

УДК 539.4

DOI: 10.32326/1814-9146-2026-88-3-97-107

**СВОЙСТВА АДДИТИВНОГО
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА RS-553
В ДИАПАЗОНЕ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ДО 10^4 с^{-1} ***

© 2026 г. Назаров Д.В.^{1,2}, Пушкин В.А.², Скляднева Т.О.¹,
Трунин И.Р.^{1,2}, Федотова А.В.²

¹Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики,
Саров, Российская Федерация

²Саровский физико-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
Саров, Российская Федерация

staff@vniief.ru

Поступила в редакцию 21.05.2026

Получены данные о свойствах алюминиево-магниево-скандиевого сплава марки Rusal RS-553, изготовленного по аддитивной технологии селективного лазерного сплавления, при скорости деформации до $4,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. Технология селективного лазерного сплавления в сочетании с технологической оптимизацией предоставляют уникальные возможности для производства сложных бионических конструкций, включая внутренние структуры и сетчатые элементы, недостижимые традиционными методами изготовления, а также позволяют добиться значительного снижения массы деталей при сохранении требуемых прочностных характеристик.

Коррозионноустойчивый высокопрочный сплав RS-553 изготавливается путем расплавления лазерным лучом высокой мощности порошковой композиции, основными химическими элементами которой являются алюминий, магний и скандий. Такая композиция создана специально для производства деталей с помощью аддитивных технологий. Образцы для исследований вырезались из цилиндрических заготовок, выращенных в направлении сканирования лазерного луча.

Опыты на динамическое сжатие проводились на установке составного стержня Гопкинсона в диапазоне скоростей деформации $(2,4\text{--}4,5) \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. В отличие от метода регистрации деформации стержней с помощью тензометрических датчиков, в экспериментах с исследуемыми образцами использовалась оптическая методика лазерной гетеродин-интерферометрии. В опытах регистрировались скорости поверхности стержней, а пересчет в деформации производился с учетом скорости звука в стержнях, а также угла наклона оптических датчиков, направленных на их торцы.

Свойства сплава RS-553, определенные из экспериментов на сжатие,

* Выполнено в рамках научной программы Национального центра физики и математики по Государственному контракту №Н.4ц.241.4Д.26.1025.

сравнивались со свойствами алюминиевых сплавов, содержащих магний, АМг6 и Д-16Т, полученных по традиционной технологии литья.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в рассмотренном скоростном диапазоне нагружения пределы текучести при сжатии сплавов RS-553 и Д-16Т практически совпадают и примерно в 1,5 раза превышают предел текучести АМг6.

Ключевые слова: селективное лазерное сплавление, сплав RS-553, метод составного стержня Гопкинсона, методика лазерной интерферометрии, диаграммы деформирования, предел текучести.

Введение

Аддитивные технологии (АТ) представляют широкий класс перспективных направлений производства деталей сложной формы посредством постепенного наращивания материала или изменения фазового состояния вещества в заданной области пространства, что существенно отличает их от традиционных методов изготовления путем удаления материала или изменения формы заготовки [1, 2]. Одним из наиболее распространенных методов аддитивного производства металлических деталей является метод селективного лазерного сплавления (в зарубежной литературе Selective Laser Melting – SLM) [3–6]. Эта технология позволяет изготавливать изделия из разных композиций порошков с заданными термодинамическими и прочностными свойствами, которые могут быть схожи и даже превосходить по физико-механическим характеристикам продукты стандартных технологий.

При производстве изделий по АТ, кроме выбора способа производства, типов установок (3D принтеров), режима их работы, стратегии печати, подбора состава металлического порошка и т.д., необходимо установить, будет ли обладать будущая выращенная деталь требуемыми эксплуатационными характеристиками, то есть возможна ли ее эксплуатация в различных условиях нагружения, включая экстремальные. Для этого необходимо знать характеристики сплавов, выращенных по АТ, в диапазонах скоростей деформации, характерных для работы будущего изделия.

Широко используемыми конструкционными материалами, благодаря низкой плотности, удовлетворительной коррозионной стойкости, хорошей обрабатываемости, являются алюминиевые сплавы. При этом большой прогресс наблюдается в разработке новых разновидностей алюминиевых сплавов, специально адаптированных под технологию SLM. Применение сплавы нашли в авиационной, оборонной, нефтегазовой и химической промышленности, машиностроении, энергетике, строительстве, медицине и т.д.

Объектом исследования выбран коррозионностойкий высокопрочный сплав системы Al-Mg-Sc (алюминий-магний-скандий) – RS-553 [7], в котором содержание скандия составляет порядка 0,3%, что обеспечивает повышение прочности и улучшение термической стабильности. Приводятся результаты исследований динамических прочностных свойств сплава RS-553, изготовленного на научно-производственной площадке Института легких материалов и технологий (Москва). Свойства RS-553, определенные из экспериментов, сравнивались со свойствами алюминиевых сплавов АМг6 и Д-16Т, полученных по традиционной технологии литья. Динамические испытания проведены по методу Кольского (методу составного стержня Гопкинсона (ССГ)) [8–12] при скорости деформации $\dot{\epsilon}$ до $4,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. Для регистрации волновых течений применялась методика лазерной гетеродин-интер-

ферометрии PDV [13], которая обеспечивает прямую регистрацию скоростей поверхности стержней.

Микроструктура, химический состав и физико-механические свойства алюминиевых сплавов

Для исследования внутренней структуры и определения механических прочностных характеристик образцы исследуемых сплавов вырезались из цилиндрических заготовок, выращенных в вертикальном направлении (сплав RS-553) и прутков в направлении проката (АМг6, Д-16Т). Размеры образцов для динамических испытаний составили: толщина 5 мм, диаметр 10 мм.

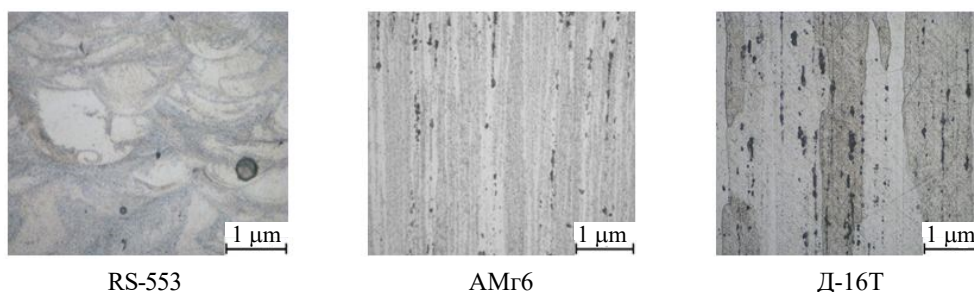
Перед испытаниями на динамическое сжатие проводился сравнительный анализ микроструктуры, химического состава и некоторых механических свойств сплавов. Процентное содержание основных химических элементов сплавов приведено в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сплавов, массовая доля элементов, %

RS-553	Al	Si	Mg	Ca	Fe	Sc	Be	Zr
	основа	0,04	3,85	0,009	0,15	0,34	0,003	0,71
АМг6	Al	Si	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Ti
	основа	<0,4	5,8–6,8	0,5–0,8	<0,4	<0,1	<0,2	0,02–0,1
Д-16	Al	Si	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Ti
	основа	0,5	1,2–1,8	0,3–0,9	0,5	3,8–4,9	0,25	0,15

Исходная внутренняя структура сплавов RS-553, АМг6 и Д-16Т представлена на рис. 1.



RS-553

АМг6

Д-16Т

Рис. 1. Микроструктура поперечного сечения алюминиевых сплавов, увеличение в 200 раз

На шлифе сплава RS-553 прослеживается характерная для технологии SLM чешуйчатая структура, возникающая вследствие расплава частиц материала и быстрого охлаждения. Черные вкрапления среди чешуек представляют собой поры или дефекты непроплава, которые могут являться характерным технологическим фактором процесса селективного лазерного сплавления.

Сплав АМг6 относится к термически неупрочняемым деформируемым алюминиевым сплавам. На структуре не выявляется зернистое строение. Направление металлографической текстуры показывает направление прокатки.

Микроструктура сплава Д-16Т, относящегося к системе Al-Cu-Mg, характеризуется вытянутыми зёрнами твердого раствора алюминия, на фоне которых четко

видны темные, преимущественно линейно ориентированные частицы нерастворимых интерметаллических соединений.

Как следует из рис. 1, микроструктуры представленных алюминиевых сплавов различаются, что обусловлено как их технологией изготовления, так и химическим составом, условиями и способами термической обработки. Физико-механические характеристики: начальная плотность, модуль упругости и микротвердость сплавов RS-553, Д-16Т и АМг6 [14–16] приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические характеристики сплавов

Свойства	RS-553	Д-16Т	АМг6
ρ_0 , г/см ³	2,67	2,78	2,64
E , ГПа	72	72–75	71
HV , МПа	1500	1340	650

Динамические испытания

Определение механических свойств алюминиевых сплавов при динамическом сжатии в диапазоне скоростей деформации $(2,4–4,5) \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ проводилось методом ССГ на экспериментальном комплексе СарФТИ НИЯУ МИФИ (г. Саров). Схема проведения экспериментов приведена на рис. 2. Стержни и ударник изготовлены из высокопрочной мартенситностареющей стали с пределом текучести $\sim 2400 \text{ МПа}$. Размеры стержней составляют $\varnothing 20 \times 1500 \text{ мм}$, ударника – $\varnothing 20 \times 300 \text{ мм}$.

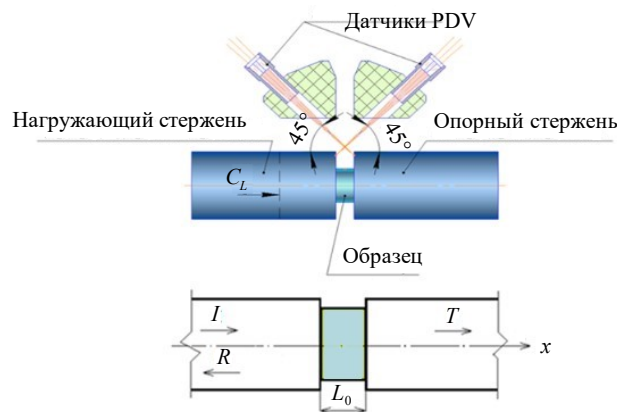


Рис. 2. Схема экспериментов

На рисунке C_L – продольная скорость звука, I – входящий (Incoming) импульс деформации сжатия, T – прошедший (Transmitted) импульс деформации сжатия, R – отраженный (Reflected) импульс деформации растяжения.

В «классической» постановке метода ССГ, регистрируя с помощью тензометрических датчиков упругие импульсы деформации в нагружающем и опорном стержнях $\varepsilon_I(t)$, $\varepsilon_T(t)$, $\varepsilon_R(t)$, возможно определить напряжение $\sigma(t)$, деформацию $\varepsilon(t)$ и скорость деформации $\dot{\varepsilon}(t)$ образцов как функции времени [8, 9]. По зависимостям $\sigma(t)$ и $\varepsilon(t)$ и при исключении времени t , строится диаграмма деформирования (σ – ε).

В опытах по методу ССГ из-за малой длины образца по отношению к длительности падающего импульса хорошо соблюдается условие динамического равновесия, когда равны усилия на торцах стержней, соприкасающихся с образцом [9–12, 17, 18]. Из этого условия при одинаковых диаметрах и материалах нагружающего и

опорного мерного стержней следует: $\varepsilon_I(t) + \varepsilon_R(t) = \varepsilon_T(t)$. Напряжение в образце, его деформацию и скорость деформации можно определять с использованием отраженного и прошедшего импульсов $\varepsilon_R(t)$ и $\varepsilon_T(t)$ [9, 12, 19].

В отличие от классического подхода применяемый экспериментальный комплекс использует прямую регистрацию волновых скоростей $W(t)$ в стержнях. Пересчет в деформации нагружающего и опорного стержней проводится по формуле, учитывающей расположение датчиков PDV по отношению к торцевым поверхностям стержней: $\varepsilon_T(t) = W_0(t)/(\cos \alpha / C_C)$, где W_0 – измеряемая скорость стержней, C_C – скорость звука в стержнях, α – угол установки датчика ($\alpha = 45^\circ$) [20].

Результаты опытов

На рис. 3 в качестве примера представлены спектрограммы скоростей $W(t)$ опыта с образцом из сплава RS-553, зарегистрированные PDV датчиками на нагружающем и опорном стержнях.

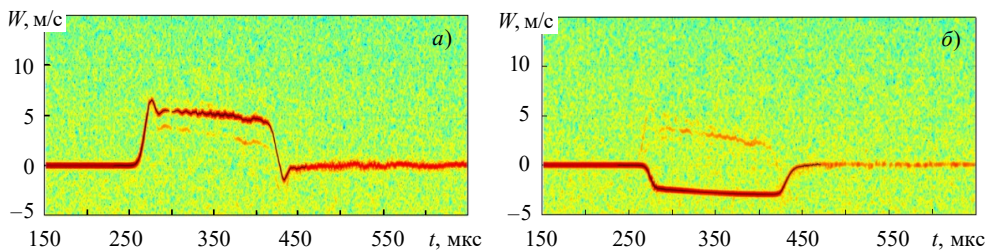


Рис. 3. Спектрограммы $W(t)$: а) нагружающий стержень – импульс R , б) опорный стержень – импульс T

При ударе цилиндрического ударника по нагружаемому стержню на контактной границе стержня с образцом фиксируется импульс трапецеидальной формы с колебаниями на плато импульса, связанными с возникновением в области торца стержня объемного напряженного состояния, которое на расстоянии трех-пяти диаметров от торца преобразуется в одноосное. На профиле $W(t)$ также видны колебания меньшей амплитуды, вызванные трением торцевых поверхностей стержня и образца, которые возникают из-за шероховатости контактных поверхностей. Для уменьшения влияния негативных факторов в виде осцилляций на зарегистрированных импульсах применяются различные методы, в частности, на контактной границе нагружающего стержня и ударника устанавливают прокладку из мягкого материала, используют смазку торцевых поверхностей стержней, контактирующих с образцом. Подробно этот вопрос рассматривается в [21]. В представленном эксперименте импульсы «сглажены» путем усреднения точек на временном промежутке, соответствующем периоду характерных колебаний, исключая высокоамплитудные колебания и принимая за равновесную амплитуду импульса сжатия значение $\sigma = (\rho C_C V)/2$, где ρ – плотность материала стержня, $C_C = \sqrt{E/\rho}$ – скорость звука в стержне, E – модуль упругости материала стержня, V – скорость соударения.

На основании зарегистрированных скоростей контактных поверхностей определены временные зависимости деформаций $\varepsilon_R(t)$ и $\varepsilon_T(t)$, затем напряжение $\sigma(t)$ в образце, его деформация $\varepsilon(t)$ и скорость деформации $\dot{\varepsilon}(t)$. На рис. 4 представлены зависимости от времени, полученные в одном из опытов с RS-553 при скорости

деформации 3000 с^{-1} : a – упругие деформации $\varepsilon_R(t)$, $\varepsilon_T(t)$ в стержнях, b – напряжения в образце $\sigma(t)$, c – деформации образца $\varepsilon(t)$, d – скорости деформации образца $\dot{\varepsilon}(t)$. Величина скорости деформации в этом опыте и последующих определена из зависимости $\dot{\varepsilon}(t)$ и соответствует максимальному ее значению на пластическом участке кривой.

По зависимостям $\sigma(t)$ и $\varepsilon(t)$ построены диаграммы деформирования (σ – ε) сплавов RS-553, Д-16Т и АМг6, представленные на рис. 5.

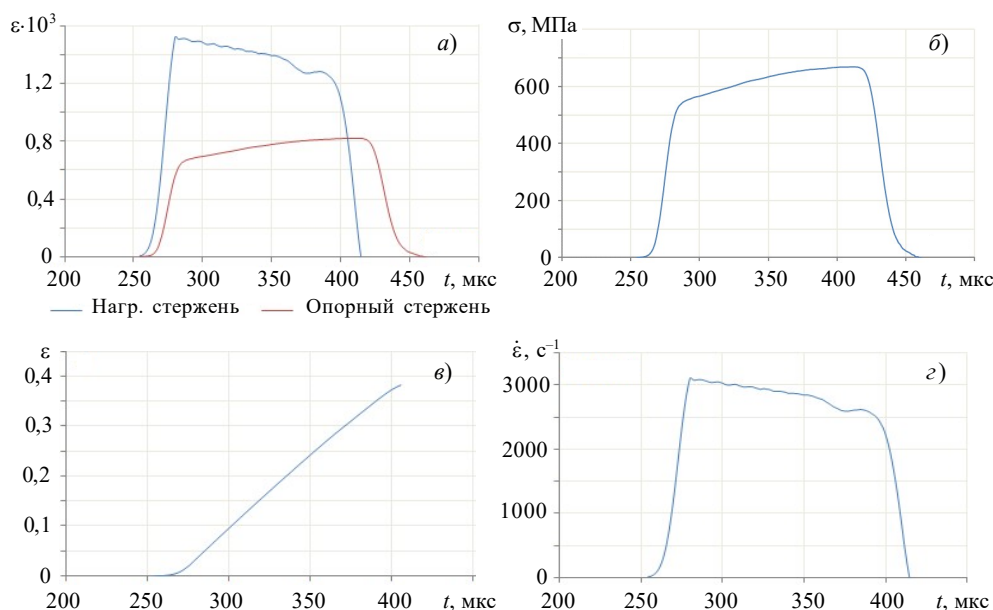


Рис. 4. Зависимости деформаций и напряжения от времени

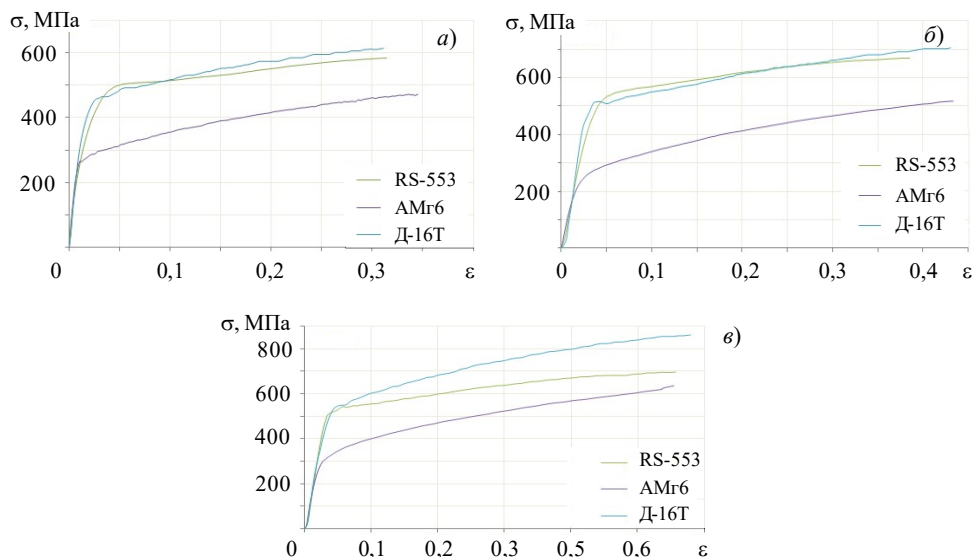


Рис. 5. Диаграммы сжатия (σ – ε) алюминиевых сплавов при различных скоростях деформации: $a) \dot{\varepsilon} = 2400\text{--}2870 \text{ с}^{-1}$, $b) \dot{\varepsilon} = 3000\text{--}3400 \text{ с}^{-1}$, $c) \dot{\varepsilon} = 4200\text{--}4500 \text{ с}^{-1}$

В опытах при скорости ударника 9,0–14,3 м/с скорости деформации составили 2400–4500 с⁻¹. Значения пределов текучести $\sigma_{0,2}$, определенные из диаграмм (σ – ϵ), приведены в таблице 3 и на рис. 6.

Таблица 3

Наименование сплавов	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Скорость деформации $\dot{\epsilon}$, с ⁻¹
RS-553	475	2400
	480	3000
	480	4200
АМг6	250	2870
	255	3400
	295	4500
Д-16Т	435	2550
	475	3100
	480	4300

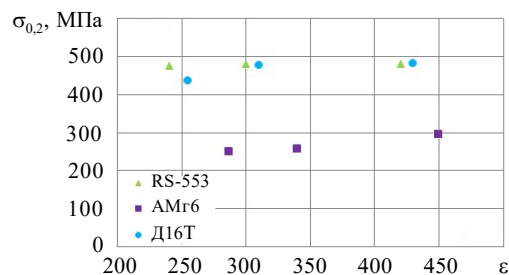


Рис. 6. Зависимость предела текучести алюминиевых сплавов RS-553, АМг6, Д-16Т от скорости деформации

Из таблицы 3 и рис. 6 следует, что предел текучести сплава RS-553, изготовленного по технологии селективного лазерного сплавления, практически совпадает с пределом текучести литейного сплава Д-16Т и превышает $\sigma_{0,2}$ АМг6 в ~1,5 раза в диапазоне скоростей деформации $\dot{\epsilon} = 2400 - 4500$ с⁻¹.

Для испытанных алюминиевых сплавов с увеличением скорости деформации $\dot{\epsilon}$ наблюдается рост предела текучести $\sigma_{0,2}$. Величины пределов текучести в реализованном диапазоне $\dot{\epsilon}$ превышают значения $\sigma_{0,2}$ при статическом сжатии [14].

Закключение

Аддитивные технологии позволяют выращивать детали сложной конфигурации с меньшими материальными затратами и меньшими весовыми характеристиками по сравнению с традиционными литейными технологиями. Одним из распространенных аддитивных материалов является алюминиево-магниево-скандиевый сплав RS-553, созданный по технологии селективного лазерного сплавления. Компоненты порошковой композиции, из которой изготавливается сплав, подобраны так, чтобы механические характеристики сплава не уступали его аналогам, изготовленным по традиционным технологиям.

Полученные результаты при динамическом нагружении подтвердили высокую прочность сплава RS-553, сопоставимую с прочностью Д-16Т и превосходящую

АМг6. Эти данные могут быть использованы для обоснованного выбора материалов при создании новых изделий.

Авторы выражают благодарность М.В. Аниськину за создание экспериментального комплекса и за помощь в проведении экспериментов и М.И. Ткаченко за металлографический анализ структуры образцов.

Список литературы

1. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. *Аддитивные технологии в машиностроении*. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2013. 223 с.
2. Валетов В.А. *Аддитивные технологии (состояние и перспективы)*. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 63 с.
3. Мельникова М.А., Колчанов Д.С., Мельников Д.М. Селективное лазерное плавление: применение и особенности формирования трехмерных конструктивных технологических элементов. *Фотоника*. 2017. Т. 62. №2. С. 42–49. DOI: 10.22184/1993-7296.2017.62.2.42.49.
4. Ming W., Chen J., An Q., Chen M. Dynamic mechanical properties and machinability characteristics of selective laser melted and forged Ti6Al4V. *Journal of Materials Processing Technology*. 2019. Vol. 271. P. 284–292. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2019.04.015.
5. Amir B., Samuha S., Sadot O. Influence of selective laser melting machine source on the dynamic properties of AlSi10Mg alloy. *Materials*. 2019. Vol. 12. Article No 1143. DOI: 10.3390/ma12071143.
6. Brandl E., Heckenberger U., Holzinger V., Buchbinder D. Additive manufactured AlSi10Mg samples using selective laser melting (SLM): Microstructure, high cycle fatigue, and fracture behavior. *Materials and Design*. 2012. Vol. 34. P. 159–169. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.07.067.
7. Рябов Д.К., Грушин И.А., Сафериан А.Г. Некоторые особенности формирования структуры и свойств новых алюминиевых сплавов при аддитивном производстве. *Станкоинструмент*. 2022. №1 (026). С. 44–49. DOI: 10.22184/2499-9407.2022.26.1.44.50.
8. Kolsky H. An investigation of the mechanical properties of materials at very high rates of loading. *Proceedings of the Physical Society Section B*. 2002. Vol. 62(11). P. 676–700. DOI: 10.1088/0370-1301/62/11/302.
9. Брагов А.М., Игумнов Л.А., Константинов А.Ю., Ломунов А.К. *Высокоскоростная деформация материалов различной физической природы*. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2020. 300 с.
10. Зукас Дж.А., Николас Т., Свифт Х.Ф. и др. *Динамика удара*. М.: Мир, 1985. 296 с.
11. Chen W., Song B. *Split Hopkinson (Kolsky) Bar: Design, Testing and Applications*. Boston: Springer, 2011. 397 p.
12. Bragov A.M., Lomunov A.K., Konstantinov A.Yu., Lamzin D.A. A modified Kolsky method for determining the shear strength of brittle materials. *Technical Physics Letters*. 2017. Vol. 43. No 1. P. 130–132. DOI: 10.1134/S1063785017010175.
13. Strand O.T., Goosman D.R., Martinez C., Whitworth T.L. Compact system for high-speed velocimetry using heterodyne techniques. *Review of Scientific Instruments*. 2006. Vol. 77. Iss. 8. Article No 083108. DOI: 10.1063/1.2336749.
14. Yandex.url: <https://3dvision.su/product/alyuminiyevyy-splav-rusal-rs-553/?ysclid=mnpyo88beyt321377687> (дата обращения 14.04.2026).
15. Козулин А.А., Красновейкин В.А., Скрипняк В.В., Хандаев Б.В., Ли Ю.В. Механические свойства алюминий-магниевого сплава после интенсивной пластической деформации. *Современные проблемы науки и образования*. 2013. №6. 888 с.
16. Бабичев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М. и др. *Физические величины: Справочник*. М.: Энергоатомиздат, 1991. 53 с.
17. Константинов А.Ю. Экспериментально-теоретический подход к исследованию высокоскоростного деформирования и разрушения материалов с использованием мерных стержней. *Дисс... докт. ф.-м. наук*. Н. Новгород, 2018. 304 с.
18. Gama B.A., Lopatnikov S.L., Gillespie J.W.Jr. Hopkinson bar experimental technique:

A critical review. *Applied Mechanics Reviews*. 2004. Vol. 57. Iss. 4. P. 223–250. DOI:10.1115/1.1704626.

19. Бельский В.М., Пушков В.А., Жерноклетов М.В. *Методы исследования динамических свойств материалов*. Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2021. 203 с. DOI: 10.53403/9785951504876.

20. Ashuach Y., Avinadav C., Rosenberg Z. Eliminating the thermal softening of dynamically loaded specimens in the Kolsky bar system by multi-step loading. *The European Physical Journal Conferences*. 2012. Vol. 26. Article No 01047. DOI: 10.1051/epjconf/20122601047.

21. Bragov A.M., Igumnov L.A., Konstantinov A.Y., Kruszka L., Lamzin D.A., Lomunov A.K. Methodological aspects of testing brittle materials using the split Hopkinson bar technique. *Strain*. 2021. P. 12389-1 – 12389-16. DOI: 10.1111/str.12389.

References

1. Zlenko M.A., Popovich A.A., Mutylina I.N. *Additivnye tekhnologii v mashinostroenii* [Additive Technologies in Mechanical Engineering]. Saint Petersburg. Petersburg Polytechnic University Publ. 2013. 223 p. (In Russian).

2. Valetov V.A. *Additivnye tekhnologii (sostoyanie i perspektivy)* [Additive Technologies: Present State and Development Perspectives]. Saint Petersburg. Universitet ITMO Publ. 2015. 63 p. (In Russian).

3. Melnikova M.A., Kolchanov D.S., Melnikov D.M. Selektivnoe lazernoe plavlenie: primeneniye i osobennosti formirovaniya trekhmernykh konstruktivnykh tekhnologicheskikh elementov [Selective laser melting: application and features of three-dimensional structural engineering elements formation]. *Fotonika* [Photonics]. 2017. Vol. 62. No 2. P. 42–49 (In Russian).

4. Ming W., Chen J., An Q., Chen M. Dynamic mechanical properties and machinability characteristics of selective laser melted and forged Ti6Al4V. *J. Mater. Process. Technol.* 2019. Vol. 271. P. 284–292. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2019.04.015.

5. Amir B., Samuha S., Sadot O. Influence of selective laser melting machine source on the dynamic properties of AlSi10Mg alloy. *Materials*. 2019. Vol. 12. Article No 1143. DOI: 10.3390/ma12071143.

6. Brandl E., Heckenberger U., Holzinger V., Buchbinder D. Additive manufactured AlSi10Mg samples using selective laser melting (SLM): Microstructure, high cycle fatigue, and fracture behavior. *Mater Des.* 2012. Vol. 34. P. 159–169. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.07.067.

7. Ryabov D.K., Grushin I.A., Saferyan A.G. Nekotorye osobennosti formirovaniya struktury i svoystv novykh alyuminiyevykh splavov pri additivnom proizvodstve [Some features of the structure and properties formation of new aluminum alloys during laser powder bed fusion]. *Stankoinstrument*. 2022. No 1 (026). P. 44–49 (In Russian).

8. Kolsky H. An investigation of the mechanical properties of materials at very high rates of loading. *Proceedings of the Physical Society Section B*. 2002. Vol. 62(11). P. 676–700. DOI: 10.1088/0370-1301/62/11/302.

9. Bragov A.M., Igumnov L.A., Konstantinov A.Yu., Lomunov A.K. *Vysokoskorostnaya deformatsiya materialov razlichnoy fizicheskoy prirody* [High-Strain-Rate Deformation of Materials of Various Physical Nature]. N.Novgorod. NNGU Publ. 2020. 300 p. (In Russian).

10. Zukas J.A., Nicholas T., Swift H.F. et al. *Impact Dynamics*. New York. Wiley. 1982. 452 p.

11. Chen W., Song B. *Split Hopkinson (Kolsky) Bar: Design, Testing and Applications*. Boston. Springer. 2011. 397 p.

12. Bragov A.M., Lomunov A.K., Konstantinov A.Yu., Lamzin D.A. A modified Kolsky method for determining the shear strength of brittle materials. *Tech. Phys. Lett.* 2017. Vol. 43. No 1. P. 130–132. DOI: 10.1134/S1063785017010175.

13. Strand O.T., Goosman D.R., Martinez C., Whitworth T.L. Compact system for high-speed velocimetry using heterodyne techniques. *Review of Scientific Instruments*. 2006. Vol. 77. Iss. 8. Article No 083108. DOI: 10.1063/1.2336749.

14. Yandex.url: <https://3dvision.su/product/alyuminiyevyy-splav-rusal-rs-553/?ysclid=mnyo88beyt321377687> (Accessed 14.04.2026).

15. Kozulin A.A., Krasnoyevkin V.A., Skripnyak V.V., Khandaev B.V., Li Yu.V. Mekhanicheskie svoystva alyuminiy magniyevykh splavov posle intensivnoy plasticheskoy deformatsii [Mechanical properties of aluminum-magnesium alloys after intensive plastic deformation] [Mechan-

nical behavior of aluminum-magnesium alloys subjected to severe plastic deformation]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2013. №6. 888 c.

16. Babichev A.P., Babushkina N.A., Bratkovskiy A.M. et al. *Fizicheskie velichiny: Spravochnik* [Physical Quantities: A Guide]. Moscow. Energoatomizdat Publ. 1991. 53 p. (In Russian).

17. Konstantinov A.Yu. Eksperimentalno-teoreticheskiy podkhod k issledovaniyu vysokoskorostnogo deformirovaniya i razrusheniya materialov s ispolzovaniem mernykh sterzhney [An experimental-theoretical investigation into high-speed material deformation and fracture employing measurement rods]. *Diss... dokt. fiz.-mat. nauk* [D. Sci. (Phys.&Math.). Dissertation]. N. Novgorod. 2018. 304 p. (In Russian).

18. Gama B.A., Lopatnikov S.L., Gillespie J.W.Jr. Hopkinson bar experimental technique: A critical review. *Appl. Mech. Rev.* 2004. Vol. 57. Iss. 4. P. 223–250. DOI:10.1115/1.1704626.

19. Belskiy V.M., Pushkov V.A., Zhernokletov M.V. *Metody issledovaniya dinamicheskikh svoystv materialov* [Methods for Testing the Dynamic Properties of Materials]. Sarov. RFYaTs–VNIIEF Publ. 2021. 203 p. (In Russian).

20. Ashuach Y., Avinadav C., Rosenberg Z. Eliminating the thermal softening of dynamically loaded specimens in the Kolsky bar system by multi-step loading. *The European Physical Journal Conferences*. 2012. Vol. 26. Article No 01047. DOI: 10.1051/epjconf/20122601047.

21. Bragov A.M., Igumnov L.A., Konstantinov A.Y., Kruszka L., Lamzin D.A., Lomunov A.K. Methodological aspects of testing brittle materials using the split Hopkinson bar technique. *Strain*. 2021. P. 12389-1 – 12389-16. DOI: 10.1111/str.12389.

PROPERTIES OF THE RS-553 ADDITIVE ALUMINUM ALLOY AT STRAIN RATES OF UP TO 10^4 s^{-1} *

Nazarov D.V.^{1,2}, Pushkov V.A.², Sklyadneva T.O.¹, Trunin I.R.^{1,2}, Fedotova A.V.²

¹Russian Federal Nuclear Center – All Russian Scientific Research Institute
of Experimental Physics, Sarov, Russian Federation

²Sarov Institute of Physics and Technology – a branch of the National Research Nuclear
University “MEPhI”, Sarov, Russian Federation

staff@vniief.ru

Received by the Editor 2026/05/21

Data have been obtained on the properties of the aluminum-magnesium-scandium alloy grade Rusal RS-553, manufactured using the additive technology of selective laser melting, at strain rates of up to $4,5 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$. Selective laser melting technology, combined with topological optimization, offers unique capabilities for producing complex bionic structures, including internal structures and lattice elements unattainable by traditional manufacturing methods, and also allows for a significant reduction in component weight while maintaining the required strength characteristics.

The corrosion-resistant, high-strength RS-553 alloy is produced by melting a powder composition whose main chemical elements are aluminum, magnesium and scandium with a high-power laser beam. This composition was specifically developed for manufacturing components using additive technologies. The test specimens were cut from cylindrical blanks grown in the direction of the laser beam scanning.

Dynamic compression tests were conducted using a split Hopkinson pressure bar setup at strain rates in the range of $(2,4-4,5) \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$. Unlike the method of recording bar strain using strain gauges, an optical laser heterodyne interferometry technique was employed in the

* The paper was implemented in the framework of the scientific program of the National Center of Physics and Mathematics under the State Contract No H.4И.241.4Д.26.1025.

experiments with the investigated specimens. In the tests, the surface velocities of the bars were recorded, and the conversion to strain was performed taking into account the speed of sound in the bars, as well as the tilt angle of the optical sensors aimed at their ends.

The properties of the RS-553 alloy, determined from the compression tests, were compared with those of aluminum alloys containing magnesium, AMg6 and D-16T, produced by traditional casting technology.

Based on the obtained results, within the considered loading rate range, the compressive yield strengths of the RS-553 and D-16T alloys are practically identical and are approximately 1.5 times higher than the yield strength of the AMg6.

Keywords: selective laser melting, RS-553 alloy, split Hopkinson pressure bar method, laser system, deformation diagrams, yield strength.