

Аналитический обзор методов обработки деталей из магниевого сплава и способы повышения надежности таких систем

Стальмаков М.В., Астапов В.Н.

Самарский Государственный технический университет
Самара, Россия (443100, Самара ул. Молодогвардейская, 244), e-mail:
e-mail: stalmakov.m@mail.ru , asta-2009@mail.ru

Аннотация

В данной работе проведен аналитический обзор способов обработки деталей из магниевого сплава. Проведенный анализ показывает, что магниевый сплав, на данный момент, является одним из самых перспективных направлений в развитии отечественной промышленности. В работе показано, что существует несколько способов обработки, которые по- своему универсальны, и могут подойти для решения практических задач любого изделия. В этой области ощутима тенденция перехода к производственным модулям с высоким уровнем автоматизации, что требует увеличения количества саморегулирующихся и самонастраивающихся машин. Проанализировано понятие надежности в оборудовании. Основная задача надежности, это способность объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных показателей в заданных пределах.

Ключевые слова: магний, магниевый сплав, литье под давлением, штамповка, станки с ЧПУ, химическая обработка, понятие надежность, применение.

Analytical review of methods for processing magnesium alloy parts and ways to improve the reliability of such systems

Stalmakov M.V., Astapov V.N.

Samara State Technical University
Samara, Russia (244 Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100),
e-mail: stalmakov.m@mail.ru , asta-2009@mail.ru

Annotation

In this paper, an analytical review of the processing methods of magnesium alloy parts is carried out. The analysis shows that magnesium alloy, at the moment, is one of the most promising areas in the development of domestic industry. The paper shows that there are several processing methods that are universal in their own way, and can be suitable for solving practical problems of any product. In this area, there is a noticeable trend towards production modules with a high level of automation, which requires an increase in the number of self-regulating and self-adjusting machines. The concept of reliability in equipment is analyzed. The main task of reliability is the ability of an object to perform specified functions, while maintaining the values of established indicators within specified limits.

Keywords: magnesium, magnesium alloy, injection molding, stamping, CNC machines, chemical processing, the concept of reliability, application.

Введение

В настоящее время тяжелая промышленность продвинулась достаточно далеко в области обработки различных металлов и сплавов, будь то титан, железо, алюминий, медь или бронза, и их сплавы. Исключением не стал магний.

Магниевые сплавы являются одними из наиболее перспективных материалов для использования в различных отраслях промышленности. Они обладают низкой плотностью,

высокой прочностью и отличными теплоотводящими свойствами. К недостаткам относят: меньшая, чем у алюминиевых сплавов коррозионная стойкость, трудности в процессе плавки (газонасыщенность, пористость, окисляемость и более высокая стоимость магния)

Цель данной работы: проанализировать способы обработки деталей из магниевых сплавов, а также вопросы надежности, возникающие при работе этих систем.

Для решения цели данного проекта, будут поставлены следующие задачи:

- 1) Охарактеризовать магниевый сплав
- 2) Выяснить, какие есть основные способы обработки деталей;
- 3) Изучить, из чего складывается понятие «надежность»;
- 4) Выяснить, какие существуют способы повышения надежности систем обработки.

При этом, не стоит забывать, что обработка деталей из магниевых сплавов представляет определенные технологические сложности (воспламеняемость).

1. Магниевый сплав

1.1 Общие сведения

Промышленное производство и использование магния началось сравнительно недавно – всего около 100 лет назад. Этот металл имеет малую массу, так как обладает сравнительно низкой плотностью ($1,74 \text{ г/см}^3$), хорошую устойчивость в воздухе, щелочах, газовых средах с содержанием фтора и в минеральных маслах. Температура его плавления составляет 650 градусов. Он характеризуется высокой химической активностью вплоть до самопроизвольного возгорания на воздухе.

Магниевые сплавы широко применяются в аэрокосмической технике, в текстильном машиностроении, в автомобильной промышленности, для изготовления корпусов приборов, фотокамер, корпусов биноклей, пишущих машинок, некоторых деталей авиационных двигателей (подmotorных рам, пропеллеров, колёс шасси и др.). Магниевые сплавы применяют в автомобильной промышленности для изготовления коробок передач, всасывающих патрубков головок блоков цилиндров.

Из деформируемых магниевых сплавов делают двери, стойки, каркасы рулевого управления, сидения, кронштейны и др. детали. Легковой автомобиль будет содержать более 100 кг магниевых деталей.

Магниевые сплавы применяют также для изготовления сварных бензиновых баков, корпусов, помп, насосов и др. изделий.

Различают литейные и деформируемые магниевые сплавы. Деформируемые сплавы регламентированы ГОСТ 14957-76 и обозначают буквами МА и порядковым номером. [1]

1.2 Достоинства и недостатки

Широкое применение магния и его сплавов в промышленности обусловлено следующими факторами:

1. Плотность магния ($1,74\text{г/см}^3$) является самой низкой среди конструкционных металлов (кроме бериллия). Магний в 4,5 раза легче железа, в 2,6 раза легче титана и в 1,6 раза легче алюминия.
2. Высокая удельная прочность магниевых сплавов превышает прочность большинства алюминиевых сплавов.
3. Магниевые сплавы обладают высокой способностью гасить вибрационные и ударные нагрузки.
4. Высокая удельная жёсткость при изгибе и кручении, превышающая на 20% у алюминиевых сплавов и на 50% у сталей.
5. Высокий предел усталости и выносливости деталей из магниевых сплавов.
6. Отличная обрабатываемость резанием.
7. Удовлетворительная свариваемость и пайка.
8. Магниевые сплавы устойчивы в растворах фтористоводородной кислоты, минеральных маслах, керосине, в растворах щелочей, жидком кислороде, но не устойчивы в морской воде, органических и минеральных кислотах.

К недостаткам магниевых сплавов относятся меньшая, чем у алюминиевых сплавов коррозионная стойкость, трудности в процессе плавки (газонасыщаемость, пористость, окисляемость и более высокая стоимость магния). [2]

2. Методы обработки деталей из магниевого сплава

2.1 Литье под давлением

Литьем под давлением изготавливают сложные по конфигурации отливки по 1-3-му классам точности преимущественно из сплавов МЛ5 и МЛ6. Эти сплавы обладают самым высоким уровнем литейных свойств среди магниевых сплавов. Особенностью этих сплавов является низкая энтальпия. Поэтому во избежание не заполнения полости формы заливку ведут с высокими скоростями впуска металла в форму при высоком удельном давлении прессования (70...100 МПа).

Для литья используются машины с холодной и горячей камерами прессования. Более перспективны машины с горячей камерой прессования, так как они обеспечивают более высокую производительность и позволяют автоматизировать процесс. Заливку металла в холодные камеры прессования ведут с помощью дозаторов

В процессе литья через каждые 10...15 отливок производят смазку пресс-форм, например, натуральным воском или графитовыми смазками на основе воска (А) или веретенного масла (Б) следующих составов, %: смазка А: натуральный воск 30, вазелин 14, парафин 30, графит 26, смазка Б: веретенное масло 60...65, графит 35...40. [3]

2.2 Штамповка

При штамповке магниевых сплавов заготовку нагревают до 320...340 °С в воздушных электропечах, устанавливаемых рядом с молотом, на котором производится штамповка. Чтобы деталь не остывала в процессе штамповки, необходимо нагревать также матрицу (до 250 °С). Пуансон можно не нагревать, так как время контакта его с деталью незначительно. Матрицу и пуансон изготавливают из цинка или сплава АЦ13. При отливке в матрице делают сквозные отверстия диаметром 22...25 мм, в которые после ее установки на молот, вставляют трубчатые электронагреватели (ТЭН). Для безопасности работы напряжение подводимого тока не должно превышать 36 В.

Вследствие незначительного сопротивления нагретого материала промежуточные удары молота должны быть очень слабыми, поскольку сильные удары могут вызвать разрыв материала, лишь калибрующие удары могут быть сильными.

При штамповке магниевых сплавов применяют смазку, состоящую из 40 % масла «Варор» и 60 % стеарата натрия. Необходимо следить, чтобы вся рабочая поверхность матрицы была смазана, так как от цинка или сплава АЦ13 на детали может остаться налет, который придется зачищать перед оксидацией. [4]

2.3 Станки с числовым программным управлением (ЧПУ)

На станках с ЧПУ обработка детали или отливки производится по заранее написанной программе, которая загружена через флеш-носитель в компьютер станка. Перед началом обработки, рабочий должен выверить деталь по базовым поверхностям с точностью до 0,02 мм и закрепить.

Магниевые сплавы хорошо поддаются всем видам обработки резанием: точению, фрезерованию, сверлению, зенкерование и др.; они обладают хорошей теплопроводностью, поэтому образующееся при обработке тепло (при правильной конструкции инструмента и рационально разработанном технологическом процессе) передается самому обрабатываемому изделию и перегрева стружки не происходит. Практически стружка не должна загораться, однако все необходимые противопожарные мероприятия должны строго соблюдаться. Обработка магниевых сплавов производится на металлорежущих станках любых типов, применяемых для обработки черных и цветных металлов. [5]

В случаях, когда применение искусственного охлаждения необходимо, рекомендуется применять охлаждение сжатым воздухом. Возможно охлаждение жидкостями. В качестве охлаждающей жидкости можно применять миндальное масло. Масло должно быть свободным от кислот и влаги.

2.4 Химическая обработка

Проблема защиты магния и его сплавов от коррозии чрезвычайно сложна и актуальна. Наиболее распространенным способом защиты магниевых сплавов от коррозии является защита их поверхности оксидными пленками, наносимыми химическими и электромеханическими методами.

По сравнению с алюминием магний несравненно хуже сопротивляется коррозии. В то время как образующаяся сама по себе на воздухе окисная пленка в известной мере защищает алюминий от коррозии, пленка на магнии в аналогичных условиях нисколько не защищает, по-видимому, потому, что не обладает соответствующей плотностью.

Коррозия магния особенно интенсивно протекает в присутствии влаги; при хранении в сухом месте некоторые технически важные магниевые сплавы долго сохраняют свои прочностные характеристики. Магний в чистом виде имеет ограниченное применение, а сплавы магния, содержащие различные компоненты, повышающие механическую прочность, почти всегда содержат 0,3—0,5% Мп для повышения коррозионной стойкости. Не защищенные от коррозии магниевые сплавы не применяют. [6]

3. Понятие «надежность» и способы повышения надежности в машинах, где ведется обработка магниевых сплавов

3.1 Понятие «Надежность»

Надежность является одним из признаков качества объектов машиностроения. Надежность определяет свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Обеспечение надежности является общей проблемой для всех отраслей промышленности. Под надежностью понимают свойство изделия (детали, узла, машины) выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение заданного промежутка времени или требуемой наработки. Обычно говорят, что теория надежности является обратной связью от потребителя-эксплуатационника оборудования к его конструктору.

Отказом называют нарушение работоспособности изделия.

Безотказностью называют свойство изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечностью называют свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Долговечность характеризуется ресурсами.

Ремонтопригодностью называют приспособленность изделия к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта.

Повреждение – нарушение исправности объекта вследствие влияния внешних воздействий, превышающее допустимые. [7]

3.2 Способы повышения надежности

В теории надежности разработаны различные качественные характеристики (показатели), предназначенные для оценки и прогнозирования надежности изделий на различных стадиях (от проектного расчета до эксплуатации), методы испытания на надежность, системы наблюдения за надежностью изделий в эксплуатации.

Одним из основных показателей надежности является вероятность $P(t)$ безотказной работы в течение заданного времени t или заданной наработки. При этом вероятность безотказной работы за время t^*

$$P(t) = \text{Вер}(t < t^*) \quad (3.1)$$

По статистическим данным об отказах вероятность безотказной работы оценивается выражением:

$$P^*(t) = \frac{n(t)}{N} \quad (3.2)$$

где $n(t)$ - число изделий, не отказавших к моменту времени t ; N - число изделий, поставленных на испытания; $P^*(t)$ - статистическая оценка вероятности безотказной работы изделия.

Наиболее широко в теории надежности используют другие характеристики: плотность распределения (плотность вероятности) отказов, средняя наработка до отказа и интенсивность отказов.

Плотность распределения отказов представляет собой частоту отказов. Если в начальный момент времени начали работу N_0 изделий и к моменту времени наработки t_i

исправными оказались $N_{и}(t_i)$, а неисправными $N_{*(t_i)}$ изделий, то статистическая оценка вероятности отказа

$$R_i(t_i) = \frac{N_{*(t_i)}}{N_0} \quad (3.3)$$

Вероятность безотказной работы [8]:

$$P(t_i) = \frac{N_{и}(t_i)}{N_0} = 1 - \frac{N_{*(t_i)}}{N_0} = 1 - R(t_i) \quad (3.4)$$

Для оценки долговечности принимается один показатель – гарантированный технический ресурс до первого капитального ремонта. Понятие капитального ремонта определяется следующими факторами:

- а) одновременной заменой нескольких крупных дорогостоящих ответственных деталей;
- б) ремонтом или заменой базовых деталей;
- в) в связи с ремонтом или заменой базовых деталей заменой многих других, сопрягаемых с ними деталей;
- г) восстановлением размерных цепей сложных механизмов;
- д) восстановлением параметров машины;
- е) полной разборкой и сборкой всех узлов машины.

Для оценки надежности рекомендуется применять коэффициент технического использования:

$$K = \frac{T_p}{T_p + T_{пр}} \quad (3.5)$$

где T_p – время работы (ресурс времени) изделия в единицах времени;

$T_{пр}$ – простой изделия, связанный с его техническим обслуживанием и ремонтом, в единицах времени.

Заключение

Современная промышленность предъявляет все более высокие требования к материалам в отношении их прочности, износостойкости, коррозионной стойкости и технологичности. Использование магниевых сплавов относится к числу наиболее перспективных направлений, поэтому исследования, связанные с поиском новых свойств магния и возможностей его применения, не прекращаются. В настоящее время использование сплавов на основе магния при создании разнообразных деталей и конструкций позволяет достичь снижения их веса практически на 30% и увеличить предел

прочности до 300 Мпа, но, как считают ученые, это далеко не предел для этого уникального металла.

В работе рассмотрены способы обработки деталей из магниевых сплавов, это литье под давлением, штамповка, обработка на станках с ЧПУ и химическая обработка; и сложности, которые возникают при том или ином способе обработки.

Дано определение понятия надежности и характеризующие ее свойства: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Таким образом, подводя итог данной работы, можно отметить, что магний и магниевый сплав очень интересный и добротный материал, который применяется во многих сферах жизнедеятельности, в особенности, в ракетостроении, авиации и машиностроении.

Список литературы

1. Магний и магниевые сплавы [Электронный ресурс] – URL: <https://studfile.net/preview/9571176/page:26/> (Дата обращения 22.02.24)
2. Магниевые сплавы: применение, классификация и свойства [Электронный ресурс] – URL: <https://fb.ru/article/322485/magnievyye-splavyi-primenenie-klassifikatsiya-i-svoystva> (Дата обращения 24.02.24)
3. Литье под давлением [Электронный ресурс] – URL: https://ozlib.com/802244/tehnika/lite_davleniem (Дата обращения 23.02.24)
4. Особенности штамповки деталей из магниевых сплавов [Электронный ресурс] – URL: <https://studref.com/> (Дата обращения 21.02.24)
5. Особенности механической обработки изделий из магниевых сплавов [Электронный ресурс] – URL: <http://promesobezopasnost.ru/> (Дата обращения 23.02.24)
6. Оксидирование магниевых сплавов [Электронный ресурс] – URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/metal/oksidirovanie-magnievyyh-splavov.shtml> (Дата обращения 24.02.24)
7. Методы обеспечения надежности работы механизмов и кузнечно-штамповочных машин. [Электронный ресурс] – URL: <https://studfile.net/preview/16567073/page:19/#:~:text=Надежность%20является%20одним%20из%20признаков,обслуживания%2C%20ремонт%2C%20хранения%20и%20транспортирования> (Дата обращения 24.02.24)