформации ϵ покрытия при ЭКП через промежуточный слой химически осажденной меди составляет около 0,3...0,35%, а глубина зоны термического влияния не превышает 0,08...0,1 мм.

Проведённая оценка уровня остаточных напряжений в покрытии после ЭКП и последующего шлифования показала, что применение промежуточного слоя из химически осажденной меди снижает в 3,35 раза уровень остаточных напряжений по сравнению с образцом без промежуточного слоя (рисунок 3).

Прочность полученного ЭКП сварного соединения определяли по данным испытаний на отрыв и сдвиг. Отрыв приваренного образца осуществляли на универсальной испытательной машине УМ-10.

Образцы для испытаний на сдвиг подвергали фрезерной обработке, оставляя площадку наваренного металла размером 2×2 мм. Затем образец закрепляли в трехлачковый патрон токарно-винторезного станка, в резцедержатель которого устанавливали специально изготовленное динамометрическое приспособление (рисунок 4).

Результаты испытаний приведены в таблице 1 и на рисунке 5.

Рост площади контакта соединяемых поверхностей при ЭКП через промежуточный слой

происходит благодаря активной деформации, в результате ползучести материала промежуточного слоя и диффузионного зарастания материалом промежуточного слоя несплошностей, сохранившихся в поверхности контакта.

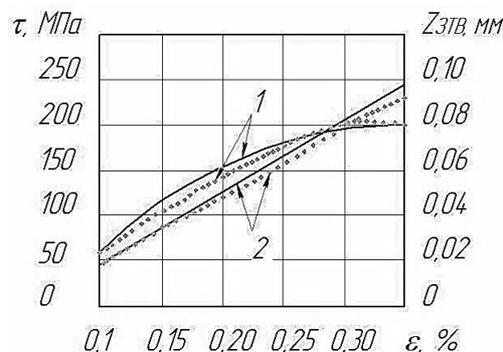


Рисунок 2. Зависимости глубины зоны термического влияния (1) и прочности соединения с основой (2) от величины деформации образца из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом при электроконтактной приварке через промежуточный слой из химически осажденной меди: — — расчетная; — экспериментальная

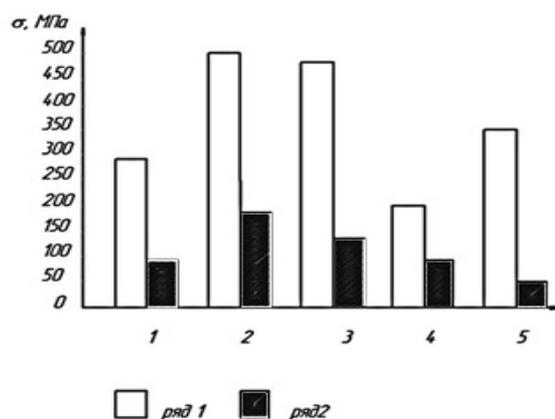
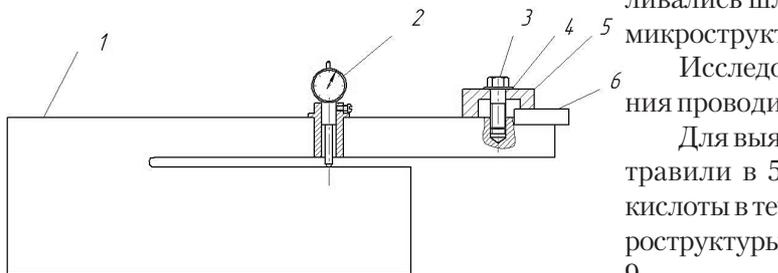


Рисунок 3. Распределение остаточных напряжений в исследуемых образцах: ряд 1 — образец с покрытием из чугуна ВЧ-60 без промежуточного слоя; ряд 2 — образец с покрытием из чугуна ВЧ-60 через промежуточный слой из химически осажденной меди; 1 — 3 мм; 2 — 5 мм; 3 — 8 мм; 4 — 12 мм; 5 — 16 мм от края опоры

Таблица 1. Прочность соединения в зависимости от шероховатости при различных условиях проведения испытаний

Шероховатость свариваемых поверхностей, мкм	Прочность соединения ф МПа	
	Испытание на отрыв	Испытание на сдвиг
0,8	205	198
40	186	202

Анализ результатов испытаний на сдвиг (таблица 1) показывает, что соединение привариваемого (при оптимальных параметрах режима сварки) металла и основы равнопрочно основному металлу.



1 – динамометрическая скоба; 2 – индикатор часового типа; 3 – винт; 4 – шайба; 5 – прижим; 6 – пластина из твердого сплава ВК60М

Рисунок 4. Приспособление для определения прочности соединения наваренного металла с основой методом сдвига

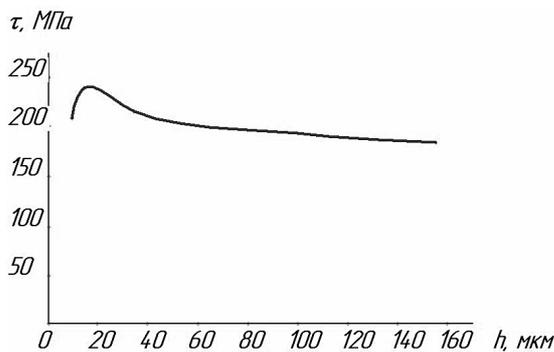


Рисунок 5. Влияние шероховатости свариваемых поверхностей на прочность соединения «ВЧ-60 – СЧ-25» через промежуточный слой из химически осажденной меди при $I = 16\text{кА}$, $P = 1,4\text{кН}$, $t_{II} = 0,04\text{с}$

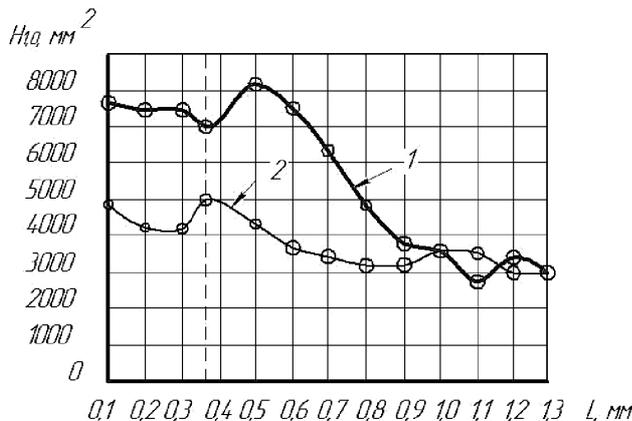


Рисунок 6. Микротвердость зоны соединения «ВЧ-60 – СЧ-25»: 1 – без промежуточного слоя; 2 – через промежуточный слой из меди

С целью теоретической оценки послеремонтной наработки восстановленных коренных опор, был проведен металлографический анализ зоны соединения покрытия с основой. Для проведения металлографических исследований использовались образцы, из которых изготавливались шлифы для исследования макро- и микроструктуры зоны соединения.

Исследования микроструктуры соединения проводили на микроскопе ММР-4.

Для выявления макроструктуры образцы травили в 5-процентном растворе азотной кислоты в течение 15–20 с. Исследование макроструктуры проводили на микроскопе МБС-9.

Исследование остаточных напряжений в покрытии после ЭКП проводили по разработанной методике [4] на образцах, полученных ЭКП пластин из высокопрочного чугуна ВЧ-60 толщиной 2 мм к пластинам из чугуна СЧ-25 толщиной 2 мм через промежуточный слой из химически осажденной меди (20 ... 22 мкм) и без него.

Для рентгеновской съемки использовали портативный дифрактометр «Рикор-5», который обеспечивает возможность определения остаточных напряжений в деталях при их изготовлении, эксплуатации и ремонте.

Металлографические исследования показали, что при использовании промежуточного слоя химически осажденной меди наибольшая микротвердость наблюдается вблизи зоны соединения, что обусловлено наибольшим влиянием процесса ЭКП на данную область.

Глубина зоны термического влияния составляет 0,08 ... 0,1 мм, микротвердость этой зоны $H_{1,0} = 4940 \dots 3670\text{ Н/мм}^2$ (рисунок 6).

За зоной термического влияния основной металл имеет исходные структуру и микротвердость $H_{1,0} = 2280 \dots 2870\text{ Н/мм}^2$.

При образовании соединения «ВЧ-60 – СЧ-25» без промежуточного слоя микротвердость зоны соединения имеет достаточно высокое значение: $H_{0,1} = 6930 \dots 7070\text{ Н/мм}^2$ (HRC 57 ... 59), что существенно снижает прочностные характеристики зоны соединения из-за возможности хрупкого разрушения.

Данные металлографических исследований и установленные значения микротвердости позволяют сделать вывод, что при одина-

ковой прочности соединения с прочностью материала основы имеет место существенное улучшение прочностных свойств восстановленных чугуном ВЧ-60 поверхностей, что обеспечивает эксплуатационные свойства восстановленных коренных опор на уровне не ниже новых.

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана технология восстановления коренных опор блока цилиндров двигателя КАМАЗ ЭКП высокопрочного чугуна через промежуточный слой из химически осажденной меди.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлены и научно обоснованы связи прочностных свойств восстановленных поверхностей коренных опор блока цилиндров ДВС со свойствами материалов покрытия, промежуточного слоя и параметрами режима ЭКП, позволившие установить, что покрытие из ВЧ-60

через промежуточный слой химически осажденной меди, полученное на оптимальном режиме ЭКП, обеспечивает снижение уровня остаточных напряжений и прочностные свойства соединения, превышающие свойства основного металла: $\sigma_B = 1000$ МПа; $\sigma_{-1} = 270$ МПа; $\sigma_{0,2} = 700$ МПа; НВ 221-277; $E = 170-175$ ГПа.

2. Анализ результатов испытаний на отрыв и сдвиг показывает, что соединение наваренного металла с основой при оптимальных параметрах режима сварки равнопрочно основному металлу. Предложенная технология восстановления коренных опор обеспечивает увеличение площади контакта соединяемых поверхностей при ЭКП через промежуточный слой за счет активной деформации при сравнительно высокой (15–40 мкм) шероховатости свариваемых поверхностей, заполнения несплошностей, сохранившихся в поверхности контакта, материалом промежуточного слоя.

17.01.2013

Список литературы:

1. Сварка разнородных металлов и сплавов / В. Р. Рябов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 239 с.
2. Люшинский, А. В. Особенности диффузионной сварки через промежуточные слои / А. В. Люшинский // Тезисы докладов «Сварка – качество – конкурентоспособность». – М., 2002. – С. 59–60.
3. Славненко, В. П. Обоснование метода восстановления коренных опор блока цилиндров двигателя КАМАЗ-740 / В. П. Славненко, М. И. Филатов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. – № 4. – С. 203–207.
4. Славненко, В. П. Методика определения остаточных напряжений на поверхности коренных опор после приварки и механической обработки вкладышей из высокопрочного чугуна: сборник статей X международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» / В. П. Славненко, М. И. Филатов. – Оренбург: ОГУ, 2011. – С. 274–279.
5. Славненко, В. П. Характерные неисправности и причины выхода из строя двигателей семейства КАМАЗ-740 в условиях Республики Башкортостан / В. П. Славненко, Ф. К. Яппаров // Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Пермь: Пермский ГТУ, 2010.

Сведения об авторах:

Славненко Владимир Петрович, заведующий кафедрой автомобилей и автомобильного хозяйства Кумертауского филиала Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук

Яппаров Фанис Камилевич, декан транспортно-энергетического факультета Кумертауского филиала Оренбургского государственного университета

453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, 2-й пер. Советский, 36, тел. (34761) 57330,

e-mail: vladimirogu@yandex.ru

UDC 629.113.004.67:621.643

Slavnenko V.P., Yapparov F.K.

Orenburg state university, e-mail: vladimirogu@yandex.ru

THE INFLUENCE OF THE CONTACT AREA OF THE COATING TO THE BASE AT ELECTRO WELDING ON THE STRENGTH PROPERTIES OF CONNECTION AND RESTORED SURFACES

In article solved the task of providing regulated by the normative and technical documentation of the carrying capacity of the restored surface of indigenous supports cylinder engine family-KAMAZ-740 by increasing the contact area of the coating to the base at electro welding application of the intermediate layer.

Key words: the electro welding (EPC), strength properties, bearing capacity, intermediate layer, the contact area.