



*The structure, mechanical characteristics and cavitation resistance of secondary silumins after refining and combined refiner-modifying processing is investigated. The improvement of mechanical characteristics and cavitation resistance as a result of the structure decomposition is received.*

А. А. МИТЯЕВ, С. Б. БЕЛИКОВ, В. Н. ПОВЗЛО, ЗНТУ

УДК 669.714.1

## ПОВЫШЕНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ВТОРИЧНЫХ СИЛУМИНОВ

В настоящее время в транспортном машиностроении в целях снижения массы подвижного состава и расхода топлива и энергии, а также увеличения маневренности и полезной нагрузки, улучшения экологических показателей неуклонно возрастает доля использования литейных алюминиевых сплавов — силуминов. Особенно широко они используются при замене деталей из черных сплавов для узлов и агрегатов, входящих в контакт с различными жидкостями (корпуса двигателей внутреннего сгорания с жидкостной системой охлаждения; картера; корпуса двигателей моторных лодок, яхт; помпы для перекачки жидкостей и топлива и т.д.). Силумины характеризуются хорошими литейными свойствами, высокой герметичностью и благоприятным сочетанием механических, а также эксплуатационных свойств. Герметичность особенно необходимо учитывать при проектировании, производстве и контроле литых заготовок для деталей гидравлических и пневматических устройств, а также различных деталей водного транспорта. При этом не менее важной задачей является обеспечение высокого уровня кавитационно-коррозионной стойкости материалов.

Кавитационное разрушение — это форма изнашивания материалов в быстро движущихся жидких коррозионных средах. При этом долговечность деталей, которые подверглись кавитационно-коррозионному воздействию, определяется составом жидкой среды и интенсивностью ее воздействия на поверхность деталей. Разрушение в большинстве случаев носит локальный характер со значительными величинами поражения. Причиной разрушений является воздействие пузырьков, которые возникают в областях низких давлений при движении жидкости. Возникновение пузырьков обусловлено растягивающими нагрузками, приложенными к жидкости, которые по величине превосходят межмолекулярные силы сцепления. Время существования пузырьков очень мало (приблизительно микросекунду) [1]. В момент, когда стенки пузырька захлопываются, образуется сильная ударная волна, которая через жидкость передается на по-

верхность материала. По данным [1], деформационные волны, возникающие в материалах вследствие захлопывания пузырьков, вызывают удар, равный давлению 1,5 ГН/м<sup>2</sup>. По другим данным [2], интенсивность кавитационных нагрузок может характеризоваться локальными давлениями до 253 МН/м<sup>2</sup> и температурой внутри пузырька до 723 °С.

С целью изучения процессов кавитационного разрушения, оценки сопротивления материалов этому виду изнашивания и определения схем защиты в Запорожском национальном техническом университете разработана и изготовлена установка для ускоренных кавитационно-коррозионных испытаний [3]. Установка относится к типу ударно-струйных и позволяет управлять основными параметрами процесса испытаний (длина, диаметр и форма струи; скорость встречи образца со струей; гидродинамические параметры струи). Она предназначена для испытаний образцов из различных материалов в многочисленных жидких коррозионных средах в широком диапазоне температур (рис. 1). Технические характеристики установки: номинальное рабочее напряжение — 380 В, мощность асинхронного электродвигателя — 4,5 кВт, расход рабочей жидкости —  $1,2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с, габаритные размеры — 1550 x 550 x 1240 мм, масса установки — 80 кг [3].

С использованием данной установки были проведены сравнительные исследования кавитационной стойкости двух вторичных доэвтектических силуминов АК8МЗ (табл. 1), полученных по заводской и экспериментальной технологиям. Химический состав сплавов по основным элементам соответствовал ГОСТ 1583-89 [4].

Согласно заводской технологии, плавление металла осуществлялось под покровным флюсом с последующей обработкой рафинирующим флюсом состава 15% KCl, 45% NaCl, 40% AlF<sub>3</sub>. Шихта состояла из 100% лома и отходов производства. Экспериментальная технология состояла в дополнительной обработке сплава, полученного по заводской технологии, модификатором (пат. Украины

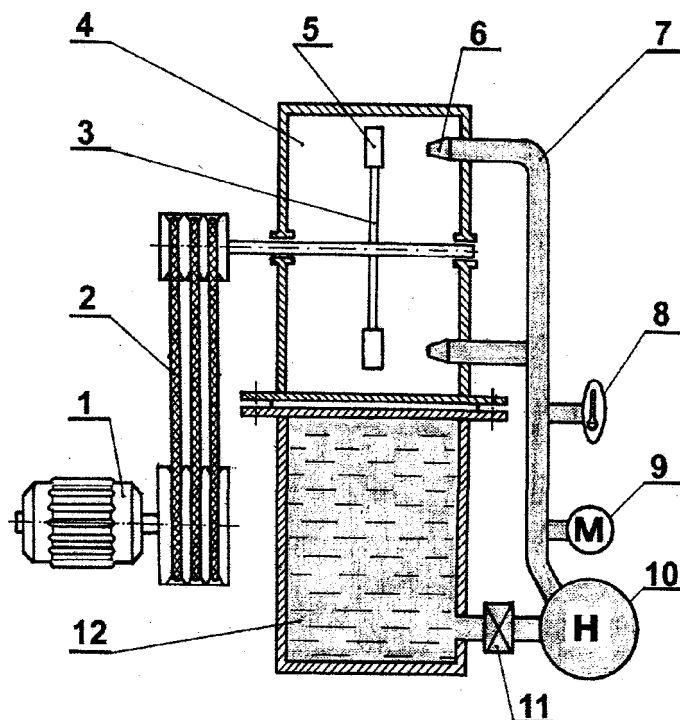


Рис. 1. Схема установки для испытаний на кавитационно-коррозионное изнашивание: 1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 – диск; 4 – рабочая камера; 5 – узел крепления образцов; 6 – сопло; 7 – трубопровод; 8 – термометр; 9 – манометр; 10 – насос; 11 – кран; 12 – бак с рабочей жидкостью

Таблица 1. Химический состав исследуемых вторичных сплавов АК8МЗ

Сплав	Содержание элементов, мас. %										
	Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Zn	Ni	Pb	Sn	Ti	Ca
1	9,82	2,35	0,72	0,20	0,23	0,84	0,06	0,09	0,04	0,03	0,0007
2	8,20	2,65	0,98	0,23	0,33	0,87	0,13	0,10	0,04	0,03	0,0017

№ 57584А) [5]. Образцы для испытаний изготавливали из металла термообработанного по режиму Т5 (закалка + искусственное старение), который обеспечивал наиболее оптимальное сочетание прочностных и пластических свойств. В результате использования модификатора [5] произошло упорядочение структуры, снижение пористости, измельчение всех структурных составляющих сплава; изменение морфологии, топографии и значительное уменьшение параметра формы интерметаллидных фаз и эвтектического кремния (рис. 2).

Это обеспечило повышение уровня показателей механических свойств металла, полученного по экспериментальной технологии (табл. 2).

Средой, в которой проводили испытания, являлась водопроводная вода с водородным показателем рН 6,8. Общая жесткость воды составляла 4,56 (мг-экв/л), содержание растворенного кислорода – до 6 мг/л, а концентрация растворенного хлора не превышала 0,4 мг/л.

Режим испытаний характеризовался следующими параметрами: давление рабочей среды –

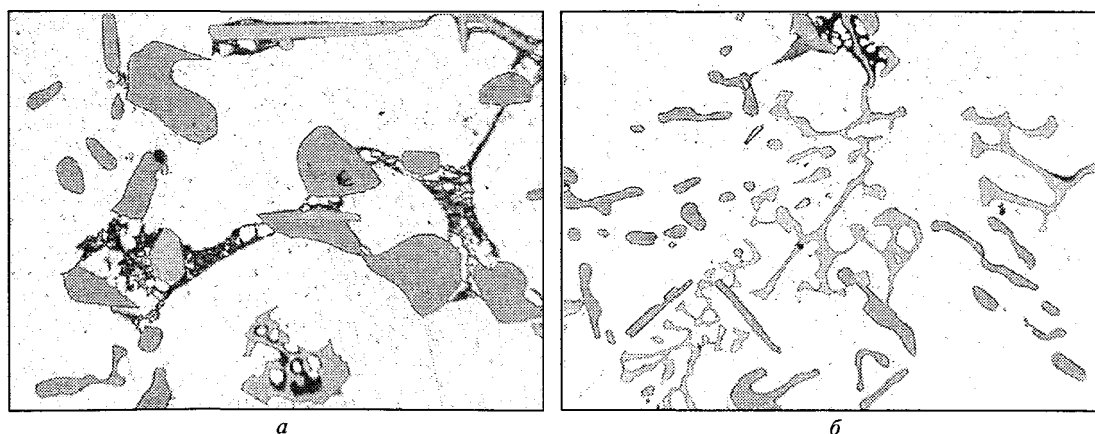


Рис. 2. Структура вторичного сплава АК8МЗ: а – традиционная технология; б – экспериментальная технология. х200

Таблица 2. Влияние технологии получения АК8МЗ на механические свойства и кавитационную стойкость

Сплав	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %	$\Delta m_{ср}$ , г	$\varepsilon$ , раз
1	163	1,0	0,2349	2,11
	180	1,5	0,1113	
2	117	1,0	0,2827	1,90
	170	1,4	0,1488	

Примечание: в числителе – значения, характеризующие традиционную технологию; в знаменателе – после экспериментальной обработки;  $\Delta m_{ср}$  – средние кавитационные потери массы образцов, г

0,08 МПа; зазор между соплом и образцом – 3 мм; линейная скорость вращения образцов – 80 м/с. Размер образцов – 10 x 10 x 24 мм.

Оценка относительной кавитационной стойкости производилась по потере массы образцов за одно и то же время испытаний:

$$\varepsilon = \Delta m_0 / \Delta m_{ср}$$

где  $\Delta m_0$  – потеря массы образца из сплава, полученного по заводской технологии, г;  $\Delta m_{ср}$  – потеря массы образца из сплава, который изготовлен по экспериментальной технологии, г.

Для сплава АК8МЗ время испытаний каждой партии образцов составляло 20 мин. Результаты испытаний показали, что экспериментальная технология обеспечивала повышение кавитационной стойкости в среднем в 2 раза (табл. 2). При этом площадь разрушенной поверхности значительно уменьшалась (рис. 3).

Использование экспериментальной технологии обеспечило стабильное повышение уровня механических свойств вторичных сплавов АК8МЗ разных плавов в сравнении с традиционной технологией (см. табл. 2). Это связано с тем, что хрупкие составляющие, имеющие неблагоприятную форму, разрушаясь и выкрашиваясь, образуют в матрице сплава надрезы, которые в дальнейшем развиваются в трещины и при воздействии динамических нагрузок, передаваемых пузырьками, приводят к локальному удалению определенных объемов сплава. В связи с этим, чем компактнее форма, присутствующих в сплаве фаз, и чем выше равномерность их распределения, тем выше сопротивление кавитационному разрушению. Низкий параметр формы включений и их высокая дисперсность обеспечивают снижение концентрации напряжений вокруг них, что продлевает срок эксплуатации материала. Большое количество пузырьков, оказывая циклическое воздействие на материал, вызывает возникновение в нем трещин усталости, которые в дальнейшем ускоряют процесс кавитационного разрушения.

### Выводы

Результаты испытаний хорошо согласуются со многими литературными данными, которые свидетельствуют о том, что с увеличением временного сопротивления разрыву и твердости металла возрастает сопротивление кавитационному разрушению [1].

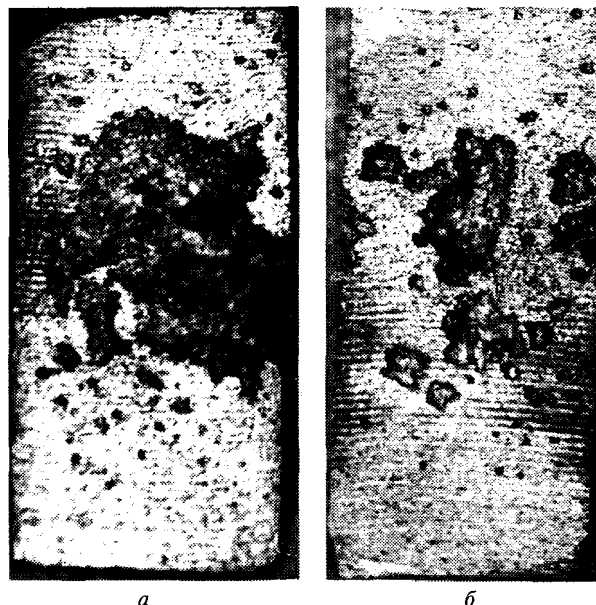


Рис. 3. Характер поверхности образцов после испытаний на кавитационное изнашивание: а – образец из металла по заводской технологии; б – образец из металла экспериментальной плавки. x4

В работе [6] было показано, что вторичные силумины после подобной экспериментальной обработки существенно повышали усталостную долговечность при испытаниях на малоцикловую усталость со степенью деформации от 0,15 до 0,3%. Таким образом, установлено, что с улучшением структуры и повышением уровня механических свойств, а также сопротивления материала усталостному разрушению обеспечивается рост его способности противостоять кавитационному разрушению.

### Литература

1. Коррозия: Справ. М.: Металлургия, 1981.
2. Фомин В.В. Гидроэрозия металлов. М.: Машиностроение, 1977.
3. Патюпкин А.В., Рудычев А.С., Быковский О.Г. Кавитационно-коррозионная стойкость наплавленных нержавеющей сталей и сплавов // Автоматическая сварка. 2000. № 8. С. 38–40.
4. ГОСТ 1583-89. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия. Введ. 12.04.89. М.: Изд-во стандартов, 1989.
5. Пат. 57584А Украина: МКИ С22С1/06. Модификатор для алюминієвих сплавів / І.П. Волчок, О.А. Міт'єв (Україна).
6. Волчок І.П., Міт'єв О.А., Рязанов С.Г. Малоциклова втома вторинних алюмінієвих сплавів // Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій / Під заг. ред. В.В. Панасюка. Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України. 2004. С. 629–632.