マグネシウム合金の燃焼試験方法に関する JIS 規格の開発

駒井 浩*・小原 久*・加藤 数良**・野本 光輝**

Journal of The Japan Institute of Light Metals, Vol. 68, No. 7 (2018), 347-353

© 2018 The Japan Institute of Light Metals

Development of JIS standard for flammability test methods for magnesium alloys

Hiroschi KOMAI*, Hisashi OHARA*, Kazuyoshi KATOH** and Mitsuteru NOMOTO**

Keywords: JIS; magnesium alloy; flammability test

1. 緒 言

マグネシウムは、優れた比強度、比剛性、振動吸収性等の特性を有した構造用金属の中で最軽量の材料であることから、自動車等の輸送機器をはじめとする軽量化ニーズの高い分野で適用されている。しかしながら、耐食性、耐熱性、燃焼性等の特性が他の金属材料より劣るといった課題も多いため、ここ数年の国内需要量は約4万トンと横ばいでの推移が続く状況となっている。

この一方で、近年では課題である特性を向上させるための材料開発が活発に行われている。そのひとつとして、燃焼性を改善した材料の開発が挙げられる。マグネシウムは非常に活性な金属であり、熔融時や微粉状態では空気中の酸素と反応し発火しやすく、さらに1度発火すると水での消火が非常に困難であるという性質がある。これに対し、カルシウムや希土類の添加によってマグネシウム合金の発火温度を高めた難燃性を有する合金の開発が進んでいる。そしてこの合金開発に伴い、鉄道車両や航空機の構造部材など、使用する材料に高い難燃性が要求される分野への適用に対する期待が大きく高まってきている。

しかしながら、各所で難燃性を有するマグネシウム合金の材料開発が行われる中、マグネシウムについての燃焼性評価手法が標準化されていなかったため、燃焼性の評価は各機関独自の手法で実施されることとなっていた。このことから、日本マグネシウム協会では、マグネシウムの燃焼性を判断する基準となる評価方法を策定し、規格化するために、経済産業省の委託事業「高機能JIS等整備事業」によって、マグネシウム合金の燃焼性を評価するための試験方法を規定したJISを開発することとした。

委託事業は平成26～28年度の3年間で実施した。多くの場所で簡便に行える試験方法により、試料としたマグネシウム合金の燃焼の仕方によって、燃焼性の度合いを分類できるような内容のJIS開発を目的とし、日本マグネシウム協会に設

置した「マグネシウム合金燃焼性評価方法標準化委員会」(委員長 加藤数良: 日本大学)によりJISを開発した。JISは、「JIS H 0544 マグネシウム合金の燃焼試験方法」のタイトルで、平成29年11月20日に発刊された。以下にJIS開発の経緯と規格の内容を解説する。

2. 燃焼試験方法の検討

2.1 既存の燃焼試験方法による検討

JISの開発にあたり、マグネシウム合金燃焼性評価方法標準化委員会(以下、委員会)では、マグネシウム合金に適した燃焼試験方法を定めることから検討を開始した。

既存の材料に関する燃焼試験法としては、プラスチック材料の燃焼試験であるUL規格(UL94)、鉄道車両用材料燃焼性試験、自動車内装材料用の燃焼試験、建築材料用の発熱性試験法(コーンカロリーメータ法)などがある。また、マグネシウムに関連するものとしては、危険物の判定に用いる小ガス炎着火試験、FAA(Federal Aviation Administration: アメリカ連邦航空局)が策定しマグネシウム材料に特化した航空機のシート部材用のオイルバーナー試験¹⁾がある。

2.1.1 UL規格

(1) UL94 HB規格

短冊状の試料を水平に置き燃焼させ、燃焼が進む速度で合否判定する。試料の厚さが3mm以上の場合は燃焼速度が40mm/min以下、3mm未満の場合は燃焼速度が75mm/min以下という判定基準がある。

(2) UL94 V-0, V-1, V-2規格

垂直に支持した短冊状の試料の下端にバーナー炎を当て、10s後に炎を試料から離す。炎が消えたら炎をさらに10s当て、1,2回目の接炎終了後の有炎燃焼持続時間、2回目の接炎終了後の有炎燃焼持続時間および無炎燃焼持続時間の合計、5本の試料の有炎燃焼時間の合計、ならびに燃焼滴下物の有無で判定する。

*一般社団法人日本マグネシウム協会(〒103-0027 東京都中央区日本橋3-6-10 くりはらビル4F) The Japan Magnesium Association (Kurihara bldg., 3-6-10 Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027) E-mail: komai@magnesium.or.jp

**日本大学生産工学部(習志野市)〔現在: 一般社団法人日本マグネシウム協会(東京都)〕 College of Industrial Technology, Nihon University (Narashino-shi, Chiba) [Present: The Japan Magnesium Association (Chuo-ku, Tokyo)]

受付日: 平成30年4月5日 受理日: 平成30年6月1日

(3) UL94 5VS, 5VB 規格

(2) より約10倍大きい燃焼エネルギーのバーナー炎を使用し、Bar試験とPlaque試験の両方で判定する。

2.1.2 鉄道車両用材料燃焼試験

B5判の試料を45°傾斜に保持し、燃料容器を下面中心に置き、純エチルアルコール0.5ccを入れて着火、燃料が燃え尽きるまで放置する。アルコールの燃焼中と燃焼後に分け、燃焼中は供試材への着火、着火、発煙状態、炎の状態等を観察、燃焼後は残炎、残じん、炭化、変形状態を調査し判定。

2.1.3 自動車内装材料の燃焼試験

試料(350×100×t (mm))を水平に保持し、38mm炎を15s接炎し、254mmの標線間に対する燃焼速度により判定。

2.1.4 コーンカロリメータ法

コーンヒータにより試料を加熱、燃焼させ、その燃焼ガスの一部をガス分析計に取り込み、測定された酸素濃度から試料の燃焼による発熱速度を酸素消費法を利用して測定する。併せて発煙量、発生ガス成分等を同時に測定する。

2.1.5 小ガス炎着火試験

マグネシウムは消防法により、第2種・可燃性固体の対象となるが、これに該当するかを判定するための試験。室温20℃、湿度50%、無風の場所で、試料の大きさ3cm³程度、炎と試料の接触面積2cm²として10s加熱する(図1)。図2

図1 a) 小ガス炎着火試験装置概略(着火の角度は30°),
b) 小ガス炎着火試験実施状況

に示す判定基準により、着火時間により危険物に該当するかを判定する。

2.1.6 Oil Burner Flammability Test for Magnesium Alloy

Seat Structure : FAA 策定

航空機のシート部材にマグネシウムを適用するために、FAAが策定したマグネシウム専用の試験方法。ジェットエンジン用の燃料により930℃の炎を試料(508.0×38.10×6.35 (mm))に当て、時間経過による試料の状態によって燃焼性を判断する。

【合否基準】

①加熱開始から120s以内で燃焼開始しないこと

②加熱開始から120～240s以内で燃焼を開始した場合、火炎をはずしてから180s以内に鎮火すること

③試験前後の試料の重量差が10%を超えないこと

委員会では、これら既存の試験方法を参考とし、多くの機関で行うことができる簡便な手法であることを前提に、燃料、装置、備品等が安価で容易に入手できること、マグネシウムの燃焼の仕方からマグネシウム専用の装置にしやすいこと等に考慮して、マグネシウム合金に適した試験方法を検討

図2 小ガス炎着火試験による危険物の判定基準

表1 国内マグネシウム需要量推移

(単位: t)

部門		年				
		2013	2014	2015	2016	2017
総需要		35,860	40,290	41,308	40,670	40,067
構造材	ダイカスト	5,800	5,800	5,800	5,300	4,800
	鋳物	70	70	70	70	70
	射出成形	300	300	300	400	480
	展伸材	760	700	750	750	770
	その他	1,030	200	230	200	230
添加材	アルミニウム合金添加	18,800	21,000	20,800	21,500	22,000
	鉄鋼脱硫	3,950	5,500	5,600	5,500	5,500
	ノジュラー・鋳鉄	2,340	2,725	2,200	2,500	2,600
	チタン製錬	60	420	1,000	800	600
	化学・触媒	1,800	1,800	2,200	2,100	1,800
防食・その他		620	1,200	1,200	950	990
輸出		330	575	1,158	600	227

※再生材は含まない

表2 FAAのOil Burner Flammability Test概要

試験機関	FAA, William J. Hughes Technical Center
試料合金種	AZ61, AZ91, AZX311, AMX602, AZX611, AZX612, AZX911, AZX912
試料形状	508.0×38.10×6.35 (mm)
試験条件	火炎温度は約930℃, 燃料はジェットエンジン用, その他の装置・条件はFAAの試験基準による
可否基準	①加熱開始から120s以内で燃焼開始しないこと ②加熱開始から120~240s以内で燃焼を開始した場合, 火炎をはずしてから180s以内に鎮火すること ③試験前後の全試料の重量差が10%を超えないこと

表3 Oil Burner Flammability Test結果 (単位: s, 各合金種複数回実施)

合金種	試料溶解開始	試料発火	試料燃焼開始	バーナー加熱終了	試料燃焼終了	重量損失 (%)
AZ61	125-130	160-170	170-180	240	335-345	7.8-8.2
AZ91	110-120	140-145	なし	240	なし	0.4-0.8
AZX311	125-130	なし	なし	240	なし	0.4
AMX602	118-122	なし	なし	240	なし	0.0-0.4
AZX611	120-123	なし	なし	240	なし	0.0-0.4
AZX612	120-123	なし	なし	240	なし	0.0-0.4
AZX911	110-115	なし	なし	240	なし	0.0
AZX912	110-115	なし	なし	240	なし	0.0-0.8

した。

UL規格については、輸送分野への適用を考慮すると、試料の形状が小さい点や、プラスチック材料の判定基準を金属であるマグネシウムに適用することの難しさが懸念された。

鉄道車両用材料燃焼試験は、すでにマグネシウムの汎用合金でも合格している実績があること、自動車内装材料の燃焼試験方法およびコーンカロリメータ法のような装置を必要とする試験方法は、試料となるマグネシウムの燃焼時における装置への影響が懸念された。

FAAの燃焼試験方法は、目的が航空機のシート部材用であり、判定方法が航空機火災を想定した場合と限定されたものであることが懸念された。しかしながら、唯一マグネシウム用の燃焼試験方法として、国家規格や国際規格ではないものの、航空機という信頼のおける分野で策定されたものであることから、FAAの試験を参考として、試験方法の検討を進めることとした。

試験方法選定の検討と並行して、いくつかのマグネシウム合金により、FAAの方法による試験と、一般に試料の発火温度を測定するために用いられている示差熱分析 (DTA) 試験²⁾を行った。FAAの試験については、実際に現地で試験をする機会を得ることができた。DTA試験は産業技術総合研究所で実施した。以下に、両試験の結果を報告する。

2.2 FAAでの燃焼試験

FAAが策定した燃焼試験方法“Oil Burner Flammability Test for Magnesium Alloy Seat Structure”は、2014年にFAAのFire Safety Group Handbookに加えられ、2015年に更新されている。これにより、自動車や航空宇宙関連の規格を開発するアメリカのSAE (Society of Automotive Engineers) Internationalや、欧州のEASA (European Aviation Safety Agency)の規定において、これまでマグネシウム合金は航空機の内装品への

使用が禁止されていたが、座席部品の一部については、FAAの試験に合格したマグネシウム合金であれば使用できるように規定が変更されている。

FAAで実施した燃焼試験の概要を表2に示す。航空機には、これもFAAが定めた非常脱出の90sルールがあり、燃焼試験の可否基準は、この90sを超える120sでは燃焼しないことが第一の条件となっている。次いで、燃焼しても短時間で自然鎮火することと、燃焼する量が極めて少ないことが合格の条件となっている。

試料は、国内関係企業から提供されたものを用いた。FAAがこれまでに発表した資料によると、汎用合金の試験実績としてはAZ31マグネシウム合金およびAZ80マグネシウム合金があるが、これらはこの試験には合格しておらず、イットリウムが添加されたWE43マグネシウム合金などの希土類を添加した合金が試験に合格しているが、難燃効果の高いカルシウムが添加された合金による試験実績はなかった。このことから、試料とした合金は、FAAで試験実績のない規格合金2種 (AZ61マグネシウム合金, AZ91マグネシウム合金)、およびカルシウムを添加した合金6種 (Mg-3Al-1Zn-1Ca合金 (AZX311), Mg-6Al-0.2Mn-2Ca合金 (AMX602), Mg-6Al-1Zn-1Ca合金 (AZX611), Mg-6Al-1Zn-2Ca合金 (AZX612), Mg-9Al-1Zn-1Ca合金 (AZX911), Mg-9Al-1Zn-2Ca合金 (AZX912), mass%)の計8種を用意した。また、FAAが所有していたWE43でも燃焼試験を行った。このWE43については、120sを超えたところで燃焼が開始したものの、その後しばらくして鎮火し、合格の基準を満たした。

用意した試料による燃焼試験の結果を表3に示す。また、試験設備を図3、試験中の状況を図4、試験後の試料を図5に示す。

FAAがこれまでに実施した試験結果から、カルシウムや

希土類が添加されていないAZ61およびAZ91では、合格することができないと思われたが、AZ61は試験開始から120sを超えてから試料が発火、燃焼し、加熱終了後は約100s程度で鎮火、重量損失率も10%未満となり、「合格」となった。AZ91も、試験開始から140sを超えたところで発火したものの、すぐに火は消え燃焼には至らず、こちらも「合格」となった。カルシウムを添加した合金については、すべての試料において燃焼だけでなく発火すらしなかった。結果としては、すべての試験材が「合格」となった。

合否基準ではすべて合格となったが、AZ61とAZ91の結果からアルミニウムの添加量が多い方が燃えにくいという傾向と、カルシウムの添加による高い難燃効果が明確に現れる結果を得ることができた。

2.3 DTA試験

各種マグネシウム合金の発火特性を比較する場合の定量的な指標として、試料を加熱して発火が確認された時の発火温度が利用されることが多い。マグネシウムの発火温度は、材料の単位体積当たりの表面積（比表面積）、酸化被膜の状態、雰囲気などに依存する値であることより、実験条件が異なる

場合、発火温度の値を直接比較することは難しい。そのため、空気流量、昇温速度および試料の比表面積といったプロセス因子が発火特性に及ぼす影響を明確にした上で測定を行う必要がある、DTA試験はこれらの因子を定量的に制御できる手法である。JISで規定しようとする燃焼試験方法は、他の試験方法との相関性が求められる。各種合金の発火温度が定量的に得られるDTA試験は、他の燃焼試験との相関性を評価するための非常に重要な試験の一つと言える。

DTA試験の概要を表4に、試験装置を図6に、試験結果の一例を表5に示す。合金種は、FAAの試験で試料とした8合金に、AZ31、AM60マグネシウム合金、WE54マグネシウム合金、Mg-6Al-1Zn-0.2Ca合金（以下mass%）（AZX6102）、Mg-6Al-1Zn-0.5Ca合金（AZX6105）、Mg-9Al-1Zn-0.2Ca合金（AZX9102）、Mg-9Al-1Zn-0.5Ca合金（AZX9105）、Mg-Y-Zn系のKUMADAI耐熱マグネシウム合金（以下、

図3 Oil Burner Flammability Test 装置外観

図4 Oil Burner Flammability Test

図5 Oil Burner Flammability Test後の試料外観（AZX611）

図6 DTA 試験装置外観

表4 DTA 試験の概要

試験機関	(国研) 産業技術総合研究所
試験装置	Rigaku ThermoPlus EVO II RTG-DTA/H
試料合金種	AZ31, AZX311, AM60, AMX602, AZ61, AZX6102, AZX6105, AZX611, AZX612, AZ91, AZX9102, AZX9105, AZX911, AZX912, WE54, KUMADAI耐熱合金, KUMADAI不燃合金
試料形状	箔材 $t=0.1\text{ mm}$
試験条件	昇温速度は3, 10, 30, 100°C/min。その他の条件は産総研の試験条件による

表5 DTA 試験結果
(単位: °C, $n=3$ の平均値)

合金種	昇温速度			
	3°C/min	10°C/min	30°C/min	100°C/min
AZ31	566.9	571.5	574.2	599.3
AZX311	610.6	648.9	699.5	757.5
AM60	559.2	581.8	328.7	693.9
AMX602	698.2	779.3	860.0	827.7
AZ61	605.2	587.7	607.9	658.7
AZX6102	615.5	675.4	710.2	806.3
AZX6105	641.9	703.8	769.3	901.0
AZX611	617.5	686.0	772.2	838.1
AZX612	678.4	948.5	983.9	978.6
AZ91	600.4	612.7	652.1	720.4
AZX9102	613.1	678.0	692.9	796.2
AZX9105	632.2	728.3	756.8	973.1
AZX911	1,080.0	1,080.0	1,080.0	1,080.0
AZX912	1,080.0	1,080.0	1,080.0	1,080.0
WE54	655.0	664.5	696.4	740.3
KUMADAI耐熱	617.8	647.1	686.2	747.8
KUMADAI不燃	1,080.0	1,080.0	1,080.0	1,080.0

※1,080°Cは測定の上限温度で発火しなかったことを示す

KUMADAI耐熱合金), Mg-Al-Ca系のKUMADAI不燃マグネシウム合金(以下, KUMADAI不燃合金)を加えた計17合金を用いた。AZ61, AZ91にカルシウムを0.2%および0.5%添加したAZX6102, AZX6105, AZX9102, AZX9105は, カルシウム添加量が発火温度に及ぼす影響を検証するために用意した。

表5の試験結果から, 以下の傾向が確認された。

- カルシウムの添加量が多いほど, 発火温度が上昇する。
- アルミニウムの添加量が多いほど, 発火温度が上昇する。
- 汎用合金 (AZ系, AM系の合金), 希土類添加合金 (WE54, KUMADAI耐熱合金), カルシウム添加合金の順で発火温度が上昇する。

また, 粉末試料でも発火温度の測定を行った。粉末の場合も添加元素による発火温度の上昇効果が確認されたが, 箔の場合と比較するとその効果は低下し, 箔では発火温度が測定できなかった合金種でも粉末では発火が確認された。粉末と箔ではある体積に対する表面積が異なるため, 添加元素によって発火温度の上昇効果を得るには, ある程度の大きさが必要であると言える。

2.4 燃焼試験方法の選定

既存の各種燃焼試験方法による検討から, FAAの燃焼試験方法を参考にすることとして試験方法の選定を進めた。委員会では, 簡便に試験を実施できるという前提に基づき, 装置には, 容易に購入が可能な形状のガスバーナーと, 加熱のための燃料にはLPガスを用いることとし, 試料の加熱方法は, FAAの燃焼試験と同様に横方向から試料を加熱する方法を選定した。選定したガスバーナーによる燃焼試験(以下, バーナー試験)により, 各種マグネシウム合金の燃焼試験を繰り返しながら, 試験方法の規定内容について検討を進

表6 バーナー試験の概要

試験機関	日本大学 生産工学部
試料合金種	AZ31, AZ61, AZ91, AZX311, AZX6102, AZX6105, AZX611, AZX612, AZX9102, AZX9105, AZX911, AZX912, WE54, KUMADAI耐熱合金, KUMADAI不燃合金
試料形状	500×40×3 (mm) (一部150×40×3 (mm))
使用ガス	プロパンガス (小池酸素工業製)
ガス供給圧力 (ボンベ出口圧力)	0.03 MPa
バーナー口径	φ60 mm (桂精機製作所製・KB25)
トーチ流量	全開 (トーチ: 桂精機製作所製・KB306)
火炎温度	試験片加熱中心部: 1,050~1,100°C 〈参考: 火炎温度分布〉

めた。

3. 規定内容の策定

3.1 バーナー試験の実施

委員会で選定したバーナー試験について, 燃焼試験を繰り返しながら, 規定すべき項目を検討した。規定に必要な試験条件の項目として, 試料の形状, ガスバーナーの火口径, 火炎の温度, 燃料の種類, 湿度の影響, 装置の設置位置が挙げられる。

a) 試料の形状: FAAの試験方法に近い, 500×40×3 (mm)の長方形の平板形状とした。鋳造でも展伸材加工でも製造可能な厚さであることを考慮し, FAAの試験方法に比べ厚さが約1/2となる3mmとした。

b) ガスバーナーの火口径: 試料の幅40mm全体に炎が当たるようなバーナーの口径としてφ60mmのものを選択した。

c) 燃料の種類: 一般的で購入が容易なLPガス (プロパンガス) を用いた。

d) 火炎の温度: FAAの試験方法 (約930°C) よりも厳しい温度設定とし, バーナーの火炎温度が1,050~1,100°Cとなる領域が試料に当たるようにした。温度の調整は, ガスボンベの出口圧力が一定となるようにした。

e) 湿度の影響: 湿度の高い時期と低い時期で試験結果の比較を行った。

f) 装置の設置位置: 設定した火炎温度の炎が当たる位置

から、バーナーの設置距離は試料から約100mmの位置とした。高さは、溶け落ちた試料の飛散を考慮し約500mmとした。

以上の試験条件に基づいて行ったバーナー試験の概要を表6に、試験中の状況を図7に、試験結果を表7に示す。

表7の試験結果から、バーナー試験について以下の傾向が

図7 バーナー試験

得られた。

a) 合金種にかかわらず、発火開始の時間は40～60sとなる。試料の厚さが約6mmであるFAAの燃焼試験の試験結果と比較すると、発火開始の時間が1/2程度となる。

b) カルシウムの添加量が増えると燃焼しにくくなる。また、カルシウムが添加された合金は、溶落物がほぼ燃焼しない。

c) アルミニウムの添加量が増えると燃焼しにくくなる。

d) 汎用合金、希土類添加合金、カルシウム添加合金の順で燃えにくくなる。

e) 添加元素に関係なく、すべての合金で試料への着火が確認された。

FAAの試験から試料の厚さを約1/2としたところ、発火開始時間も1/2程度となった。合金種による燃焼の状況に加え、時間においても同じような傾向が得られている。

また、DTA試験においても、アルミニウムの添加量が多い方が燃えにくくなるという傾向と、カルシウム添加の効果が明確であるという、相関性のある結果が得られている。特に、昇温速度が30°C/minの場合、バーナー試験結果と最も近い傾向が得られた。

表7 バーナー試験結果

試料の合金種	試料の 発火開始 時間 (s)	試料の 燃焼終了時間 (s)	加熱終了後の 燃焼時間 (s)	溶落物の 燃焼	溶落物の 燃焼時間 (s)	質量 損失率 (%)
AZ31	40～50	105を超える	5を超える	ほぼあり	10を超える	ほぼ5.0以下
AZ61	45～55	105を超える	5を超える	ほぼあり	ほぼ10を超える	ほぼ3.0以下
AZ91	45～60	ほぼ100以内	ほぼ燃焼していない	ほぼあり	ほぼ10以内	ほぼ1.0以下
AZX311	50～60	ほぼ100以内	ほぼ燃焼していない	ほぼなし	ほぼ0	ほぼ1.0以下
AZX6102	50～65	ほぼ90以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZX6105	45～65	ほぼ90以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZX611	50～65	ほぼ70以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZX612	50～65	ほぼ70以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZX9102	45～60	ほぼ90以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZX9105	45～60	ほぼ90以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZX911	45～60	ほぼ70以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZX912	50～60	ほぼ70以内	なし	なし	なし	1.0以下
WE54	45～55	ほぼ90以内	なし	多くはあり	ほぼ10以内	ほぼ5.0以下
KUMADAI耐熱	50～65	ほぼ100以内	多くは燃焼していない	なし	なし	1.0以下
KUMADAI不燃	40～50	ほぼ60以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZ91 長さ150mm	40～45	ほぼ100以内	多くは燃焼していない	多くはあり	ほぼ10以内	ほぼ1.0以下
AZX912 長さ150mm	40～50	ほぼ70以内	なし	なし	なし	1.0以下
AZ61 厚さ6mm	110～140	200を超える	判定なし (燃焼を継続したため)	あり	10以内	ほぼ1.0以下
AZX311 厚さ6mm	130～150	200を超える	判定なし (燃焼を継続したため)	ほぼなし	10以内	ほぼ1.0以下
AZX912 厚さ6mm	100～110	120以内	判定なし (燃焼を継続したため)	なし	なし	ほぼ1.0以下
KUMADAI耐熱 厚さ6mm	130～140	160以内	判定なし (燃焼を継続したため)	なし	なし	2.0以下

図8 バーナー試験装置概略図

表8 「マグネシウム合金燃焼試験方法」JIS規定内容

タイトル	「マグネシウム合金の燃焼試験方法」
用語・定義	この試験で3s以上連続して炎が確認される状態を「燃焼」、その最初の状態を「発火」と定義した。炎が出て3s以内に収まる場合は、燃焼なしと判定することとした。
試料の種類	JIS H 4201～4205, 5203 又は 5303 に規定する種類とした。
試料形状	<ul style="list-style-type: none"> ・ 500×40×3 (mm) の平板状とした。FAAの試験を参考としたが、厚さは1/2とした。FAAの形状と比べ、溶融・発火の開始時間が1/2程度となったため。 ・ 鑄造材など、長さ500mmを採ることが難しい場合は、150mm以上でもよいこととした。 ・ 粉末については、DTA試験において塊状の試料より発火温度が低く、合金種による発火温度の差がなくなることから、塊状の試料を適用範囲とした。
試験環境	温度、湿度の影響を調査したが大きな影響は無かった。屋内外問わず、無風状態であればよいことのみとした。
試験装置 (図8)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料は入手が容易なLPガス、バーナーは口径φ60mmのみを規定し細かい規定は避けた。 ・ 試料に当たる火炎温度、ボンベの出口圧力、試料とバーナー火口の距離を一定とすることで試験時の加熱条件が揃えられるようにした。
試験手順	<ul style="list-style-type: none"> ・ どの合金種の試料も40～60sで溶け始め、カルシウムやイットリウムが添加された合金など、燃焼しても100s以内に鎮火する試料が多かったことから、加熱時間は100sとした。 ・ 溶落物も燃焼する場合があるが、カルシウムやイットリウムが添加された合金は、溶落物の燃焼が短時間若しくは燃焼しないため、溶落物の燃焼具合も記録することとした。
結果の分類 (表9)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験結果を4つに区分した。 ・ 等級を付けたり、この区分であればこの用途に適用できると断言するまでの規定にはなかった。

表9 試験結果の分類

分類	試料発火開始	加熱終了後 試料燃焼	溶落物 燃焼	重量損失
1類	30sを超える	なし	なし	10%未満
2類	30sを超える	10s未満	5s未満	10%未満
3類	30sを超える	10s以上	5s以上	10%未満
4類	試料の発火開始時間が30s以下又は重量損失が10%以上			

3.2 規定内容

以上のバーナー試験の結果を基に、委員会において「マグネシウム合金の燃焼試験方法」JISを策定した。規定内容を表8、試験装置の概略図を図8、試験結果の分類を表9に示す。

試験結果の分類については、試料の燃え方によって等級を付けるか否かを検討したが、この規格で規定した燃焼性の等級と、2.1節で挙げたような既存の燃焼試験や燃焼に関する規格による等級とで、燃え方に対する認識が一致しない場合があり、燃焼性の認識について齟齬が生じる可能性がある。それゆえ、この規格では、試験結果を試料の燃焼の状況によって分類するにとどめることとした。

また、前述したDTA試験については、バーナー試験と相関性のある試験として、JISの解説にその概要と試験結果を掲載することとした。

4. 結 言

表8、表9および図8に示した内容により作成されたJIS規格は、「JIS H 0544 マグネシウム合金の燃焼試験方法」として、平成29年11月に公示された。

マグネシウムの材料自体を対象とした燃焼試験方法を国家規格レベルで標準化したのは、世界に先駆けての事例となる。今回は、燃焼試験方法と試験結果を試料の燃焼の状況によって分類するというJISを開発したが、今後もマグネシウム合金の燃焼に関するデータを蓄積し、燃焼性を等級分けして評価する等、規格内容をより高度化していくことを目指していきたい。

謝 辞

この成果は、経済産業省の委託事業「平成26～28年度経済産業省 高機能JIS等整備事業 高機能JIS開発：難燃性、不燃性マグネシウム合金の特性評価方法に関するJIS開発」の結果得られたものです。ここに記して謝意を表します。また、JISの作成にご尽力いただきました委員の皆様にも謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Federal Aviation Administration: Aircraft Materials Fire Test Handbook, Chapter25, Oil Burner Flammability Test for Magnesium Alloy Seat Structure, (2015).
- 2) 鈴木一孝, 斎藤尚文, 黄 新勝, 湯浅元仁, 千野靖正: 軽金属, 66 (2016), 273-279.