

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-100

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОРЕЗОРБИРУЕМОГО МАГНИЕВОГО СПЛАВА Mg-Y-Nd

¹Ерошенко А.Ю., ²Лугинин Н.А., ^{1,2}Шаркеев Ю.П., ¹Глухов И.А., ¹Легостаева Е.В.,
¹Уваркин П.В., ¹Толмачев А.И., ³Schmidt J.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

³Department of Electrochemistry, Innovent Technology Development, Germany

В последнее время особое место среди перспективных биоматериалов занимает магний и его сплавы [1,2]. Для магниевых сплавов модуль упругости составляет 40-45 ГПа, что достаточно близко к модулю упругости кости. Одним из важных преимуществ таких сплавов является резорбируемость в организме, что не требует в дальнейшем повторных хирургических операций, это особенно важно при использовании таких материалов в сосудистой хирургии. Однако указанные сплавы имеют недостаточно высокий уровень прочностных свойств, что ограничивает их применение в медицине. Например, добавки редкоземельных металлов в магний приводят к некоторому улучшению прочностных характеристик, однако при этом не достигается необходимая прочность. Повышение механических свойств магниевых сплавов эффективно осуществляется за счет получения ультрамелкозернистого (УМЗ) состояния в результате применения различных деформационных обработок, включая и методы интенсивной пластической деформации, такие как равноканальное угловое прессование, кручение под давлением, мультиосевая ковка (*abc*-прессование), экструзия и т.д. [3-5]. При этом удается значительно повысить механические свойства сплавов, и прежде всего, конструктивную прочность без усложнения состава легированием элементами, которые проявляют токсичные свойства и неприменимы в биомедицинских разработках.

В работе представлены результаты влияния деформационной обработки – экструзии на структуру, физико-механические и коррозионные свойства биорезорбируемого магниевое сплава. В качестве объекта исследования был выбран магниевый сплав системы Mg-Y-Nd (wt.%): Mg 95,0; Y 2,9; Nd 1,3; Fe 0,2; Al <0,6. С целью повышения механических характеристик сплав подвергали деформационной обработке экструзией со степенью деформации $e=1,3$. Рекристаллизованное состояние в сплаве получали отжигом при температуре 510°C в течение 6 часов в аргоне с охлаждением на воздухе. В рекристаллизованном состоянии микроструктура сплава достаточно однородная по объему образца и представляет собой равноосные зерна основной α -фазы со средним размером 35 мкм, по границам которых наблюдаются частицы интерметаллидной фазы системы Mg-Nd. После экструзии наблюдается измельчение микроструктуры. Характер микроструктуры бимодальный. На оптических изображениях наблюдаются два типа структурных элементов: зерна со средним размером 15 мкм и более мелкие зерна со средним размером до 1 мкм, которые образуют текстурированные «полосы». Доля ультрамелкозернистых зерен (с размерами менее 1 мкм) составила около 40 % объема. Интерметаллидные частицы с размерами (100-500) нм располагаются по границам и внутри зерен основной фазы.

Формирование бимодальной структуры после экструзии обеспечивает значительное повышение механических свойств в магниевом сплаве, как прочности, так и пластичности. При одноосном растяжении были определены следующие прочностные характеристики сплава: условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, предел прочности σ_6 , максимальная пластическая деформация до разрушения ε . Для сплава Mg-Y-Nd в рекристаллизованном состоянии: $\sigma_{0,2}=150$ МПа, $\sigma_6=230$ МПа, $\varepsilon=12\%$, а в экструдированном состоянии $\sigma_{0,2}=220$ МПа, $\sigma_6=340$ МПа, $\varepsilon=21\%$. Обсуждаются механизмы повышения прочности и пластичности, которые связаны с измельчением структуры и трансформацией текстуры, вызванной деформацией.

Показано, что обработка экструзией магниевых сплавов не приводит к более интенсивному растворению сплава в физиологическом растворе (0,9% NaCl, pH=7). Потеря массы образцов при растворении в течение 20 дней сплава Mg-Y-Nd в экструдированном состоянии составляет не более 2% от начальной массы, как и в рекристаллизованном состоянии.

Рассматриваются вопросы, связанные с поиском методов ИПД с целью повышения уровня физико-механических свойств сплава, например, таких как *abc*-ковка и комбинированные деформационные обработки.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0004.

1. Zijian Li, Xunan Gu, Siqian Lou, Yufeng Zheng. The development of binary Mg-alloys for use as biodegradable materials within bone // *Biomaterials*. – 2008. – V. 29. – pp. 1329-1344.
2. Walter R., Kannan M.B. In vitro degradation behaviour of WE54 magnesium alloy in simulated body fluid // *Mater. Lett.* – 2011. – V. 65 (4). – pp. 748–750.
3. Виноградов А.Ю., Васильев Е.В., Линдеров М.Л и др. Влияние равноканального углового прессования на структуру механические свойства магниевых сплавов Mg-Zn-Ca // *Вектор науки ТГУ*. – 2015. –Т.4. – № 34. – С. 18-24.
4. Папилов И.И., Шокуров В.С., Пикалов А.И. Повышение механических характеристик магниевых сплавов для медицинских целей // *Вестник харьковского университета*. – 2007. – Вып. 1. Т. (33). – №763. – С. 88-92.
5. Martynenko N.S., Lukyanova E.A., Serebryany V.N., Gorshenkov M.V., Shchetinin I.V., Raab G.I., Dobatkin S.V., Estrin Y. Increasing strength and ductility of magnesium alloy WE43 by equal-channel angular pressing // *Materials Science and Engineering: A*. – 2018. – V. 712. – pp. 625-629.