

О.В. Старцев¹, И.М. Медведев¹, М.Г. Курс¹

ТВЕРДОСТЬ КАК ИНДИКАТОР КОРРОЗИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В МОРСКИХ УСЛОВИЯХ

Одна из существенных проблем исследования коррозионных процессов – отсутствие точных и достоверных методов определения интегрального коррозионного состояния. Существующие методы или недостаточно точны, или отражают только одну сторону коррозионного процесса, например, потери массы дают информацию об общей коррозии, но невосприимчивы к межкристаллитной коррозии. Ввиду этого значимой областью науки о коррозии является поиск новых методов характеристики коррозионного поражения. Предложен принципиально новый метод определения коррозионного состояния поверхности алюминиевого сплава, основанный на многочисленных измерениях твердости поверхности.

Ключевые слова: *коррозия, алюминиевые сплавы, твердость материала.*

O.V. Startsev¹, I.M. Medvedev¹, M.G. Kurs¹

HARDNESS, AS THE CORROSION INDICATOR OF ALUMINIUM ALLOYS UNDER THE MARINE CONDITIONS

One of the existing problems of studying the corrosion processes is the absence of accurate and trustworthy methods for determining the integral corrosion state. The existing methods either are not enough accurate or reflect only one side of corrosion process, for example, the weight losses give the information of the general corrosion only, but they are not susceptible to the intercrystalline corrosion. Hence, the significant field of science relative to corrosion is the search of new methods for determining the characteristics of corrosion state. Now the principally new method was proposed for the determination of corrosion state on Al-base alloy surfaces. This method is based on the multiple measurements of the surface hardness.

Keywords: *corrosion, aluminium alloys, material hardness.*

¹Геленджикский центр климатических испытаний имени Г.В. Акимова
[Gelendjik climatic testing center] E-mail: gcki.viam.ru

Экспозиция алюминиевых сплавов проводилась в условиях умеренно теплого морского климата Геленджикского центра климатических испытаний им. Г.В. Акимова ФГУП «ВИАМ» [1]. Категория коррозионной агрессивности атмосферы ГЦКИ им. Г.В. Акимова ФГУП «ВИАМ» по ИСО 9223 может быть определена как «С3» (средняя).

Для испытаний применялся лист алюминиевого сплава 1370 толщиной 1,6 мм. Сплав 1370 – деформируемый термически упрочняемый алюминиевый сплав системы Al–Mg–Si–Cu. По основным механическим характеристикам это коррозионностойкий свариваемый высокотехнологичный сплав, который рекомендуется к применению для деталей обшивки и силовых деталей планера, в том числе сварных конструкций, работающих во всеклиматических условиях.

Образцы из сплава 1370 обезжирены органическими растворителями, протравлены в 10%-ном растворе едкого натра в течение 1 мин при температуре 60°C и

промыты в проточной воде перед испытаниями. После этого осветлены в 30%-ном растворе азотной кислоты в течение 5 мин, вновь промыты в проточной, а затем в дистиллированной воде и высушены фильтровальной бумагой (по ГОСТ 9.913–90).

Условия экспозиции – под навесом в течение 3 и 6 мес. Образцы, располагающиеся на стенде под углом 45 град, экспонировались без облива, аналогично методике, представленной в работах [2, 3], а образцы, располагающиеся на стенде горизонтально, – с нанесением морской соли распылением солевого раствора концентрацией 1, 5 и 10 г/л с помощью пульверизатора один раз в сутки в 16.00. Получение морской соли производилось методом выпаривания из морской воды. Горизонтальное расположение образцов на стенде было выбрано для увеличения продолжительности нахождения испытуемых образцов под пленкой раствора электролита.

Методы определения твердости поверхности

Под твердостью материала понимают его способность сопротивляться пластической или упругой деформации при внедрении в него более твердого тела (индентора). Этот вид механических испытаний не связан с разрушением металла и, кроме того, в большинстве случаев не требует приготовления специальных образцов.

Необходимость оптического измерения отпечатка в большинстве стандартных методов определения твердости снижает точность измерений, а в случае малых нагрузок и, как следствие, малых размеров отпечатка приводит к сложностям в получении достоверных результатов.

Этот фактор, а также методика непрерывного измерения прилагаемого усилия и глубины инdentации привели к возможности создания метода определения твердости, основанного на анализе диаграмм «прилагаемая нагрузка–глубина инdentации», так называемых диаграмм нагружения. Типичная диаграмма нагружения изображена на рис. 1. Впервые этот метод был введен в 70-х годах прошлого века и получил наибольшее развитие благодаря работам Оливера и Фарра [4]. Метод регламентируется стандартами [5, 6].

В данной работе выбран метод определения твердости инdentации в соответствии с рекомендациями стандартов ASTM E2546 [5] и исследованиями Оливера и Фарра [4]. Данный метод обладает следующими преимуществами: высокой точностью и хорошей воспроизводимостью благодаря отсутствию погрешности определения размеров отпечатка, вносимой оператором; высокой автоматизацией процесса измерения, позволившей проводить исследования при хорошей статистике и возможности получения дополнительных характеристик материала, например, модуля упругости.

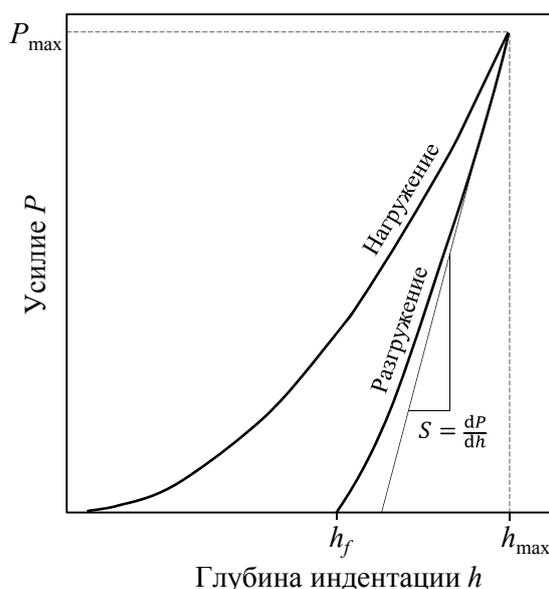


Рис. 1. Типичная диаграмма нагружения (h_f – остаточная глубина инdentации)

Определены средние значения твердости инdentации \bar{H}_{IT} и стандартное отклонение твердости инdentации σH_{IT} (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения и стандартное отклонение твердости инdentации

Состояние образца	\bar{H}_{IT} , МПа	σH_{IT} , МПа
В исходном состоянии	1839	116
После 3 мес экспозиции:		
без облива	1722	255
с обливом (1 г/л)	1489	334
После 6 мес экспозиции:		
без облива	1589	140
с обливом (1 г/л)	1432	236

Данные проиллюстрированы распределениями твердости инdentации на рис. 2, а, б. Для сравнения с результатами твердости были проведены измерения стандартных коррозионных показателей (табл. 2). Видно (см. табл. 1), что с увеличением срока экспозиции и ужесточением условий испытания уменьшается среднее значение твердости. Разброс показаний твердости инdentации в первые три месяца возрастает, а впоследствии уменьшается. Это можно объяснить тем, что в начале коррозионного процесса на поверхности материала есть как пораженные, так и целые участки, что обеспечивает значительные различия в результатах. При длительной же экспозиции большая часть поверхности оказывается пораженной и разброс показаний снижается.

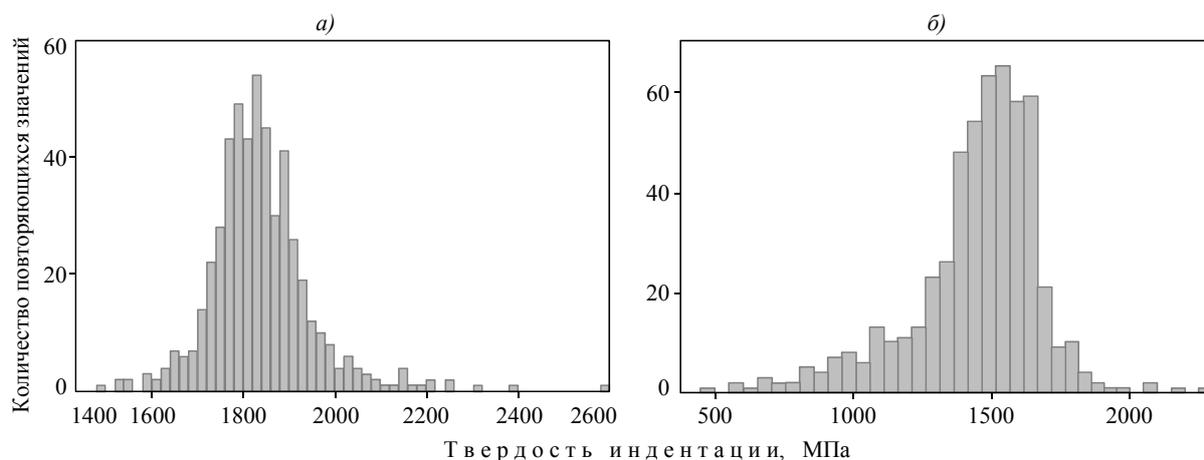


Рис. 2. Распределение твердости инdentации для образца в исходном состоянии (а) и после 3 мес экспозиции с обливом 1 г/л раствором морской соли (б)

Таблица 2

Стандартные коррозионные показатели

Состояние образца	Скорость коррозии, г/(м ² ·сут)	Глубина межкристаллитной коррозии, мм
После 3 мес экспозиции:		
без облива	0,0037	0,10
с обливом (1 г/л)	0,0433	0,24
После 6 мес экспозиции:		
без облива	0,0719	0,11
с обливом (1 г/л)	0,0757	0,24

Проведен анализ существующих методов измерения твердости поверхности и выбран метод определения индентационной твердости ввиду его высокой точности и возможности автоматизации процесса измерения. Проведен эксперимент по определению твердости поверхности алюминиевого сплава после натурно-ускоренных испытаний. Для сравнения определены стандартные показатели коррозионного поражения.

Для оценки степени коррозионного поражения возможно не только использование средних значений твердости, но и стандартных отклонений твердости.

Показано, что твердость поверхности чувствительна к коррозионным процессам и измерение твердости поверхности может быть использовано для достоверной количественной оценки интегрального коррозионного состояния алюминиевого сплава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н., Кириллов В.Н., Жирнов А.Д., Старцев О.В., Вапиров Ю.М. Центры для климатических испытаний авиационных ПКМ //Авиационная промышленность. 2009. №4. С. 36–46.
2. Панченко Ю.М., Стрекалов П.В., Жиликов В.П., Каримова С.А., Березина Л.Г. Зависимость коррозионной стойкости сплава Д16 от засоленности и метеопараметров приморской атмосферы //Коррозия: материалы, защита. 2011. №8. С.1–12.
3. Жиликов В.П., Каримова С.А., Лешко С.С., Чесноков Д.В. Исследование динамики коррозии алюминиевых сплавов при испытании в камере солевого тумана (КСТ) //Авиационные материалы и технологии. 2012. №4. С. 18–21.
4. Oliver W.C., Pharr G.M. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology //J. of Materials Research. 2004. V. 19. №1. P. 3–20.
5. ASTM E2546 Practice for Instrumented Indentation Testing. 2007.
6. ISO 14577-1:2002 Instrumented indentation test for hardness and materials parameters.

REFERENCES LIST

1. Kablov E.N., Kirillov V.N., Zhirnov A.D., Starcev O.V., Vapirov Ju.M. Centry dlja klimaticheskih ispytanij aviacionnyh PKM [Centers for climatic test aircraft RMB] //Aviacionnaja promyshlennost'. 2009. №4. S. 36–46.
2. Panchenko Ju.M., Strekalov P.V., Zhilikov V.P., Karimova S.A., Berezina L.G. Zavisimost' korrozionnoj stojkosti splava D16 ot zasolennosti i meteoparametrov primorskoj atmosfery [The dependence of the corrosion resistance of the alloy D16 meteoparameters salinity and coastal environments] //Korrozija: materialy, zashhita. 2011. №8. S.1–12.
3. Zhilikov V.P., Karimova S.A., Leshko S.S., Chesnokov D.V. Issledovanie dinamiki korrozii aljuminievyh splavov pri ispytanii v kamere solevogo tumana (KST) [Study of the dynamics of corrosion of aluminum alloys when tested in the salt spray chamber (FTC)] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №4. S. 18–21.
4. Oliver W.C., Pharr G.M. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology //J. of Materials Research. 2004. V. 19. №1. P. 3–20.
5. ASTM E2546 Practice for Instrumented Indentation Testing. 2007.
6. ISO 14577-1:2002 Instrumented indentation test for hardness and materials parameters.