

МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ГЕРМАНИИ И США ДО 1940 ГОДА

Бондарев Андрей Борисович
кандидат технических наук, доцент
член-корр. Академии Медико-Технических наук
генеральный директор HiTiMet Компани
город Москва

Магний - второй после алюминия легкий металл, который был использован в качестве конструкционного материала в авиационной и некоторых других отраслях техники. Первое и бурное развитие производства изделий из обоих металлов произошло в Германии, что было обусловлено активной военно-технической подготовкой, которой с конца XIX века уделялось особое внимание в связи с планами Германии начать войну за недостающие источники сырья и рынки сбыта, необходимые для дальнейшего развития промышленного потенциала страны.

Германская военная промышленность накануне Первой мировой войны представляла собой мощную отрасль индустрии, включавшую более 30 государственных и частных заводов, на которых работали около 180 тыс. человек[1]. Создание новых образцов военной техники: самолетов, автомобилей и др., - требовало замены ранее используемых сталей на более легкие металлы: алюминий и магний. В этих условиях производство изделий из алюминиевых и магниевых сплавов первоначально для военных целей стало приоритетной деятельностью металлургов в Германии. Однако в Германии не было сырья для производства алюминия, но была обширная рудная база для производства магния из карналлитов и в 1883 году были построены первые промышленные электролизеры[2]. Значительное для своего времени количество получаемого металлического магния, производимого в Гемелингене (Hemelingen) и Биттерфельде (Bitterfeld)[3], дало возможность исследователям-металлургам провести многочисленные эксперименты по созданию различных сплавов на основе магния и технологий производства изделий из них.

Первый из группы известных магниевых сплавов, получивший название «электрон» (или «электронметалл») был впервые разработан в 1908 году Густавом Пистором и Вильгельмом Мошелем в Биттерфельде, на заводе Chemische Fabrik Griesheim-Elektron (CFGE или CFG), штаб-квартира которого находилась в Грисхайме-на-Майне (Германия)[3, с.83-84]. Первые изделия из магниевых сплавов, имеющих промышленное значение, были показаны на международной выставке во Франкфурте-на-Майне в 1909 году, и среди них авиационный двигатель для самолета-биплана Voisin, производимого на том же заводе в Грисхайме-на-Майне[4].

Первоначальный магниевый сплав - исходный электрон содержал около 90% Mg и 9% Al. В последующие годы производство магниевых сплавов и полуфабрикатов из них совершенствовалось и расширялось. В Германии фирмами Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Elektron-Metallwerk (s.o.) и несколькими другими было разработано более 15 магниевых сплавов различного назначения, в том числе для разных видов фасонного литья, для производства листов, труб, проволоки и штамповок. Электрон был использован в самолетах, цеппелинах и моторах для гоночных автомобилей. Позднее, в 1924 году, магниевые сплавы (AZ; 2,5–3,0% Al; 3,0–4,0% Zn) были использованы в литье автомобильных поршней под давлением Elektronmetall Bad Cannstatt, другой компанией - IG Farben, образованной из Versuchsbau Hellmuth Hirth, - была освоена сварка листов из магниевых сплавов[5].

В 1916 году в Биттерфельде вступил в строй современный и на тот момент самый большой в мире завод по производству полуфабрикатов из магниевых и алюминиевых сплавов. Завод был спроектирован и построен в рекордно короткие сроки под руководством и при участии Адольфа Бека (Adolf Franz Beck), выдающегося ученого в области физико-химических процессов обработки магния и алюминия. Начиная с 1915 года и до своей смерти в 1949 году А. Бек работал на этом заводе. Им было получено 65 патентов на оригинальные технологии по обработке магниевых и алюминиевых сплавов, в том числе на способ очистки магниевого расплава от посторонних примесей, способ получения чистого алюминия из несортированного авиационного лома, коррозионно-стойкий магниевый сплав Al-Mg Hydronalium, нашедший применение в судостроении, гидросамолетах и в строительстве железнодорожных транспортных средств[5].

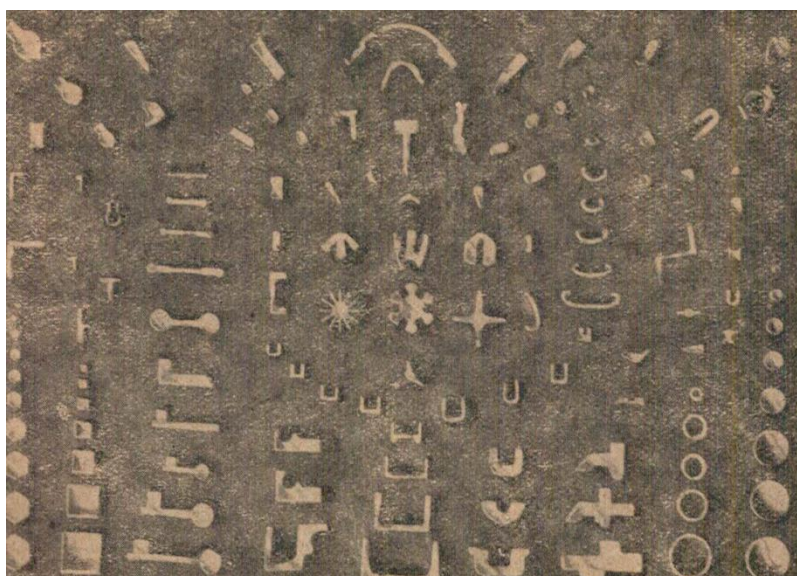
А. Бек в 1939 году опубликовал книгу «Магний и его сплавы» (в 1941 году издана в СССР), ставшую настольным пособием для специалистов-металлургов в течение последующих 40 лет.



Адольф Бек[5].

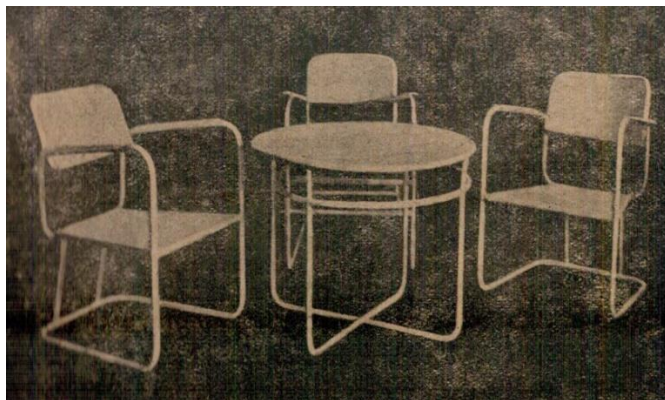


Газовая сварка бака из листового электрона (рекламный каталог I.G. Farbenindustrie AG, 1920-е годы)



Номенклатура прессованных изделий из магниевых сплавов

(рекламный каталог I.G. Farbenindustrie AG, 1920 годы)



Мебель из электронных труб (рекламный каталог I.G. Farbenindustrie AG, 1920-е годы).

По мере создания новых магниевых сплавов (а их первоначально обозначали самыми разными аббревиатурами) для их систематизации и облегчения понимания, какое химическое содержание имеет каждый сплав, немецкие исследователи предложили принцип маркировки сплавов в зависимости от содержания основных легирующих элементов в них.

Составы магниевых сплавов, разработанных в Германии в 1910–1920 годы, приведены в таблице 1[6].

Таблица 1.

Основные марки сплавов (электрон), разработанные в Германии в 1910–1920-е годы

№ п/п	Марка сплава	Легирующие элементы в магниевых сплавах (магний — основа), %				
		Al	Zn	Mn	Cu	Si
1	AZF	4	3	0,2–0,5	0,35	0,5
2	SZG	6	3	0,2–0,5	0,3	–
3	VI	10	–	0,2	–	–
4	A8	8	0,2	–	–	–
5	AZ91	9	1	0,2–0,5	–	–
6	A9V	9	–	0,2–0,5	–	–
7	AZM	6–6,5	1	0,2	–	–
8	AZ855	8–8,5	0,5	0,2–0,5	–	–
9	AZMQ	6–6,5	1	0,3	2	–
10	AZ31	3	1	0,2–0,5	–	–
11	ZIb	–	4,5	–	–	–
12	Z3	–	3	–	–	–

Буквой А в магниевом сплаве стали обозначать легирующий элемент алюминий, буквой Z - легирующий элемент цинк и т.д. После перечисления букв, обозначающих химический элемент, цифрами соответственно обозначали их процентное содержание в сплаве. Таким образом, магниевый сплав, содержащий 3% алюминия и 1% цинка, стали обозначать как AZ31, магниевый сплав, содержащий 9% алюминия и 1% цинка, стали обозначать как AZ91 и т.д. Впоследствии этот принцип был использован как основа для классификации и маркировки магниевых сплавов в США в системе ASTM. В системе ASTM были добавлены буквенно-цифровые коды, обозначающие состояние сплава: термически необработанное состояние - буква F, различные виды термической обработки стали обозначать буквой T с последующим цифровым индексом 4, 5, 6 или 8, обозначающим вид термической обработки и соответствующее ему состояние сплава, и т.д.

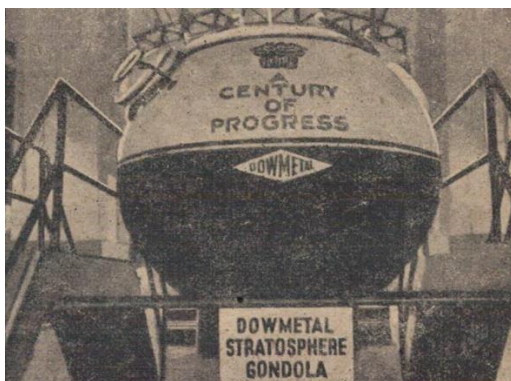
Экономический кризис, начавшийся в Германии после Первой мировой войны, привел в 1925 году к поглощению Elektron-Metallwerk (s.o.) концерном I.G. Farbenindustrie AG[7], В дальнейшем все работы по

производству металлического магния и изделий из магния и магниевых сплавов были сосредоточены в этом концерне.

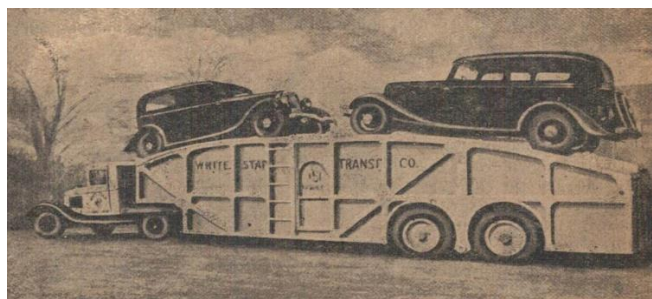
Оккупация Германии во время Первой мировой войны и после ее завершения позволила английским инженерам хотя бы частично ознакомиться непосредственно на предприятиях, производящих магний, магниевые сплавы и изделия из них, с технологиями их производства и в последующем использовать немецкие достижения в своей стране, где с 1921 года заработала фирма F. A. Hughes and Co. Ltd.

В США развитием и производством металлического магния в 1917 году занимались пять фирм, но к 1920 году на рынке осталась только фирма The Dow Chemical Company, победившая в конкурентной борьбе после экономического кризиса 1920 года фирму The American Magnesium Corporation. Имеются сведения о начале работ в США с магниевыми сплавами в 1916 году[8] фирмой The Dow Chemical Company, где в основу производственного процесса получения металлического магния был положен электролиза хлористого магния, полученного из соленой воды. В 1917 году на основе указанного процесса был построен завод по производству металлического магния. В 1920 году этот завод сгорел из-за разлившейся по деревянному полу из треснувшего тигля расплавленной соли.

В 1921 году фирмой The Dow Chemical Company был построен новый завод, где были учтены ошибки предыдущего опыта и начата научно-исследовательская работа по разработке высокопрочных сплавов на магниевой основе для удовлетворения потребностей авиа-, моторо- и автостроителей. Магниевые сплавы, разработанные фирмой The Dow Chemical Company, получили общее название «доуметалл» (Dowmetal). Под этой торговой маркой фирмой было разработано семь основных композиций сплавов для различного применения. В отличие от немецких, в американских сплавах разработчики отказались полностью от использования в качестве легирующих элементов цинка и кремния. В начале 30-х годов XX века магниевые сплавы нашли в США широкое применение[8].



Кабина стратостата из магниевого сплава Dowmetal[6, с.29]



Прицепной кузов автомобиля, построенный из магниевых сплавов в США в 30 годы XX века[6, с.30]

Список литературы.

1. Берндт Бенвеч История Германии. Том 2. От создания Германской империи до начала XXI века. - М.: Издательство КДУ, 2008 - с. 15.
2. Общие сведения об электролитическом получении магния. Metallurgia магния. URL: <http://ctcmetar.ru/metallurgiya-magniya/8399-obschie-svedeniya-ob-elektroliticheskom-poluchenii-magniya.html> (дата обращения: 15.08.2019).
3. McNeil, Ian. An Encyclopedia of the History of Technology (Routledge Companion Encyclopedias). - London, NYC, 1990 - pp. 114-115.
4. Friedrich, Horst E.; Mordike, Barry L. Magnesium Technology: Metallurgy, Design Data, Applications. - Springer, 2006 - pp. 4-5

5. Wikipedia. Adolf Franz Beck. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Adolf_Franz_Beck (дата обращения: 13.06.2019)/
6. Я.Е. Афанасьев Магниевые сплавы. - М.-Л.: ОНТИ-НКТП, 1937 - с.14–17.
7. Chemiapark Bitterfeld-Wolfen. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Chemiapark_Bitterfeld-Wolfen#Chemische_Fabrik_Griesheim-Elektron_AG_\(CFGE\)_1892-1925](https://de.wikipedia.org/wiki/Chemiapark_Bitterfeld-Wolfen#Chemische_Fabrik_Griesheim-Elektron_AG_(CFGE)_1892-1925) (дата обращения: 20.04.2019).
8. E.N. Brandt WE CALLED IT MAG-NIFICENT. - Michgan: Michigan state University Press, 2013 - 160 pages.