

6. Улучшение уровня очистки и трибологических свойств рабочих жидкостей при эксплуатации тракторных гидросистем : отчет о НИР / ВНИЦентр ; исполн : Ленивец Г. А., Володько О. С., Молофеев М. В. [и др.]. – М. : ВНИПИОАСУ, 2012. – 137 с. – № ГР 01.201062609. – Инв. № 02.201352396.

7. Severa, G. Corecovery of Bio-Oil and Fermentable Sugars from Oil-Bearing Biomass [Электронный ресурс] / G. Severa, G. Kumar, M. J. Cooney // Hindawi Publishing Corporation International Journal of Chemical Engineering. – 2013. – URL: <http://www.hnei.hawaii.edu/sites/www.hnei.hawaii.edu/files/IJChE%20Co-recovery%20paper.pdf> (дата обращения: 2.05.2015).

УДК 539.219.3:53.09

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ УПРУГИХ ВОЛН НА ПРОЦЕСС МАССОПЕРЕНОСА В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ

Миронова Татьяна Фёдоровна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Физика, математика и информационные технологии», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442 Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tmiroнова51@mail.ru

Миронова Татьяна Васильевна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Физика, математика и информационные технологии», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442 Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: mirt_777@mail.ru

Ключевые слова: массоперенос, металлы, радиоактивные, изотопы, упругие, волны.

Цель исследований – улучшить механические свойства и качество поверхности изделий из металлов на основе меди, титана, железа и его сплавов. Образцы в виде цилиндров диаметром 10 мм и высотой 10 мм, изготовленные из чистого металла, подвергались многократной обработке упругими волнами при давлении до 10^9 Па с частотой до 60 импульсов в минуту в нейтральном газе и насыщающей газовой среде. Температура обработки изменялась в интервале 973–1273 К. В экспериментах применялся метод автордиографии и послыйный радиометрический анализ на установке «Бета-1» с изотопами ^{63}Ni , ^{14}C . Установлено, что скорость диффузии никеля в железе, меди и титане увеличилась в 2 раза, причем концентрационный профиль в титане имел немонотонный характер, а глубина диффузионной зоны превысила таковую в меди и железе. При цементации железа и его сплавов с хромом и титаном в результате обработки произошло ускорение процесса насыщения углеродом в 1,5-2 раза при температуре 1273 К и в 10 раз при температуре 973 К. При этом изменился характер фазообразования, после импульсной обработки поверхностный слой железа глубиной до 40 мкм содержал до 65% аустенита. Установлено, что при импульсном сжатии газовой среды возникает максимум концентрации углерода, соответственно и максимум микротвердости, положение которого определяется параметрами обработки и составом сплава. Понижение температуры диффузионного отжига привело к увеличению эффективности применения импульсной обработки.

Совершенствование промышленного производства, выпуск современных машиностроительных конструкций и сельскохозяйственных машин невозможны без создания и освоения материалов, обладающих самыми разнообразными механическими, физико-химическими и эксплуатационными свойствами. В тоже время, свойства материала определяются его составом, внутренним строением, характером предварительной обработки и, безусловно, состоянием его поверхности. Существенное влияние на механические свойства металлов, такие как твердость и прочность, оказывает содержание цементита в поверхностном слое. Импульсная обработка металлов в условиях сжатия окружающей среды, при которой в образец вводится упругая волна, не вызывающая макроскопической деформации материала, может быть использована для «финишной» обработки изделий.

Цель исследований – улучшить механические свойства и качество поверхности изделий из металлов на основе меди, титана, железа и его сплавов.

Задача исследований – изучить особенности фазообразования и массопереноса в меди, титане, железе и его сплавах при взаимодействии их с никелем и углеродом в условиях упругой деформации.

Материалы и методы исследований. Для экспериментальных исследований была использована специальная установка [1], в которой импульсное воздействие на образец передавалось через газообразную среду. Данная установка позволяла осуществлять многократную импульсную обработку образцов в диапазоне давлений от 10^5 до 10^9 Па с частотой от 1 до 100 импульсов в минуту. Обработка образцов проходила либо в нейтральном газе, либо в насыщающей газовой среде. Температуру эксперимента можно было изменять от 973 до 1273 К. Режимы обработки образцов представлены в таблице 1.

В исследованиях применялся метод снятия слоев и автордиография. На торцевую поверхность подготовленных образцов электролитическим способом наносился слой изотопа ^{63}Ni толщиной 0,3 мкм и активностью 10^3 - 10^4 Бк, причем однородность и толщина покрытия контролировались [2]. Насыщение образцов

углеродом проводилось в твердом карбюризаторе BaCO_3 , содержащем радиоактивный углерод ^{14}C , в течение 2 ч при температуре 1253 К. Для измерения активности образцов при проведении послойного радиометрического анализа использовали установку «Бета-1» [3]. В экспериментах также применялся метод автордиографии. Однако, в случае малых глубин проникновения меченых атомов, стандартное использование указанного метода оказывается малоинформативным, поэтому в отдельных случаях автордиография выполнялась с косых шлифов при угле среза $4^\circ 45'$ [4].

Таблица 1

Режимы обработки образцов

Основа	Изотоп	Температура, К	Среда	Число импульсов в минуту	Длительность импульса, с	Максимальное давление, Па	Время отжига, с
Fe	^{63}Ni	1073	аргон	40	0,1	10^9	$3,6 \cdot 10^3$
Cu	^{63}Ni	1073	аргон	40	0,1	10^9	$3,6 \cdot 10^3$
Ti	^{63}Ni	1193	аммиак	60	0,1	10^9	$1,08 \cdot 10^4$
Fe	^{14}C	1223	аргон	60	0,1	10^9	$3,6 \cdot 10^3$
Fe-1%Cr	^{14}C	1223	аргон	60	0,1	10^9	$3,6 \cdot 10^3$
Fe-1,2%Ti	^{14}C	1223	аргон	60	0,1	10^9	$3,6 \cdot 10^3$
Fe-1,2%Ti	^{14}C	973	аргон	60	0,1	10^9	$7,2 \cdot 10^3$

Результаты исследований. Результаты проведенных исследований в железе и меди (рис. 1, а, б) показали, что импульсная обработка привела, прежде всего, к существенному увеличению глубины проникновения изотопа в основу. Расчет коэффициентов диффузии дал следующие величины: никеля в железе без обработки $D = 6,9 \cdot 10^{-16} \text{ м}^2/\text{с}$, после обработки $D_{\text{и}} = 1,24 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2/\text{с}$; никеля в меди: $D = 8,7 \cdot 10^{-16} \text{ м}^2/\text{с}$ и $D_{\text{и}} = 1,82 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2/\text{с}$. То есть, многократная импульсная обработка привела к увеличению скорости диффузии почти в 2 раза.

При обработке титана (рис. 1, в) по аналогичной схеме было установлено, что протяженность зоны массопереноса также увеличилась, а расчет коэффициентов диффузии дал следующие величины: без обработки $D = 7,3 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2/\text{с}$ и после обработки $D_{\text{и}} = 8,7 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2/\text{с}$. Следует заметить, что распределение радиоактивного никеля в основе имело более сложный характер, на глубине порядка 25 мкм появлялся максимум концентрации ^{63}Ni , возможно связанный с тем, что обработка проводилась в среде аммиака. При этом вместе с диффузией никеля титан насыщался азотом, поступающим из окружающей среды. Возможно также, что появление максимума на концентрационной кривой связано с многократностью импульсного нагружения, подобно тому, как это происходит, при многократной импульсной ударной или лазерной обработке.

Насыщение образцов углеродом проводили в стандартном карбюризаторе, содержащем радиоактивный углерод ^{14}C [5]. Фазовый анализ зоны массопереноса Fe-армко показал, что в результате цементации в поверхностном слое без обработки образовалось 35% аустенита, а после импульсного воздействия его количество увеличилось до 65%. Установлено также, что после импульсной обработки поверхностный слой представлял собой сочетание двух фаз, а именно α - и β -железа, тогда как цементит отсутствовал.

Микродюрметрический анализ образцов показал, что их микротвердость после импульсной обработки оказалась выше на всем протяжении зоны массопереноса (рис. 2, а), а на глубине порядка 200 мкм имелся максимум микротвердости. Импульсная обработка привела к повышению концентрации углерода в матрице обрабатываемого металла на 15-20%, а в приповерхностном слое - более чем на 30%. Анализ результатов автордиографии для железа (рис. 2, б) позволил сделать вывод о том, что характер распределения углерода в образцах идентичен изменению микротвердости [6]. Протяженность диффузионной зоны образца после импульсной обработки увеличилась примерно в 1,4 раза. Расчет коэффициентов диффузии дал следующие величины: без обработки $D = 3,4 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ и после обработки $D_{\text{и}} = 7,3 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$.

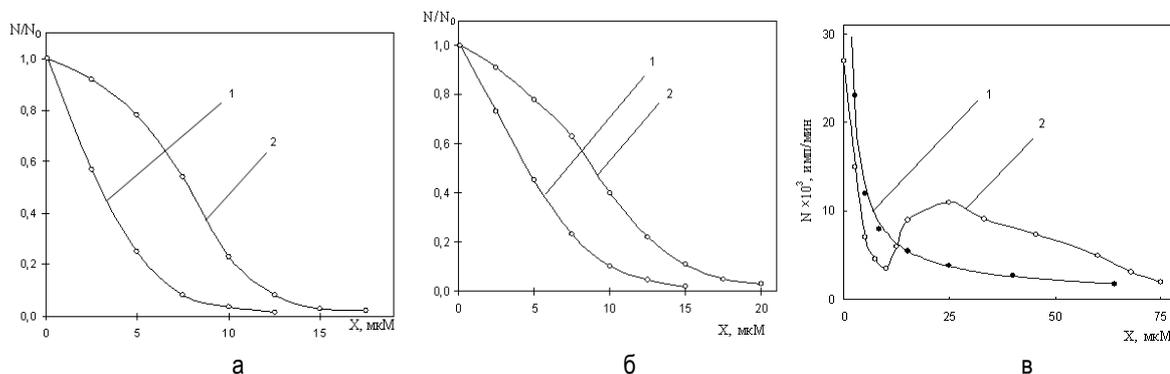


Рис. 1. Распределение ^{63}Ni в железе (а), меди (б) и титане (в) до (1) и после (2) диффузионного отжига

При исследовании процесса цементации сплава Fe-1%Cr установлено, что импульсная обработка образцов привела также к возникновению максимума микротвердости (рис. 3, а), а протяженность диффузионной зоны увеличилась в 1,4 раза (рис. 3, б). Заметно отличались и рассчитанные коэффициенты диффузии: без обработки $D = 4,4 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, после обработки $D_u = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, причем их отношение составило значение $D_u/D = 2,7$, что практически в 1,5 раза больше, чем для случая Fe-армко.

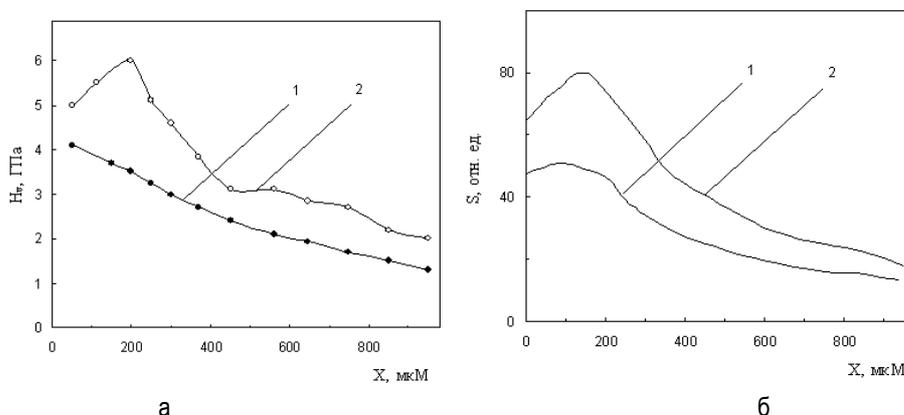


Рис. 2. Изменение микротвердости железа (а) и концентрационные кривые распределения ^{14}C в железе до (1) и после (2) обработки

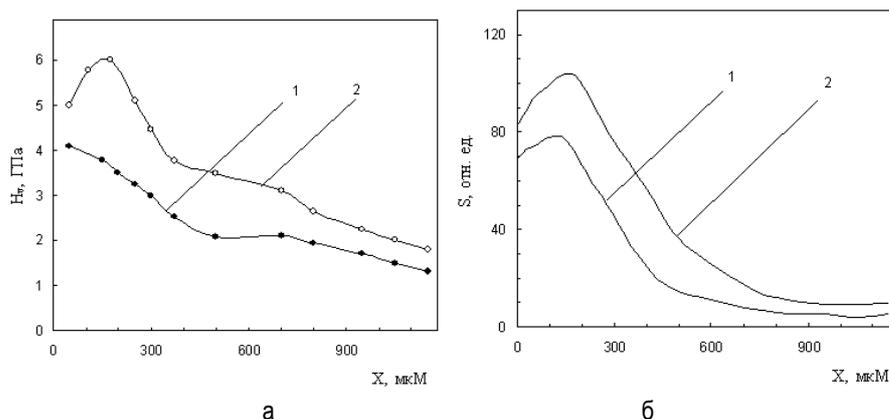


Рис. 3. Изменение микротвердости (а) и концентрационные кривые распределения ^{14}C (б) в сплаве Fe-1%Cr до (1) и после (2) обработки

Насыщение углеродом сплава Fe-1,2%Ti в аналогичных условиях дало весьма схожие результаты: максимум микротвердости и концентрации углерода, увеличение протяженности зоны массопереноса после импульсной обработки в 1,4 раза. Расчет коэффициентов диффузии дал значения: без обработки $D = 3,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ после обработки $D_u = 6,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, а их отношение составило $D_u/D = 1,9$. Следовательно, наиболее эффективным оказалось влияние импульсной обработки для сплава Fe-Cr.

Результаты исследования процесса цементации сплавов при температуре 973 К позволили сделать вывод о том, что при понижении температуры отжига на 250 К эффективность импульсной обработки существенно возрастает. Для сплава Fe-1,2%Ti глубина диффузионной зоны увеличилась с 0,5 до 0,15 мм, а расчет коэффициентов диффузии дал значения: без обработки $D = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$, после обработки $D_u = 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, а их отношение составило уже $D_u/D = 10,6$.

Следует подчеркнуть, что и в этом случае наблюдался максимум микротвердости в диффузионной зоне [7], однако его абсолютное значение при данной температуре оказалось несколько ниже, чем при температуре $T=1223 \text{ К}$.

Заключение. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) диффузионная подвижность атомов замещения и внедрения в металлах и сплавах в условиях многократного импульсного сжатия газовой среды существенно увеличивается;
- 2) концентрация углерода в насыщаемом слое металла в условиях импульсного сжатия газовой среды значительно повышается, и, как следствие, растет его микротвердость;
- 3) при импульсном сжатии газовой среды возникает максимум концентрации углерода, соответственно и максимум микротвердости, положение которого определяется параметрами обработки и составом сплава;

4) понижение температуры диффузионного отжига приводит к увеличению эффективности применения импульсной обработки для металлов и сплавов, что позволяет значительно сократить энергозатраты в процессе обработки.

Библиографический список

1. Мазанко, В. Ф. Диффузионные процессы в металлах под действием магнитных полей и импульсных деформаций : монография: в 2 т. Т. 2 / В. Ф. Мазанко, А. В. Покоев, В. М. Миронов [и др.]. – М. : Машиностроение, 2006. – 320 с.
2. Бокштейн, Б. С. Диффузия атомов и ионов в твердых телах : монография / Б. С. Бокштейн, Я. Б. Ярославцев. – М. : МИСИС, 2005. – 362 с.
3. Азаренков, Н. А. Моделирование диффузионных процессов и экспериментальное определение параметров диффузии в конструкционных материалах с использованием радиоактивных изотопов / Н. А. Азаренков, В. Е. Семенов, Н. Г. Стервоедов [и др.] // Вопросы атомной науки и техники. – 2007. – №2. – С. 76-81. – (Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»).
4. Бородавка, А. Е. Компьютеризированный комплекс для исследования процессов диффузии в металлах и сплавах радиоактивным методом / А. Е. Бородавка, А. С. Посухов, В. Е. Семенов [и др.] // Радиофизика и электроника. – 2005. – №4. – С. 162-165.
5. Бобырь, С. В. Анализ процесса графитизации в железоуглеродистых сплавах на основе термодинамики необратимых процессов // Металлофизика и новейшие технологии. – 2013. – Т. 35, Вып. 2. – С. 199-208.
6. Котречко, С. А. Новые подходы к оценке взаимосвязи свойств прочности, пластичности и механической стабильности / С. А. Котречко, Ю. Я. Мешков, А. В. Шиян [и др.] // Металлофизика и новейшие технологии. – 2011. – Т. 33, вып. 9. – С. 1277-1290.
7. Azhaza, V. M. Microstructure and hardness of natural composite materials / V. M. Azhaza, N. A. Azarenkov, V. E. Semenenko, V. V. Podzolkova // Modern Materials Science: Achievements and Problems. – Kiev, 2005. – Vol. 1. – P. 15-17.

УДК 621.436

ВЛИЯНИЕ РЫЖИКОВОГО МАСЛА НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА

Болдашев Геннадий Иванович, канд. техн. наук, проф. кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: SSAA_Ingener@mail.ru

Быченин Александр Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Приказчиков Максим Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: SSAA_Ingener@mail.ru

Быченина Марина Александровна, соискатель кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Ключевые слова: топливо, смешанное, пара, свойства, противозносные.

Цель исследования – повысить противозносные свойства дизельного топлива введением малых (до 10% по объему) доз рыжикового масла. Представлены теоретические предпосылки повышения противозносных свойств смешанного топлива за счет использования в качестве присадки растительных масел, содержащих органические поверхностно-активные вещества. Приведены методика и результаты поисковых исследований противозносных свойств смешанного топлива с присадкой рыжикового масла. Исследования проводились на универсальном трибометре типа ТУ на четырехшариковом узле трения. Концентрация рыжикового масла в топливе менялась от 0 до 10% по объему с шагом в 2%. Нагрузка, частота вращения шпинделя и материал деталей узла трения не изменялись. Исследования показали, что при концентрации рыжикового масла 2% по объему средний диаметр пятна износа снизился на 26,1% (с 1,1255 при использовании дизельного топлива без добавок до 0,8317 мм при добавлении 2% рыжикового масла). При концентрации рыжикового масла 4% средний диаметр пятна износа снизился на 35,94% от первоначального. При дальнейшем увеличении концентрации рыжикового масла (6, 8 и 10% по объему) снижение диаметра пятна износа составило соответственно 36,56; 37,32 и 38,57%. Установлено, что для значительного повышения трибологических свойств дизельного топлива достаточно ввести в его состав 2-4% рыжикового масла по объему. Дальнейшее увеличение концентрации противозносной присадки значительного эффекта не дает, но использование смешанных топлив с содержанием растительных масел до 50% по объему рационально с точки зрения экономии топлив нефтяного происхождения.