

ПОВЕРХНОСТНАЯ КОРРОЗИЯ В ХРОМИСТЫХ СТАЛЯХ 14X17H2 И 03X15H4AM3-Ш ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

А. П. Королев, В. С. Верченков, А. В. Никитин, М. Д. Мордасов

*Кафедра «Материалы и технология», korolevanpal@yandex.ru,
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия*

Ключевые слова: металлический сплав; микроструктура; нарушенный слой; электроэрозионная обработка.

Аннотация: Рассмотрен вопрос повышения качества и выявления причин возникновения нежелательных последствий при электроэрозионной обработке. Исследованы процессы резки металлических сплавов латунной и молибденовой проволокой и проанализирована разница в качестве обработки указанными проволоками данных составов. Представлены подготовленные изображения микроструктур поверхностных слоев, обработанных электроэрозионно образцов. На микрошлифах показаны нарушенные слои поверхностных микроструктур и исследованы причины их появления.

Одним из современных и перспективных методов формообразования деталей из металлов и сплавов является электроэрозионная обработка. Его называют и электроискровым, так как между электродами во время электрического импульса появляется дуговой разряд и проходит искра. Electroдами являются в нашем случае заготовка из металлического сплава и проволока в качестве режущего инструмента. Данный метод отличается тем, что позволяет обрабатывать твердые и хрупкие материалы, обработка которых традиционными методами резания затруднена, но, как и другие способы, имеет свои особенности, приводящие в ряде случаев к нежелательным последствиям или браку. В работе [1], например, описано влияние импульсного тока на образование и движение структурных дефектов в металлах. Поэтому актуальным является изучение физических процессов, происходящих между электродами и в поверхностном слое обрабатываемой заготовки из металлического сплава. Известны случаи, когда после электроэрозионной обработки хромистой стали через некоторое время на обработанной поверхности наблюдалась коррозия, хотя эта сталь относится к коррозионно-стойким. Рассмотрен вопрос выяснения причин коррозии поверхностного слоя после электроэрозионной обработки.

Исследованию подвергались стали 14X17H2 и 03X15H4AM3-Ш, обрабатываемые электроэрозионным методом, и для сравнения по той же схеме исследовалась обработанная латунь. Сталь 14X17H2 является коррозионно-стойкой, жаропрочной мартенситно-ферритного класса. Сталь 03X15H4AM3-Ш – высококачественная, коррозионно-стойкая, жаропрочная, высоколегированная аустенитно-мартенситного класса. По отношению к газовой коррозии данная сталь также устойчива, как и предыдущая. После обработки заготовок из приведенных выше сталей через некоторое время на поверхности наблюдалась коррозия, хотя высокое содержание хрома и низкое содержание углерода должно препятствовать окислению. Развитая обработанная поверхность легко окислялась бы, если бы

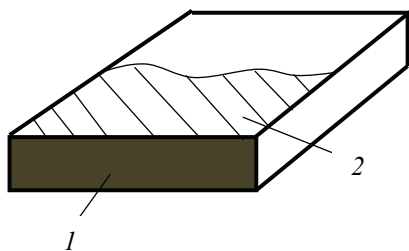
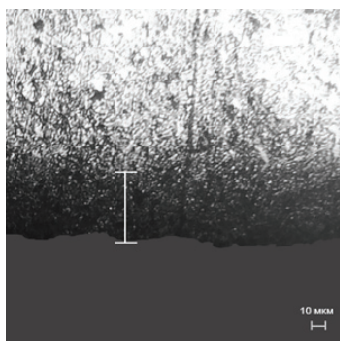


Рис. 1. Заготовка, подвергаемая электроэрозионной обработке:

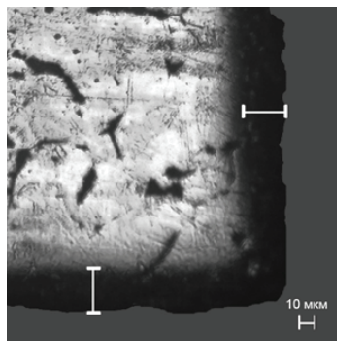
1 – поверхность, обрабатываемая электроэрозионно; 2 – поверхность с микрошлифом

из поверхностного слоя каким-то образом ушел хром. Это наиболее вероятная причина коррозии. Для исследования изготовлен микрошлиф слоя под обработанной электроэрозионной поверхностью (рис. 1). Проволока-инструмент проходит по поверхности 1. Для того чтобы выяснить, произошли ли изменения в микроструктуре под обрабатываемой поверхностью, был изготовлен микрошлиф на поверхности 2. Фотография микроструктуры приведена на рис. 2, а, где виден нарушенный слой глубиной примерно 10 мкм, который выглядит как темная кромка на поверхности. Очевидно здесь произошли какие-то изменения в структуре стали и соответственно в отражательных свойствах поверхности сплава. Так как на поверхности наблюдалась коррозия, то очевидно, что из приповерхностного слоя ушла часть хрома, так как, по мнению металлургического сообщества, наличие в сплаве 12,5% хрома обеспечивает надежную защиту от окисления, создавая плотную защитную пленку Cr_2O_3 , через которую не идет диффузия кислорода к поверхности сплава. Рассматриваемые стали относятся к низкоуглеродистым, а низкоуглеродистые хромистые стали не склонны и к коррозии по границам зерен. Удаление хрома может проходить по двум механизмам. При электроэрозионной резке стали в зоне обработки температура повышается до плавления металлов. При повышенных температурах хром с молибденом проволоки активно образуют растворы в твердом и жидком состояниях согласно диаграмме системы «хром – молибден» [2, с. 466 – 467].

В зоне электроэрозионной обработки происходит нагрев до температуры плавления. Наряду с возможным обезуглероживанием при повышенных температурах [3] хром из структуры стали переходит в раствор, освобождая поверхность сплава для кислорода, где и происходит окисление. Хром покидает структуру не только с поверхности заготовки, но и с поверхности зерен, где может произойти межкристаллитная коррозия. При нагреве высокохромистой стали происходит образование карбидов и других соединений с хромом. Таким образом, в результате обеднения хромом происходит коррозия. Коррозия происходит и по границам зерен, что приводит к проникновению внутрь под поверхность сплава объемных дефектов. Такой дефектный слой виден на снимке микроструктуры после обработки (см. рис. 2, а). Подобный дефектный слой после обработки наблюдался и у стали 03X15H4AM3-Ш (рис. 2, б).



а)



б)

Рис. 2. Микрошлифы структур под обработанной поверхностью сталей 14X17H2 (а) и 03X15H4AM3-Ш (б).

Увеличение $\times 170$. Обработка молибденовой проволокой за один проход

Глубина нарушенного слоя под поверхностью примерно такая же, как и у образца из стали 14X17H2. Отметим, что за один проход проволоки обрабатываемая плоскость имеет волнистую форму [4]. Это известный факт – при однократном проходе качество обработки невысокое. Для повышения точности и, соответственно, качества обработки следует применять до трех проходов проволоки-инструмента. На рисунке 3 приведен снимок микроструктуры поверхностного слоя после обработки в три прохода. Край обрабатываемой поверхности после трех проходов гораздо ровнее. Но, как видно на снимке, нарушенный слой значительно увеличился по сравнению со слоем после одного прохода.

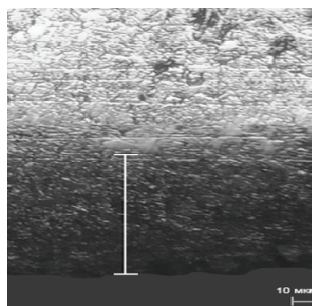
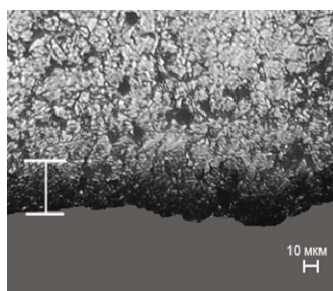
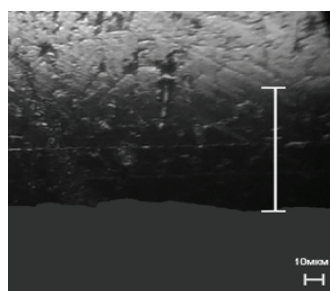


Рис. 3. Микрошлиф структуры под обработанной поверхностью стали 14X17H2.
Увеличение $\times 170$. Обработка молибденовой проволокой за три прохода

Кроме молибденовой проволоки для электроэрозионной обработки используется и проволока из латуни. Для анализа изготовлены образцы из сталей перечисленных марок, обработанные латунной проволокой. Снимки их микроструктур изображены на рис. 4. После резки латунной проволокой также наблюдается нарушенный слой, который, как и в случае с молибденовой проволокой, растет с увеличением числа проходов при электроэрозионной обработке. Для сравнения исследовались сплавы без хрома, которые подвергались электроэрозионной обработке также молибденовой проволокой. Заготовка, представленная на рис. 5, имеет структуру двухфазной ($\alpha + \beta$)-латуни и вырезана молибденовой проволокой.



a)



б)

Рис. 4. Микрошлифы структур под обработанной поверхностью стали 14X17H2.
Увеличение $\times 170$. Обработка латунной проволокой:
a – за один проход; *б* – за три прохода

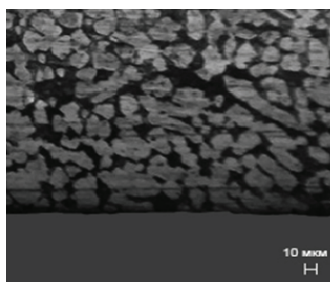


Рис. 5. Микрошлиф структуры под обработанной поверхностью двухфазной латуни.
Увеличение $\times 170$. Обработка молибденовой проволокой за три прохода

На снимке видно, что обработанная поверхность ровная, а в заготовке отсутствует нарушенный слой. Латунь не подвергается окислению так, как сталь. Следовательно его образование – только результат коррозии.

В результате проведенной работы сделан следующий вывод: после электроэрозионной обработки на поверхности хромистых сталей происходит коррозия вследствие того, что структура поверхности теряет хром – основной элемент, защищающий сплав от окисления. В дальнейшем, коррозионный слой можно удалить механически, для этого, его необходимо учитывать в припуске. Возможно, положительный результат даст использование в качестве инструмента при электроэрозионной обработке проволоки, легированной хромом. Применение проволоки требует отдельного исследования.

Список литературы

1. Москвитин, С. П. Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699. doi: 10.17277/vestnik.2016.04.pp.694-699

2. Лякишев, Н. П. Диаграммы состояния двойных металлических систем : справочник : в 3-х т. Т. 3, кн. 1 / Н. П. Лякишев. – М. : Машиностроение, 2001. – 992 с.

3. Влияние многократного отжига на структуру и свойства высокоуглеродистой стали / А. П. Королев [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 337 – 343. doi: 10.17277/vestnik.2018.02.pp.337-343

4. Левинсон, Е. М. Электроэрозионная обработка металлов / Е. М. Левинсон. – Л. : Лениздат, 1961. – 184 с.

Surface Corrosion in Chromium Steels 14X17N2 and 03X15N4AM3-SH after Electrical Discharge Machining

A. P. Korolev, V. S. Verchenov, A. V. Nikitin, M. D. Mordasov

*Department of Materials and Technology, korolevanpal@yandex.ru,
TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: metal alloy; microstructure; broken layer; electrical discharge machining.

Abstract: The issue of improving the quality and identifying the causes of undesirable consequences during electrical discharge machining is considered. The processes of cutting metal alloys with brass and molybdenum wire were studied, and the difference in the quality of processing these compositions with the indicated wires was analyzed. Prepared images of micro-structures of surface layers processed by EDM samples are presented. Microsections show disturbed layers of surface microstructures and the causes of their occurrence are investigated.

References

1. Moskvitin S.P., Barshutin S.N. [Investigation of energy parameters and interactions in the contact layer of a bimetal under the action of a pulsed current], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2016, vol. 22, no. 4, pp. 694-699, doi: 10.17277/vestnik.2016.04.pp.694-699 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Lyakishev N.P. *Diagrammy sostoyaniya dvoynykh metallicheskih sistem: spravochnik: v 3-kh t. T. 3, kn. 1* [State diagrams of binary metallic systems: a reference book: in 3 volumes. T. 3, book. 1], Moscow: Mashinostroyeniye, 2001, 992 p (In Russ.)

3. Korolev A.P., Burenina A.I., Makarchuk M.V., Tolstov N.A. [The influence of multiple annealing on the structure and properties of high carbon steel], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2018, vol. 24, no. 2, pp. 337-343, doi: 10.17277/vestnik.2018.02.pp.337-343 (In Russ., abstract in Eng.)

4. Levinson Ye.M. *Elektroerozionnaya obrabotka metallov* [Electroerosive treatment of metals], Leningrad: Lenizdat, 1961, 184 p. (In Russ.)

Oberflächenkorrosion in Chromstählen 14X17N2 und 03X15N4AM3-SH nach dem Funkenerodieren

Zusammenfassung: Es ist das Problem der Qualitätsverbesserung und der Ursachenerkennung unerwünschter Folgen bei der Funkenerosion betrachtet. Die Verfahren des Schneidens der Metalllegierungen mit Messing- und Molybdändraht sind untersucht, und der Unterschied in der Qualität der Verarbeitung dieser Zusammensetzungen mit den angegebenen Drähten ist analysiert. Es sind präparierte Bilder von Mikrostrukturen der Oberflächenschichten präsentiert, die mit Elektroerosionsproben bearbeitet worden sind. Auf Mikroschnitten sind gestörte Schichten von Oberflächenmikrostrukturen gezeigt, die Gründe für deren Erscheinen sind untersucht.

Corrosion de surface dans les aciers au chrome 14X17H2 et 03X15H4AM3-CH après le traitement par électroérosion

Résumé: Est examinée la question de l'augmentation de la qualité et de l'identification des causes des conséquences indésirables lors du traitement par électroérosion. Sont analysés les processus de la coupe des alliages métalliques avec du fil de laiton et de molybdène et la différence de la qualité du traitement des compositions par ces fils. Sont présentées les images préparées des microstructures des couches de surface traitées par électroérosion. Sont étudiées les raisons de l'apparition des couches perturbées des microstructures de surface.

Авторы: *Королев Андрей Павлович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы и технология»; *Верченков Виталий Сергеевич* – студент; *Никитин Андрей Вячеславович* – студент; *Мордасов Михаил Денисович* – студент, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Дмитриев Олег Сергеевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.