

Затем строится плоскость по трем точкам и находятся смещения и углы поворота подвижной детали относительно неподвижной. В результате определяют погрешности ориентации и месторасположения. Проведено моделирование сборки из двух цилиндров с погрешностями формы с использованием программы MATLAB. Моделирование подтвердило хорошую сходимость разработанной математической модели. Погрешность расчета не превышает 5 % от исходной погрешности формы изделий.

Список используемых источников:

1. Непомилуев В.В. Перспективные направления совершенствования качества сборки изделий машиностроения / В.В. Непомилуев, А.Н. Семенов // Известия Тульского государственного университета. 2016. № 8-2. С. 71-78.
2. Прогнозирование погрешностей сборки изделий с использованием действительных моделей деталей / Ю.С. Елисеев, М.А. Болотов, В.А. Печенин и др. // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2019. Т. 18. № 2. С. 128-137.
3. Захаров О.В. Бесцентровое шлифование конических поверхностей на станках с продольной подачей / О.В. Захаров // Автоматизация и современные технологии. 2006. № 7. С. 14-16.
4. Гречников Ф.В. Минимизация объема измерений при контроле цилиндрических поверхностей на основе статистического моделирования / Ф.В. Гречников, А.С. Яковишин, О.В. Захаров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2017. № 4. С. 101-110.
5. Изнаиров О.Б. Достижение точности замыкающего звена при сборке методом стохастического регулирования / О.Б. Изнаиров, Б.М. Изнаиров, А.Н. Васин // СТИН. 2013. № 10. С. 36-39.
6. Модель сопряжения деталей с коническими поверхностями / В.А. Печенин, М.А. Болотов, Н.В. Рузанов и др. // СТИН. 2017. № 3. С. 28-33.
7. Ямников А.С. Влияние погрешностей положения стыковых поверхностей сборного осесимметричного корпуса на погрешность положения исполнительных поверхностей / А.С. Ямников, О.А. Ямникова, И.А. Матвеев, Е.Н. Родионова // Вестник Брянского государственного технического университета. 2017. № 7. С. 13-17.
8. Захаров О.В. Минимизация погрешностей формообразования при бесцентровой абразивной обработке / О.В. Захаров. Саратов: СГТУ, 2006. 152 с.
9. Хаймович И.Н., Клентак Л.С. Усовершенствование методов сглаживания сложных поверхностей с использованием интерполяционных сплайнов // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-12. С. 2634-2638.

МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЭКСТРУЗИЕЙ

*Н.А. Лугинин^{1,2,а}, аспирант, А.Ю. Ерошенко² с.н.с, Е.В. Легостаева² с.н.с.
Научный руководитель: Шаркеев Ю.П.^{1,2}, профессор, д.ф.-м.н.*

*¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Томская обл., г. Томск, проспект Ленина, дом 30.*

*²Институт физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук,
634055, Томская обл., г. Томск, проспект Академический, дом 2/4.*

E-mail: ^аnikishek90@gmail.com

Аннотация. представлены экспериментальные результаты влияния структурного состояния магниевого сплава системы Mg-Ca на физико-механические свойства. Показано, что экструзия повышает прочностные и пластические свойства данного сплава.

Ключевые слова: интенсивная пластическая деформация, механические свойства, структура, магниевый сплав.

Abstract. Experimental results of the influence of the structural state of the Mg-Ca magnesium alloy on the physical and mechanical properties are presented. It is shown that extrusion increases the strength and plastic properties of this alloy.

Keyword: intensive plastic deformation, mechanical properties, structure, magnesium alloy.

Введение

В настоящее время уделяется большое внимание разработке новых материалов для медицинских применений, особенно это касается группы биоразлагаемых материалов. Существуют различные биоразлагаемые металлические материалы, однако они не удовлетворяют ряду требований, а именно по скорости резорбции в организме, уровню механических свойств и биосовместимости [1-3]. Группа металлических материалов на основе магния лучше всего соответствует биосовместимости. Однако у данных сплавов скорость резорбции слишком велика, что ограничивает их применение в медицине [2]. Более того, магниевые сплавы имеют низкие механические свойства, что не позволяет их использовать для изделий, подверженных несущим нагрузкам [1]. Для улучшения физико-механических свойств применяют различные методы интенсивной пластической деформации [4], которые позволяют значительно улучшить механические свойства магниевых сплавов за счет измельчения зерновой структуры без существенного изменения скорости биорезорбции. Коррозионные и биологические свойства сплавов можно регулировать путем легирования биосовместимыми элементами такими как цинк, марганец, кальций и др. Целью данной работы является изучение структуры и механических свойств магниевого сплава *Mg-Ca* при обработке экструзией.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являлся сплав системы *Mg-Ca*. Сплав был получен методом литья в тигель. Сплав исследовали в экструдированном и рекристаллизованном состояниях. Экструдированное состояние образцов было получено методом обратного прессования со скоростью 0,5 мм/с при температуре заготовки и стенок экструдера 350 °С. Рекристаллизованное состояние в сплаве получали отжигом заготовки при температуре 525 °С в течение 8 часов в аргоне с последующим охлаждением на воздухе. В двух состояниях образцы имели форму прутков диаметром 14 мм. Элементный состав сплава (*Mg* – 99,2 мас. %; *Ca* – 0,8 мас.%) был определен методом ЭДС-анализа на растровом электронном микроскопе LEO EVO 50. Были определены следующие механические характеристики: микротвёрдость по Виккерсу (микротвердомер Duramin-5, Дания), условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, предел прочности σ_B и относительное удлинение δ (Испытательная машина Instron 8801, Великобритания) в соответствии с ГОСТ 1497-84. Микроструктуру образцов сплава исследовали методом оптической микроскопии в продольных сечениях образцов.

Результаты и обсуждение. Оптические изображения микроструктуры сплава представлены на рисунке 1. Для экструдированного состояния по всей поверхности шлифа наблюдаются зерна основной фазы, магний, со средним размером 14 ± 7 мкм. При большом увеличении (рисунок 1б) видно, что структура состоит из двух типов структурных элементов: зерен со средним размером 14 ± 7 мкм, и более мелких зерен со средним размером 1 мкм, которые образуют «полосы» в продольном сечении. В случае рекристаллизованного состояния сплава микроструктура представлена равноосными зёрнами, имеющими средний размер 90 ± 50 мкм.

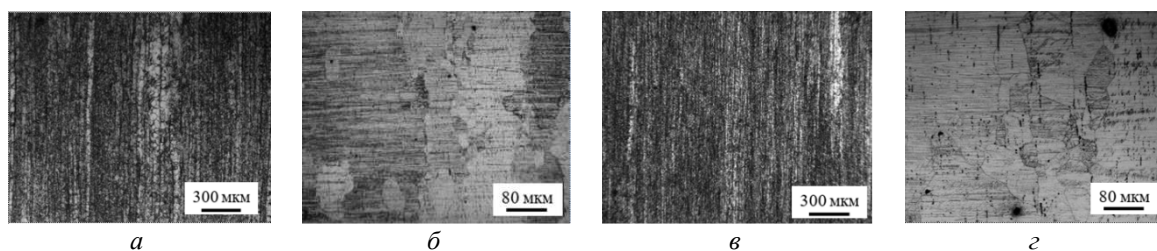


Рис. 1. Оптические изображения микроструктуры образцов сплава в экструдированном (а, б) и рекристаллизованном (в, г) состояниях в продольном сечении образцов

Рентгенограммы образцов сплава представлены на рисунке 2. Фазовый состав в двух состояниях представлен основной фазой, магний, и наноразмерной интерметаллидной фазой Mg_2Ca . Параметры решетки основной фазы магния в случае рекристаллизованного образца составили $a=0,32087$ нм и $c=0,52054$ нм, что несколько больше, чем справочные данные ($a=0,32029$ нм и $c=0,52000$ нм (Б.Д. COD от 21.01.22)). Более высокие значения параметра решетки можно связать с присутствием интерметаллидной фазы Mg_2Ca , которая искажает кристаллическую решетку фазы «Магний». В экструдированном состоянии параметры решетки уменьшаются и составляют $a=0,32072$ нм, $c=0,52046$ нм соответственно. Данное явление можно связать с деформацией экструзией основной фазы магния, которая уменьшает размер элементарной ячейки.

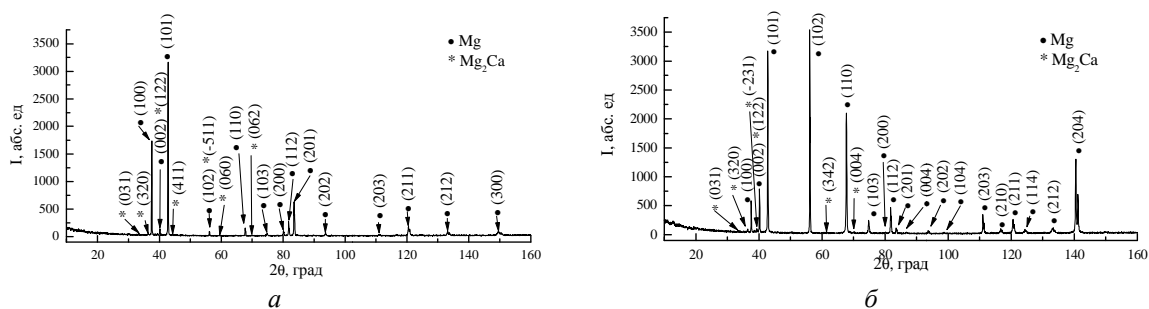


Рис.2. Рентгенограммы образцов сплава Mg-Ca в экструдированном (а) и рекристаллизованном (б) состояниях

Наличие интерметаллидной фазы было подтверждено методом просвечивающей электронной микроскопией. Изображения и микродифракции приведены на рисунке 3. При кристаллизации сплава размер интерметаллидной фазы увеличивается от 100 до 500 нм. Скалярная плотность дислокаций в экструдированном сплаве составила $\rho \approx 2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$, дислокации образуют разориентированную субграницную структуру с многомерными непрерывными и дискретными разориентировками. Данное значение плотности дислокаций больше, чем у сплава в рекристаллизованном состоянии $\rho \approx 3 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$, здесь дислокации образуют однородную неразориентированную сетчатую субструктуру.

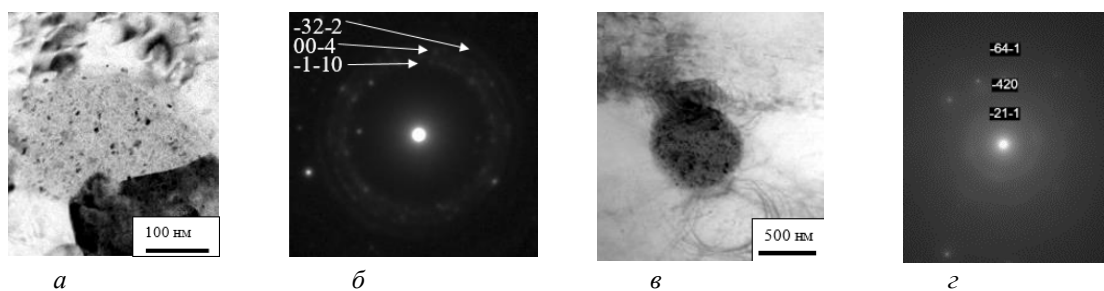


Рис.3. ПЭМ изображения интерметаллидных частиц Mg₂Ca в экструдированном (а – изображение, б – электроннограмма) и рекристаллизованном (в – изображение, г – электроннограмма) состояниях

В таблице 1 представлены механические характеристики сплава в экструдированном и рекристаллизованном состояниях. Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ экструдированного сплава равен 140 МПа, что в 2 выше, для рекристаллизованного состояния, 70 МПа. Предел прочности σ_B , равный 225 МПа, больше в 2,1 раза по сравнению с рекристаллизованным состоянием, $\sigma_B=107$ МПа. Различие в свойствах связано с особенностями микроструктуры [5]. «Полосы» из мелких зерен обеспечивают прочность сплаву, с другой стороны, более крупные зерна хорошо деформируются вдоль полос из мелких зерен. Данная бимодальная структура сплава, достигаемая с помощью пластической деформации, улучшает как прочностные, так и пластические свойства.

Таблица 1

Механические свойства образцов магниевых сплавов

Образец (состояние)	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	E , ГПа	HV , МПа
Mg-Ca (деформированное)	140	225	21	13	650
Mg-Ca (рекристаллизованное)	70	107	3	16	560

Заключение. Метод интенсивной пластической деформации повышает прочностные свойства сплава Mg-Ca в среднем в 2 раза, за счет образования бимодальной структуры по объему сплава, без качественного изменения фазового состава. Это позволит использовать сплав в экструдированном состоянии для изготовления несущих биорезорбируемых имплантатов.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных научных исследований РАН FWRW-2021-0004.

Список используемых источников:

1. Witte, F. Degradable biomaterials based on magnesium corrosion [Text] / F. Witte, N. Hort, C. Vogt // Current Opinion in Solid State and Materials Science. – 2008. – V. 12. – P. 63–72.
2. Lin, X. The in vitro degradation process and biocompatibility of a ZK60 magnesium alloy with a forsterite-containing micro-arc oxidation coating [Text] / X. Lin, L. Tan, Q. Zhang // Acta Biomaterialia. – 2013. – V. 9. – P. 8631.
3. Zheng, Y.F. Biodegradable metals [Text] / Y.F. Zheng, X.N. Gu, F. Witte // Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2014. – V. 77. – P. 1-34.
4. Кулясова, О.Б. УМЗ структура и механические свойства магниевого сплава Mg-1%Ca [Текст] / О.Б. Кулясова, Я.В. Чернейкина, Р.К. Исламгалиев // Вестник УГАТУ. – 2016. – Т. 20. – № 3. – С. 25-30.
5. Zeng, Z. Magnesium extrusion alloys: a review of developments and prospects [Text] / Z. Zeng, N. Stanford, C. Davies // International Materials Reviews. – 2019. – V. 64. – P. 27-62

ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУКЦИЙ РОТАЦИОННЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Т.Л. Евтушенко^{1,а} докторант, А.С. Яньюшкин^{2,б} д.т.н., проф., А.Ж. Касенов^{3,в} к.т.н., проф.

¹ НАО «Торайгыров Университет», Республика Казахстан, 140008,
г. Павлодар, ул. Ломова 64, тел.: +7(705)987-19-72,

² Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
Чувашская Республика, г. Чебоксары, 428015, Россия,

³ НАО «Торайгыров Университет», Республика Казахстан, 140008, г. Павлодар, ул. Ломова 64,
E-mail: ^аevtushenko_95@mail.ru, ^бyanyushkinas@mail.ru, ^вasyzbek_kasenov@mail.ru

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены основные проблемы ротационных самовращающихся и принудительно вращающихся резцов, возникающие в процессе эксплуатации. Представлены причины узкого использования ротационных резцов по сравнению с обычными резцами при токарной обработке. Представлен обзор на различные варианты совершенствования конструкций для решения проблем в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: точение, токарная обработка, резец, самовращающийся резец, ротационный резец, безвершинный резец.

Abstract. This article discusses the main problems of rotary self-rotating and forced rotating cutters that arise during operation. The reasons for the narrow use of rotary cutters in comparison with conventional cutters in turning are presented. An overview of various options for improving designs to solve problems during operation is presented.

Keyword: turning, machining, cutter, self-rotating cutter, rotary cutter, peakless turning tool.

Токарная обработка в машиностроение – самый распространенный способ механической обработки, метод универсален и не требует особых затрат. Стандартный резец, применяемый при точении, имеет простую конструкцию, где самой слабой точкой является вершина резца, поскольку на ее площадь приходится наибольшая часть нагрузок как механических, так и температурных.

Одним из способов лишить инструмент этого слабого места стало применение вращающихся резцов. Источник [2] утверждает, что первые сведения об этом относятся еще ко второй половине XIX века. В 1901 г. был сконструирован чашечный резец с принудительным вращением для продольного точения. Резец со статическим углом наклона режущей кромки, равным нулю, устанавливался в плоскости центров обрабатываемой детали и приводился во вращение от ходового винта токарного станка. В 1914 г. был предложен первый самовращающийся резец для продольного обтачивания. Чашечный резец, установленный относительно оси детали под отрицательным статическим углом наклона режущей кромки, приводился во вращение трением, возникающим между резцом и деталью, со скоростью пропорциональной скорости резания.

Ротационные резцы имеют ряд преимуществ в отличие от обычных токарных резцов. Это увеличение периода стойкости режущей пластины, увеличение скорости резания, уменьшение температурных воздействий на режущую кромку за счет вращения режущей пластины, как и в самовращающихся экземплярах, так и в принудительно вращающихся.

Однако наряду со всеми плюсами имеется ряд проблем (рисунок 1), которые возникают уже не на этапе конструирования, а в процессе эксплуатации, которые и затормаживают их применение и сегодня, несмотря на все свои преимущества.