

03;05;07

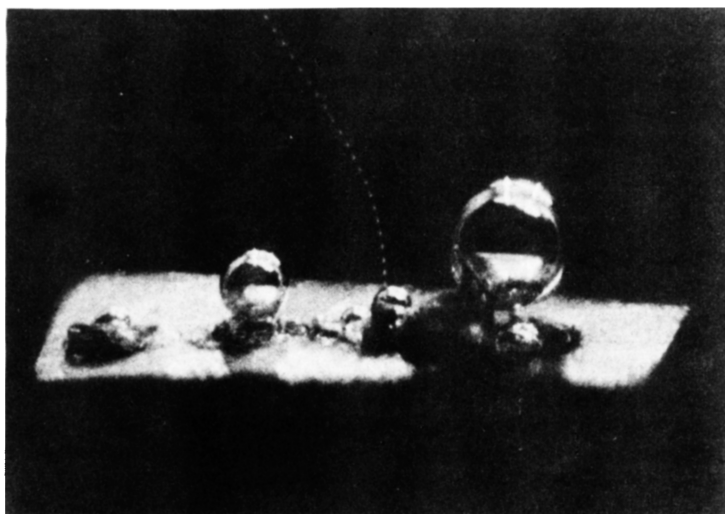
©1995

СТИМУЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ВОДЕ

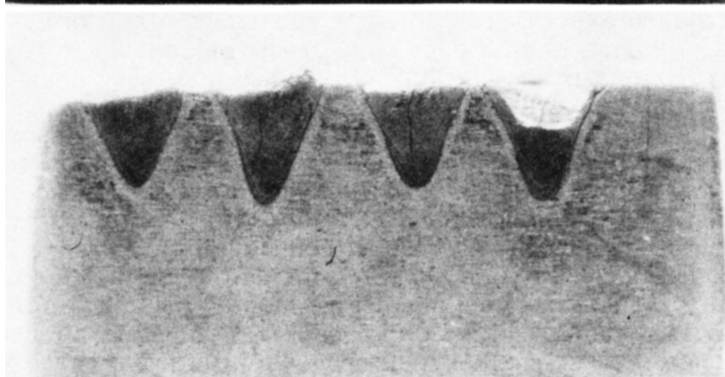
Г.М.Мухеев, Т.Н.Могилева, Н.Б.Кузнецов

Исследования взаимодействия импульсного лазерного излучения с алюминиевыми сплавами представляют интерес в связи с поиском альтернативных методов термообработки материалов [1,2], а также для понимания природы выделения аномально больших объемов водорода из металлов при лазерном воздействии [3]. Целью данного сообщения является демонстрация возможности появления существенной химической активности некоторых алюминиевых сплавов в воде с выделением водорода после импульсного лазерного воздействия.

Эксперименты проводились в следующей последовательности. Исследуемые образцы алюминиевых сплавов различных систем легирования помещались в оптическую рабочую камеру, где создавалось разряжение воздуха до давления $P = 20$ Па. Далее на поверхность образца воздействовали вспышками фокусированного луча неодимового лазера с длительностью импульса, равной 4 мс. Максимальная энергия ϵ в импульсе достигала 14 Дж. При этом на поверхности металла возникали зоны оплавления диаметром около 1 мм. Непосредственно после лазерного воздействия исследуемые образцы выдерживались в вакуумной рабочей камере в течение 1...3 суток до полного прекращения самопроизвольной эмиссии водорода из облученных участков металла [3]. Затем указанные образцы погружались в дистиллированную воду, находящуюся в специальном контейнере при нормальных условиях. Здесь протекала химическая реакция облученного лазером металла с водой. Она сопровождалась выделением молекулярного водорода, который поступал в оптическую измерительную кювету. Нарастание концентрации газообразного водорода в измерительной кювете регистрировалось методом спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света (КАРС) на лазерной установке, описанной в [4]. Кроме этого, некоторые образцы металла непосредственно после лазерного облучения помещались в кюветы с дистиллированной водой или керосином и наблюдались под микроскопом. Сравни-



a



b

Рис. 1. Взаимодействие образца алюминиевого сплава 1420 с водой после лазерного воздействия, сопровождающееся выделением газообразного водорода (а) и шлиф того же образца, сделанный в плоскости оси луча лазера (б). Увеличение $\times 17$.

тельное наблюдение выделения газовых пузырей в указанных жидкостях позволяло оперативно судить о появлении химической активности в воде того или иного сплава.

На рис. 1, а представлена фотография образца из алюминиевого сплава 1420, подвергнутого воздействию четырех импульсов лазера ($E = 6.2$ Дж, $P = 20$ Па) и помещенного непосредственно после этого в кювету с дистиллированной водой при температуре 20°C . На ней видно ин-

Марка сплава	Система легирования	Содержание эл-тов, % (по массе)		S_1 , Вт/см ²	S_2 Вт/см ²
		Li	Mg		
1420	Al-Mg-Li	1.9-2.3	5.0-6.0	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
АМг6	Al-Mg-Mn	—	5.5-6.5	$3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
АМг3	Al-Mg-Mn	—	3.2-3.8	$3 \cdot 10^4$	$20 \cdot 10^4$
В95	Al-Zn-Mg-Cu	—	1.8-2.8	$3 \cdot 10^4$	$25 \cdot 10^4$
1161	Al-Cu-Mg	—	1.4-1.8	$3 \cdot 10^4$	$30 \cdot 10^4$
АМц	Al-Mn	—	0.2	$4 \cdot 10^4$	—
АЛ2	Al-Si	—	0.1	$4 \cdot 10^4$	—
АД1	Al	—	0.05	$4 \cdot 10^4$	—

тенсивное выделение газовых пузырей различных размеров из трех облученных точек металла. Наблюдения показали, что появление газовых пузырей происходит из микротрещин, которые возникают в теле остывшего после расплавления металла. Наиболее интенсивное образование газовых пузырей наблюдалось со дна кратеров. Это согласуется с тем, что поверхность дна кратера связана с телом облученной части металла наиболее крупными трещинами, которые распространяются в глубину образца в пределах зоны лазерного оплавления (см. рис. 1, б). В случае отсутствия трещин в зоне лазерного оплавления выделение газовых пузырей не наблюдается. Действительно, из рис. 1, а, б видно, что с четвертого облученного участка металла, не имеющего трещин, образование газа не происходит. Через некоторое время, зависящее от энергии лазерного импульса, интенсивное выделение газовых пузырей со дна кратеров прекращается. Однако увеличение температуры дистиллированной воды до 70°C приводит к восстановлению процесса образования газовых пузырей. В данной работе исследованы алюминиевые сплавы, марки которых указаны в таблице. Процентные содержания Mg и Li в этих сплавах приведены в соответствии с [5].

В столбцах S_1 и S_2 приведены значения плотности мощности излучения, выше которых наблюдаются эффекты плавления и возбуждения химической активности металла в воде соответственно. При параметрах излучения используемого лазера химическая активность сплавов АЛ2, АМц и АД1 в воде не проявлялась. Это отражено в столбце S_2 знаком "—". Таким образом, из приведенной таблицы следует, что появление химической активности в воде после лазерного воздействия характерно для алюминиевых сплавов, легированных литием или магнием.

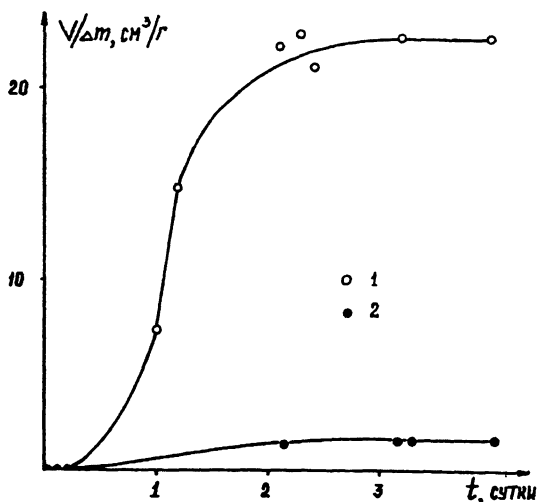


Рис. 2. Зависимости объема выделившегося водорода V в расчете на массу оплавленного металла Δm , определенную металлографически по величине зоны оплавления, от времени t при $E = 6.2$ Дж для алюминиевых сплавов АМг6 (1) и АМг3 (2).

Опыты, проведенные в данной работе, показали, что самопроизвольная эмиссия водорода из металла, имеющая место после лазерного воздействия, характерна для алюминиевых сплавов, легированных литием или магнием. При этом количество выделившегося водорода тем больше, чем больше Mg или Li содержит в себе сплав. Этот эффект не свойствен для сплавов типа АЛ2, АМц, АД1 без лития и с низким содержанием магния. Эксперименты показали, что через 1...3 суток после лазерной вспышки самопроизвольная эмиссия водорода из алюминиевых сплавов, легированных литием или магнием, прекращается. Но металл сохраняет свою способность вступать в химическое взаимодействие с водой с выделением водорода. На рис. 2 представлены зависимости, характеризующие это взаимодействие со временем t . Из рис. 2 видно отсутствие сигнала в течение продолжительного времени, хотя взаимодействие облученного металла с водой начинается немедленно после погружения образца в жидкость. Это связано с тем, что быстро выделяющиеся пузыри водорода, имеющие размеры около 30 мкм, в течение долгого времени удерживаются на границе вода-воздух силами поверхностного натяжения. Кроме этого, требуется некоторое время для диффузии водорода из контейнера с водой в измерительную оптическую кювету, содержащую воздух при атмосферном давлении. Поэтому зависимости $\frac{V}{\Delta m}(t)$, представленные на рис. 2, не отража-

ют реальный временной ход указанного химического взаимодействия. Однако общее количество выделившегося при этом водорода позволяет судить о типе сплава, который становится наиболее активным в воде после импульсного лазерного воздействия. Таковыми оказались сплавы, содержащие в себе наибольшее количество лития или магния. Исследованные нами сплавы, не содержащие в качестве легирующих добавок Mg или Li, химическую активность в воде после лазерного воздействия не приобретали.

Представленные здесь экспериментальные результаты можно объяснить разложением гидридов лития и магния, содержащихся в составе алюминиевых сплавов. В результате этого и других физико-химических процессов, протекающих во время и после мощного лазерного воздействия на материал, возможно образование мелкодисперсных частиц лития или магния, способных вступать в химическое взаимодействие с водой с образованием водорода.

Таким образом, в данной работе показано, что после мощного лазерного воздействия алюминиевые сплавы, легированные литием или магнием, приобретают химическую активность в воде с выделением водорода при нормальных условиях.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 94-02-06574-а).

Список литературы

- [1] Волгин В.И. // Поверхность. Физика, химия, механика. 1983. В. 1. С. 125-128.
- [2] Масляев С.А., Неверов В.И., Пименов В.Н., Сасиновская И.П. // Физика и химия обработки материалов. 1992. В. 3. С. 34-37.
- [3] Михеев Г.М., Матнев Е.С. // Письма в ЖТФ. Т. 19. В. 2. С. 38-42.
- [4] Михеев Г.М., Малеев Д.И., Матнев Е.С., Могилева Т.Н. // ЖПС. 1994. Т. 60. В. 1-2. С. 11-18.
- [5] Рабкин Д.М., Лозовская А.В., Склабинская И.Е. *Металловедение сварки алюминия и его сплавов*. Киев: Наукова думка, 1992. 157 с.

Институт прикладной
механики УрО РАН
Ижевск

Поступило в Редакцию
24 сентября 1994 г.