

Magnesium voor het MKB

met kans op een licht-gewichtige toekomst



COLOFON Samenstelling:

Deze uitgave is speciaal samengesteld voor het Magnesium Event tijdens de Dutch Design Week te Eindhoven (15-23 oktober 2005). Redactie ing. J.W.N. Jager – Syntens te Eindhoven en ir. P.P.H. Veltmans – TNO Industrie en Techniek te Eindhoven. Vormgeving en drukwerk is verzorgd door De Graaf & Partners.

Disclaimer

Alle vermelde informatie is openbaar toegankelijk in literatuur en op internet. Ze is slechts opnieuw gerangschikt. Van het fotomateriaal is onderzocht of er auteursrecht op rust. Eventuele inbreuk is onbedoeld en wij verzoeken rechthebbende zich te melden opdat wij in de gelegenheid zijn materiaal te vernietigen.

Hoewel met de grootst mogelijke zorgvuldigheid samengesteld bestaat de mogelijkheid van fouten in tekst of tabellen. De geboden informatie is daarom niet bedoeld ter vervanging van deskundig en specifiek advies of naslag in gespecialiseerde handboeken.

De uitgave wordt eenmalig en kosteloos verstrekt aan de bezoekers van het Magnesium Event zonder claim op auteursrecht. Andere organisaties mogen deze editie verveelvuldigen mits de herkomst wordt vermeld.

International summary:

Magnesium is one of the lightest of the common construction metals. With a specific weight of 1800 kg/m³ the material is 2/3 of the weight of aluminium and 1/4 of steel. Its mechanical properties and manufacturing processes are similar to aluminium although there exist specific differences in properties. This booklet is specially issued during the Dutch Design Week in Eindhoven (Netherlands) and free of charge. If parts of this publication are transmitted please refer to its origin.

Eindhoven, oktober 2005



Magnesium voor het MKB

met kans op een licht-gewichtige toekomst





Succesvol innoveren met Syntens



U bent een ondernemer met passie, durf en doorzettingsvermogen. Voortdurend zoekt u naar kansen om uw bedrijf verder te ontwikkelen. Dat vraagt om innovatie van uw processen, producten en diensten of organisatie. U houdt hierbij zelf de touwtjes stevig in handen. Maar u zoekt wel een klankbord, iemand die u in contact brengt met de juiste partijen. Syntens, Innovatienetwerk voor ondernemers, biedt die hulp: wij zijn uw partner in innovatie en wijzen u de weg. Syntens richt zich op sectoren waar de innovatiekansen het grootst zijn. Technostarters en snelle groeiers krijgen hierbij speciale aandacht. In onze Innovatiemanagement werkwijze ligt het accent op de technologische- en marketingkant. Daarnaast is er aandacht voor de niet-technologische aspecten als strategie, kennisnetwerk, innovatiecultuur, middelen en de rol van de ondernemer. Het is daarbij dé organisatie in Nederland op het gebied van innovatie bevordering voor het MKB. Meer dan 450 medewerkers over heel Nederland helpen de ondernemend MKB-er met zijn ambities. Syntens is een initiatief van het Ministerie van Economische Zaken.

Bezoek onze website www.syntens.nl

TNO Industrie en Techniek



Innovatie is van levensbelang. Voor bedrijven en voor overheden. Voor de economische ontwikkeling van Nederland. TNO maakt innoveren mogelijk door wetenschappelijke kennis te vertalen naar de praktijk. Samen met onze opdrachtgevers ontwikkelen we nieuwe toepassingen die bijdragen aan welvaart en welzijn in Nederland en daarbuiten. TNO is een kennisorganisatie voor bedrijven, overheden en maatschappelijke organisaties. Meer dan 5000 medewerkers werken dagelijks aan het ontwikkelen en toepassen van kennis. We leveren contractresearch en specialistische advisering, we verlenen licenties op octrooien en specialistische software. We testen en certificeren producten en diensten, en geven een onafhankelijk kwaliteitsoordeel. En we richten nieuwe bedrijven op om innovaties naar de markt te brengen. Ontwikkelen en toepassen van innovatieve kennis: daar draait het om bij alles wat we doen.

Aanvullende informatie ziet u op onze website www.tno.nl

VOORWOORD

In het verleden hebben nieuwe materialen vaak een industriële doorbraak ontketend. Denk hierbij aan de plaatstaal waarmee sinds de jaren '20 nog steeds op dezelfde wijze auto's gemaakt worden. Zonder aluminium was er nooit een burgerluchtvaart ontwikkeld.

Ook nu zijn er voortschrijdende ontwikkelingen in de materiaaltechnologie. Magnesium is hier een voorbeeld van. Het is lichter dan staal en aluminium en heeft voor veel toepassingen betere eigenschappen.

Juist in Brabant, het industriële hart van Nederland, komt een dergelijke innovatie aan de oppervlakte. De vele technische ondernemingen zijn continue op zoek naar nieuwe kansen. Het grote voordeel van magnesium is dat het enerzijds licht is en anderzijds heel sterk. Er wordt al gewerkt aan toepassingen in diverse facetten van de maatschappij, denk hierbij aan een magnesium rollator en aan bierfusten. Als de diverse instellingen in Brabant op dit terrein hun krachten bundelen kan een concurrentievoordeel worden geschapen. Samen met TNO en Syntens heeft zich in rap tempo een stevig kennisnetwerk gevormd. In Brabant dus, natuurlijk vernieuwend!

O. Hoes
gedeputeerde economische zaken en internationale ontwikkelingen



Fotografie O.Smit



HOOFDSTUKKEN

Voorwoord door Onno Hoes, gedeputeerde Economische Zaken	3
Achtergrond informatie	
1 De geschiedenis van magnesium	5
2 Feiten	6
3 Toepassingen	7
Toekomstperspectief	
4 Kennis en industriële initiatieven	8
5 Stand der techniek	10
6 Lichtgewicht construeren	12
Materiaal gegevens	
7 Fysische en mechanische eigenschappen	14
8 Classificatie van legeringen	15
Nuttige adressen om verder te komen met magnesium	16

De geschiedenis van magnesium

Lange tijd werd magnesium alleen in verband gebracht met de heilzame medicinale werking in de vorm van aromatische zoutbaden. In 1808 werd het element voor het eerst als metaal geïsoleerd dankzij het werk van de Britse geleerde Humpfrey Davy. Hij noemde zijn vondst 'magnium'.

Na deze ontdekking werd het lang als metaalkundige curiositeit gezien. Rond 1930 kwam magnesium sterk in opkomst als grondstof voor lichte producten met name in Duitsland. Hier zijn de eerste technieken ontwikkeld. Men ontdekte hoe magnesium kon worden gelegeerd met aluminium, zink en mangaan om het betere eigenschappen te geven. Men kwam er achter hoe makkelijk het kon worden verwerkt door smeden, extruderen, lassen en verspanende bewerkingen. Tijdgenoten zagen het dan ook als een typisch Duits metaal ('the German metal'). Er ontstonden producten als fietsframes, vliegtuigstoelen en plaatwerk voor carrosserieën.



Humpfrey Davy



Junker Stuka,
400 kg magnesium gietdelen

In die jaren was het ook een strategisch materiaal voor de Duitse oorlogsindustrie. Tijdens de Tweede Wereldoorlog werden er duizenden Messerschmitts en Junker Stuka bommenwerpers geproduceerd met magnesium onderdelen in de wielophanging, wielen, motoren en transmissie. Na de oorlog verscheen er in Amerika een monsterachtige bommenwerper van 78 ton, de Convair B-36, met maar liefst 10 ton aan magnesium onderdelen aan de romp, vleugels, staartstuk en motoren. Nog veel bekender is de Volkswagen Kever. De luchtgekoelde motor en transmissie bevatten 26 kg magnesium. Volkswagen was daarmee de grootste commerciële toepasser van het materiaal tot medio zeventiger jaren in de vorige eeuw.

Na de Tweede Wereldoorlog verschoof de aandacht in de richting van aluminium en verdween magnesium van het toneel. Daarop komt thans weer een kentering nu lichtgewicht constructies voor diverse markten belangrijk zijn en de grondstofprijzen van aluminium en magnesium elkaar dicht zijn genaderd.

De militaire industrie is nog steeds verzot op magnesium, zozeer zelfs dat het in de Verenigde Staten geldt als een strategisch materiaal. Men gebruikt het in wapens, raketten, vliegtuig- en helikopteronderdelen.



De laatste decennia staat magnesium vooral in de belangstelling van de auto-industrie als een van de mogelijkheden om auto's lichter te maken en hiermee het brandstofverbruik en emissies te verlagen. Ook aan vervoer gerelateerde industrieën waarden het materiaal omdat het de nuttige lading kan verhogen. Producten waarbij fysieke belasting een rol speelt hebben eveneens baat bij constructie in dit materiaal. Denk hierbij aan bijvoorbeeld tijdelijke bouwconstructies die door mensenhanden worden op- en afgebroken of medische hulpmiddelen (rolstoelen, ziekenhuisbedden en rollators).

HOOFDSTUK 2

Feiten



Open mijnbouw van magnesiet

Magnesium is het achtste meest voorkomende element op aarde en komt overvloedig voor in zeewater, zoutlagen en minerale afzettingen zoals carnaliet, magnesiet en dolomiet. Deze ertsen kunnen door chemische omzettingen, warmteprocessen en/of elektrolyse verwerkt worden tot de metaalvorm primair magnesium. Exploitatie hangt af van wereldmarktprijzen en goedkope energie. De grootste toepassing van primair magnesium was tot voor kort, begin jaren '90, als legeringselement voor aluminium.



Zoutwinning aan de Dode Zee

Met een dichtheid van $1,74 \text{ kg/dm}^3$ is het ongeveer 35% lichter dan aluminium. Het materiaal is even sterk maar weer 35% minder stijf dan aluminium. Bekijkt men echter de verhouding sterkte-gewicht dan wint magnesium ruim van zowel aluminium als staal. Door optimaal gebruik te maken van de eigenschappen van magnesium kunnen constructies lichter geconstrueerd worden. Hiervoor is vaak wel iets meer ruimte nodig. Bij lassen verliest het nauwelijks sterkte zodat er een lagere veiligheidsfactor mogelijk is dan bij aluminium. Magnesium is niet-magnetisch en biedt ten opzichte van kunststoffen een goede bescherming tegen elektromagnetische straling. Men vindt het dan ook veel toegepast in typische elektronica-producten als laptops, palmtops en mobiele telefoons. Evenals de meeste andere metalen bezit magnesium een goede geleidbaarheid van warmte en elektriciteit. Verder is het duurzaam en goed te recycleren. Afhankelijk van de gewenste mechanische eigenschappen zijn diverse legeringen beschikbaar.

Magnesium is dus één van de lichtste constructiematerialen. Een beperking van magnesium ligt bij de slechte deformeerbaarheid bij kamertemperatuur.

Deze wordt echter belangrijk verbeterd bij temperaturen boven 200 °C. Omvormende bewerkingen zoals buigen, dieptrekken en hydrovormen worden om deze reden uitgevoerd met actief verwarmde gereedschappen.

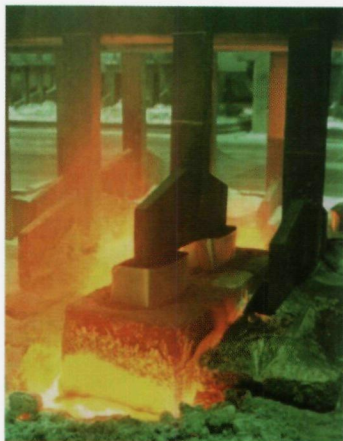
Gesmoltenmagnesium heeft bijzonder goede vloeieigenschappen. Het kandaardoor in giettechnieken worden verwerkt in zeer complexe producten met een hoge nauwkeurigheid voor details en dunwandige producten (tot 1 mm).

In 1993 bedroeg de wereldproductie aan primair magnesium 338.000 ton (China 5%) en steeg in 2004 tot 670.000 ton (China 70%). De opkomst van China leidde tot prijsdaling. In deze elf jaar zakte de prijs op de wereldmarkt van \$ 4400 naar \$ 1800 per ton, terwijl andere metalen alleen maar duurder werden. De opkomst van China ging ten koste van andere magnesium leverende landen zoals Noorwegen, Congo, Frankrijk en Servië. Zij zijn van het toneel verdwenen. Van gerecycleerde herkomst is jaarlijks circa 50.000 ton.

Men schat dat in 2005 ongeveer 38% van de wereldproductie wordt gebruikt voor het legeren van aluminium, 41% voor het vervaardigen van gietproducten, 12% voor het ontzwellen van staal en de rest voor een hele variëteit aan toepassingen zoals extrusie, smeden, opofferingsanodes en in de chemische industrie. Het aandeel van gietproducten stijgt nog steeds sterk.

HOOFDSTUK 3

Toepassingen



Electrolyse van magnesiumchloride tot primair magnesium

Bij de opkomst van aluminium, zestig jaar geleden, werd het als een slecht soort staal gezien in een wereld die slechts kon denken in staal. De geschiedenis herhaalt zich. Magnesium moet zijn eigen plaats veroveren in een omgeving die al wel gewend is aan aluminium. Om magnesium toe te passen heeft men een verdraaid goede reden nodig. Hieronder worden een aantal van dergelijke 'business drivers' of 'toegevoegde waarden' toegelicht.

Gewichtsbesparing:

Door toepassing van magnesium in plaats van staal of aluminium worden constructies lichter. De autoindustrie heeft dat onderkent. Het lichtgewicht materiaal wordt bijvoorbeeld al toegepast in motoren, versnellingsbakonderdelen, stuurwielen en instrumentenpanelen. Het lagere gewicht maakt de auto's zuiniger en duurzamer. In de lucht- en ruimtevaart zet men de lichtgewicht kampioen in voor stoel frames, trolleys, containers en instrumentendragers. In de reddingssector zijn lichtgewicht gereedschappen in gebruik.



Extra functionaliteit door lichtgewicht:

Sommige producten zouden veiliger en beter kunnen worden. Maar door al die verbeteringen worden ze helaas wel zwaarder. En dát mag dan weer niet. Daardoor blijft alles bij het oude. Een lichtgewichtmateriaal doorbreekt deze impasse.

Verhogen nuttige last:

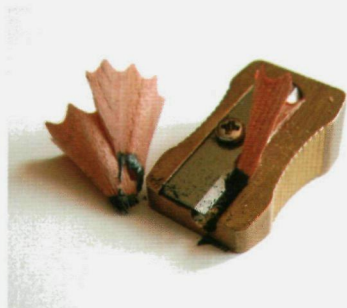
Trolleys, trailers, rekken, containers, laad- en lossystemen in de vervoerssector verminderen normaliter de nuttige last. Constructie van deze producten in magnesium maakt alles lichter, dus minder 'dood gewicht' leidt tot een verhoging van de beladingsgraad.

Dempingseigenschappen:

De dempingseigenschap wordt vaak met lichtgewicht gecombineerd. De fietsenindustrie heeft dan ook het oog laten vallen op dit materiaal en experimenteert met nieuwe fietsframes en onderdelen. Andere voorbeelden zijn al op de markt: sportartikelen (tennisrackets, skischoenen) en handgereedschappen (boormachines, heggenscharen).

Verbetering arbeidsomstandigheden:

Elke dag veel materiaal moeten versjouwen is geen ideale werkomstandigheid. Een te hoge tillast is een van de voornaamste oorzaak van klachten in ons bewegingsstelsel op latere leeftijd. "Producten als steigers, ladders, ziekenhuisbedden, brancards, tentconstructies, in het algemeen mobiele draagconstructies, hebben baat bij magnesium."

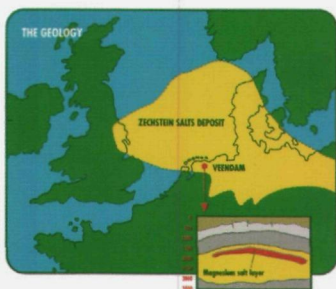


Iedereen heeft zijn potlood wel in magnesium slijper aangepunt

HOOFDSTUK 4

Kennis en industriële initiatieven

Nederland heeft in noord Groningen (Veendam) hoogwaardige magnesiumhoudende zouten in de grond waaruit men primair magnesium zou kunnen vervaardigen. Het is dan ook een geweldige ambitie om van ons land een metaalleverancier te maken. Er wordt nu al magnesiumchloride gewonnen voor andere doeleinden. De plannen om een fabriek te bouwen voor de verwerking tot primair magnesium liggen helemaal gereed. De prijs van primair magnesium op de wereldmarkt is de afgelopen jaren echter sterk gedaald zodat men om economische redenen nog niet tot bouwen is overgegaan. Stap voor stap worden initiatieven genomen om de hele infrastructuurle keten rond te maken:



Hoogwaardige magnesium zoutafzetting
in Veendam

van de productie van primair magnesium, de verwerkingsindustrie van gieten en extrusie tot het recycleren van schrot.

Overheid en branchepartijen beschouwen de productie, verwerking en toepassing van magnesium als één der belangrijke innovatieve groeimogelijkheden van de Nederlandse maakindustrie. Dat betekent dat bedrijven met een eigen eindproduct, productontwikkelaars en ontwerpers dit fraaie materiaal nog moeten omhelzen. In de praktijk moet er soms onderzocht worden of die ene specifieke toepassing wel echt geschikt is.

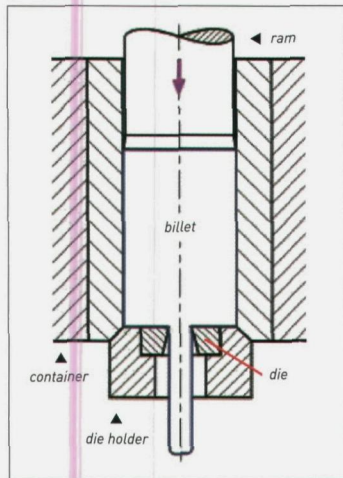
Deskundigen en marktpartijen leggen hun kennis en creativiteit bij elkaar, schatten de kansen in, vertrouwen in de toekomst en gaan samen over tot actie. Soms is dat een tijdrovende maar in ieder geval een interessante uitdaging. De eerste aanzetten zijn er.

Over de infrastructurele keten zijn diverse onderzoeken gaande, enkele industriële initiatieven zijn al uitgevoerd of wachten op het goede moment om van start te gaan. Een kleine, en zeker onvolledige opsomming:
Onderzoeksprojecten IOP. Een eerste project gaat op zoek naar recycleerbare oppervlaktebehandelingen voor magnesium. Dit samenwerkingsverband tussen TNO en de Universiteit van Delft heeft ook een tweede IOP onder handen. Dat richt zich op verbeteren van de oppervlaktekwaliteit van magnesium extrusies.

Industriële initiatieven vinden plaats in Delfzijl op het 'Metal Park'. Gerealiseerd is inmiddels een recycleerfabriek die 10.000 ton aan magnesiumlegeringen op de markt brengt. De toepassing richten zich voornamelijk op de aluminiumindustrie en de gietwereld. Eveneens op het Metal Park bezint men zich op de bouw van een billetgieterij voor de extrusie-industrie. En in Veendam verricht men studies om de zoutwinning te gebruiken voor de levering van primair magnesium.

Stand der techniek

Magnesium wordt vooral gezien als concurrent van ander lichtgewicht materialen zoals aluminium en composieten. Hieronder volgt een vergelijking met aluminium. Om magnesium toe te passen geldt in het algemeen dat er geen extra investeringen of vaardigheden worden vereist. Wat met aluminium kan, kan met magnesium meestal ook. Soms beter en sneller, maar in ieder geval lichter. Soms vraagt het extra aandacht, een andere keer om specifieke maatregelen. In vogelvlucht zeilen we door technologieën en bewerkingsgroepen.



Conventionele extrusie van magnesium

Gieten:

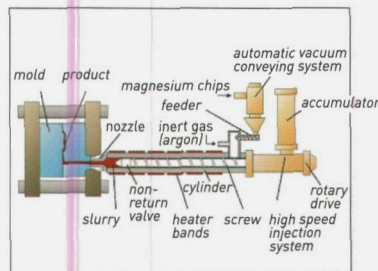
De technologie komt sterk overeen met die voor aluminium maar vergt bijzondere voorzieningen. De magnesiumdamp in de oven ontvlamt namelijk gemakkelijk. Om deze reden is het voor de veiligheid nodig met een schutgas te werken. Gieten is overigens een van de meest voorkomende verwerkingsmanieren van magnesium. De technologie is al redelijk ver ontwikkeld en 'state of the art' te noemen.

Extrusie:

Minder gebruikelijk maar sterk in opkomst is extrusie. Met een normale extrusiepers kan zowel aluminium als magnesium worden geëxtrudeerd. Het proces verloopt over het algemeen wel langzamer en de beheersing van het proces vergt meer aandacht. De gehele extrusieketen is op het moment sterk in ontwikkeling.

Thixomolding:

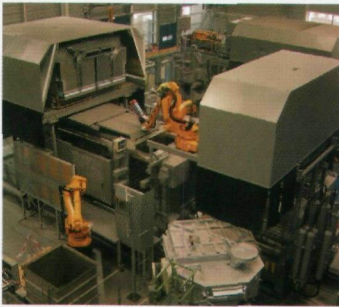
Dit is het spuitgieten van magnesium dat het best te vergelijken is met het conventioneel spuitgieten van kunststof. Als ingangsmateriaal worden magnesium granulaat gebruikt dat in een schroefspindel wordt opgewarmd tot in het smelttraject (tot ongeveer 40% vast en 60% vloeibaar). Onder invloed van afschuiving en temperatuur krijgt het materiaal bijzonder goede vloeieigenschappen (thixotrop gedrag) en wordt het in een matrices geperst. Het levert bijzondere producten met hoge detailnauwkeurigheid, nauwelijks porositeit en krimp, dunne wanden (tot 0,5 mm) en uitstekende mechanische eigenschappen.



Thixomolding

Verspanende bewerkingen:

Verspanen gaat uitstekend: sneller en makkelijker. Het materiaal kan snel in hoge volumes worden verspaand. Voor kleinschalige productie is droogverspanen



Magnesium gieten bij
Brabant Alucast Products



Magnesiumbrand

het gemakkelijkst. Wel moeten dan de veiligheidvoorschriften in acht worden genomen. Waterdragende koelvloeistoffen worden afgeraden omdat magnesium en water reageert tot waterstof. Om deze reden moet nat magnesium in ieder geval geventileerd opgeslagen worden. Het tegelijk verspanen van staal is te ontraden. IJzerdeeltje kunnen verkleuringen veroorzaken op de bewerkingsvlakken.

Lassen:

Magnesium laat zich uitstekend lassen onder een beschermgas (TIG). Er ontstaat een fel wit licht en het materiaal is meer dun vloeibaar dan bij het TIG lassen van aluminium. MIG lassen vraagt om speciale apparatuur. Bijzonder is dat bij de meest gangbare magnesium legeringen (bijv. AZ31) na het lassen de sterkte behouden blijft op 90-95% van het oorspronkelijke materiaal.

Lijmen:

Het lijmen van magnesium is goed te vergelijken met het lijmen van aluminium. Voor een duurzame verbinding is een goede voorbehandeling essentieel. Vrijwel alle gangbare 'lijmen voor metaal' kunnen worden ingezet: epoxy, acrylaat, enz.

Buigen:

Bij kamertemperatuur neigt magnesium tot scheurvorming. Daardoor is het noodzakelijk bij geval van scherpe buigradii gebruik te maken van actief verwarmde gereedschappen. Dit vergt dus speciale voorzieningen van gereedschap.

Veiligheid:

Bij magnesium wordt meteen gedacht aan brandgevaar. Het gebruik van consumentenproducten met magnesium (mobiele elektronica, auto's, digitale camera's) brengt geen noemenswaardig extra gevaar of beperkingen met zich mee. Feitelijk probleem is de grote reactiviteit van gasvormig magnesium met zuurstof en de reactie van magnesium met water waarbij waterstof ontstaat. Concreet betekent dit dat opslag en verwerking van magnesium aan voorschriften is gebonden

Lichtgewicht construeren

Kan ik aluminium gewoonweg door magnesium vervangen? Nee, zo eenvoudig is het nu ook weer niet. Ieder materiaal heeft z'n specifieke eigenschappen. Net zo als men staal niet één op één door aluminium vervangt doet men dat ook niet met magnesium. Het vergt een herontwerp van de constructie.

In vergelijking met andere constructiemetalen heeft magnesium afwijkende:

- mechanische eigenschappen (sterk legeringsafhankelijk)
- fysische eigenschappen
- verwerkingsmethoden – hierdoor wijken de ontwerpregels af van andere materialen
- corrosiegedrag en oppervlaktebescherming

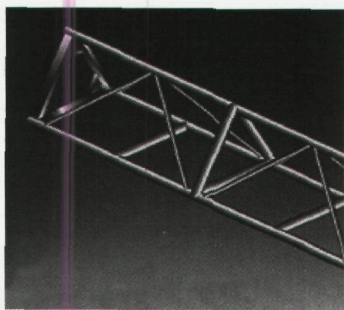
Magnesium biedt lichtgewicht potentieel. Dit kan worden afgeleid door een aantal basiseigenschappen van constructiemetalen te vergelijken. In vergelijking met aluminium en staal is de ratio elasticiteit / gewicht gelijk, maar de ratio sterkte / gewicht veel hoger.

Stijfheid

Magnesium heeft een lagere stijfheid dan aluminium en staal. De stijfheid / gewicht verhouding voor deze drie metalen is echter dezelfde. Om een constructie gelijke stijfheid te geven als een stalen of aluminium variant, waarbij gewichtbesparing essentieel is, is meer constructieruimte nodig. De ondergrens van wanddiktes van componenten worden vaak bepaald door het verwerkingsproces (zoals extrusie en gieten). Wil men een profiel of gietdeel even stijf construeren als de stalen of aluminium variant dan moet het traagheidsmoment worden vergroot om de lagere elasticiteit te compenseren. Het meest eenvoudige voorbeeld is een buis. Bijvoorbeeld een aluminium buis van 48 x 1 mm (met een gewicht van 0,40 kg/m) moet worden herontworpen in magnesium waarbij de buigstijfheid niet mag veranderen. Als ondergrens voor de wanddikte vanuit het maakproces wordt aangenomen dat de minimale wanddikte 1 mm bedraagt. Een magnesium buis met gelijke buigstijfheid heeft een afmeting van 53,6 x 1 mm en het gewicht bedraagt 0,30 kg/m. Dit betekent dat met de overstap van aluminium naar magnesium een gewichtbesparing is bereikt van 25%.

Sterkte

De veel toegepaste magnesium kneedlegering AZ31 heeft een gelijke sterkte als de aluminium legering EN-AW 6061. Deze waarde geldt voor een belasting



een spaceframe van magnesium

op trek. Wordt een onderdeel echter op druk belast dan resulteert dit in een beduidend lagere waarde voor de vloeispanning. Hiermee dient rekening gehouden te worden. Een verschil tussen trek en drukspanning komt met name naar voren in kneedlegeringen die worden gebruikt voor plaat-, extrusies en smeeddelen. Voor gietdelen is verschil in vloeispanning onder trek en druk veel minder. Veel aluminium legeringen krijgen een warmtebehandeling om de mechanische eigenschappen te verbeteren. Bij de meest gangbare magnesium legeringen is dit niet het geval. Dit betekent als er gelast wordt waarbij warmte in het materiaal wordt ingebracht, dat het materiaal lokaal wordt zachtgegloeid. Bij aluminium doet dit de warmtebehandeling teniet met als gevolg een verlies aan mechanische eigenschappen. Bij de meest gangbare magnesium legeringen heeft dit nauwelijks effect. De sterkte wordt behouden op een niveau van 90-95%.

Corrosie en corrosiebescherming

Een ander belangrijk aspect bij het construeren in magnesium waarmee rekening dient worden gehouden is corrosie en corrosiebescherming. Magnesium heeft van nature een poreuze oxidehuid waardoor het tegen oppervlaktecorrosie minder goed bestand is dan aluminium – dit geldt voor een milieu met een lage pH-waarde, terwijl magnesium uitstekend presteert in alkalische milieus (bijvoorbeeld cement). De mate van corrosieweerstand is dus sterk afhankelijk van het medium waarin het zich bevindt en de gekozen magnesium legering.

In het algemeen kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt.

- De atmosferische corrosie van magnesium onderdelen is sterk afhankelijk zijn van het milieu waar het in geplaatst wordt en de toegepaste legering.
- Magnesium is met name voor galvanische corrosie gevoelig. Galvanische corrosie treedt op bij contact van magnesium met een ongelijksoortig metaal bij aanwezigheid van een elektrolyt (vaak waterige oplossing), bijvoorbeeld een verbinding in een onbeschermde magnesium constructie met stalen bout onder invloed van regenwater. Eén van de mogelijke oplossingen die hiervoor worden genoemd is het toepassen van aluminium bevestigingsmiddelen van specifieke legeringen. Dit mag vooralsnog niet worden opgevat als algemene richtlijn dat aluminium bevestigingsmiddelen in magnesium constructies nooit tot problemen zullen leiden.
- Er bestaan inmiddels oppervlaktebehandelingen die de corrosieweerstand (en slijtageweerstand) van het magnesium verbeteren. Dit kunnen zijn anodiseer en keramische coatings, maar ook chemische voorbehandelingen in combinatie met poedercoaten of natlakken. Of deze ook geschikt zijn voor de beoogde toepassing zal per geval moeten worden beoordeeld.

Fysische en typische mechanische eigenschappen

Tabel 1: Mechanische eigenschappen aluminium en magnesium bij kamer temperatuur

Materiaal	Magnesium	Magnesium	Magnesium	Aluminium	Aluminium
	AZ31B-F	AZ61A-F	ZK60-T5	AA6063-T6	AA7075-T6
Dichtheid [kg/m ³]	1800	1800	1800	2750	2750
E-modulus [GPa]	40	40	40	70	70
Treksterkte [Mpa]	255	305	365	241	524
Vloeigrens [Mpa] bij trekbelasting	200	205	303	214	462
Vloeigrens [Mpa] bij drukbelasting	97	130	248	-	-
A50 [%]	14	12	11	12	11

Bron: ASM Specialty Handbook "Magnesium and Magnesium Alloys" (1999)

Tabel 2: Fysische eigenschappen van ongelegeerd magnesium, aluminium en staal

Eigenschap	Eenheid	Magnesium	Aluminium	Staal
Soortelijk gewicht	kg/m ³	1738	2700	7870
Smeltpunt	°C	650	652	1535
Kookpunt	°C	1090	2200	3000
Warmtecapaciteit	J/kgK	1025	896	472
Warmtegeleiding	W/mK	156	154	50,7
Elektrische weerstand	nOhm.m	44,5	43,2	174

Classificatie van magnesiumlegeringen

Magnesium wordt over het algemeen gelegeerd met andere elementen om het specifieke eigenschappen te geven. De aanduiding van commercieel verkrijgbare legeringen worden gebaseerd op combinaties met onderstaande tabel. Daarbij geven de eerste twee letters de twee hoofdlegeringselementen weer, gevolgd door een cijfercombinatie van afgeronde gewichtspercentages. Deze combinatie kan nog gevolgd door een typeaanduiding en een aanduiding van de leverings-toestand (laatste twee niet in tabel). Zo bevat legering AZ31 3% aluminium, 1% zink.

Legeringselementen van magnesium en hun effect

A	Aluminium	Heeft hoge oplosbaarheid Verbeterd sterkte, vermindert ductiliteit Verbeterd gietbaarheid Verbeterd weerstand tegen corrosie Maakt warmtebehandeling mogelijk (aluminium concentratie >6%)
C	Koper	
E	Zeldzame aarde	Verbeterd de eigenschappen bij verhoogde temperatuur Precipitatie warmtebehandelbare legeringen
H	Thorium	
K	Zirconium	Bevordert sterkte korrelverfijning van de kristalstructuur. Is als legeringselement niet te gebruiken in combinatie met aluminium of mangaan
L	Lithium	
M	Mangaan	Heeft lage oplosbaarheid Verbeterd weerstand tegen corrosie, verhoogt vloeigrens
Q	Zilver	
S	Silicium	
W	Yttrium	
Z	Zink	Verbeterd sterkte (in combinatie met aluminium) In combinatie met zirkonium wordt een warmtebehandelbare legering gevormd

Nuttige adressen om verder met magnesium te komen

Voorlichting

Syntens

J.F. Kennedylaan 2
5612 AB Eindhoven
Website: syntens.nl

Jan Jager
Email: jgr@syntens.nl
040 - 239 41 00

Applicatiekennis

TNO Industrie en Techniek

De Rondom 1
5612 AP Eindhoven
Website: tno.nl

Paul Veltmans
Email: paul.veltmans@tno.nl
040 - 265 04 76

Promotie

Industrieel Magnesium Platform

Boerhaavelaan 40 (wijk 13)
2713 HX Zoetermeer
Website: vnmi.nl

Piet-Jan Vet
Email: piet-jan.vet@zinifex.com
0495 - 51 24 00

Extrusie

Boal FINEX

Duizeldonksestraat 20
5705 CA Helmond
Website: boalgroup.com

P.M. Erens
Email: p.erens@boalgroup.com
0492 - 59 85 10

Hydrex

Veerweg 14
5145 NS Waalwijk
Website: outokumpu.com

Pieter Hoogendam
Email: pieter.hoogendam@outokumpu.com
0416 - 67 50 01

Nedal Aluminium BV

Groenewoudsedijk 1
3528 GB Utrecht
Website: nedal.nl

Andrew den Bakker
Email: andrewdenbakker@nedal.nl
030 - 292 57 85

S spuitgieten

Brabant Alucast Products BV

Rijnstraat 19

5347 KL Oss

Website: brabantalucast.com

Rinus van der Neut

041 - 68 14 44

Verspaning

Brabant Components BV

Rijnstraat 27

5347 KL Oss

Website: brabantcomponents.com

Frank Kevenaer

0412 - 68 14 44

Thixomolding

Thixotech Europe BV

Musicalstraat 16

1323 VP Almere

Website: thixotech-europe.com

Dragutan Vujanovic

036 - 546 86 33

Email: d.vujanovic@thixotech-europe.com

Stichting MagTech Flevoland

Musicalstraat 16

1323 VP Almere

Website: magtech-flevoland.nl

Dragutan Vujanovic

036 - 546 86 33

Email: d.vujanovic@thixotech-europe.com

Oppervlaktebehandeling

Galvano Techniek Coumans - Schoutrop BV

Nijverheidsweg 4

6171AZ Stein

Roeland Coumans

Email: info@ceratechnics.nl

046 - 426 01 26

Profiel bewerken

Machinefabriek Van der Hoorn

Emopad 11

5663 PA Geldrop

Website: vanderhoorn.nl

Lars van der Hoorn

E-mail: info@vanderhoorn.nl

040 - 285 59 06



Syntens

J.F. Kennedylaan 2
5612 AB Eindhoven
Tel. 040 - 239 41 00
www.syntens.nl



TNO Industrie en Techniek

De Rondom 1
5612 AP Eindhoven
Tel. 040 - 265 04 76
www.tno.nl

