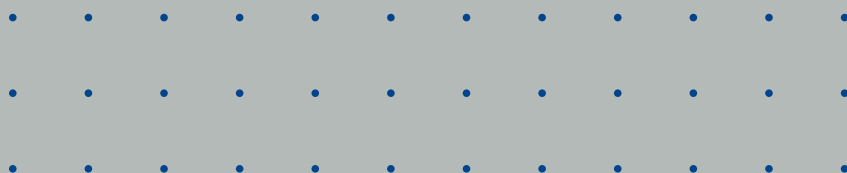
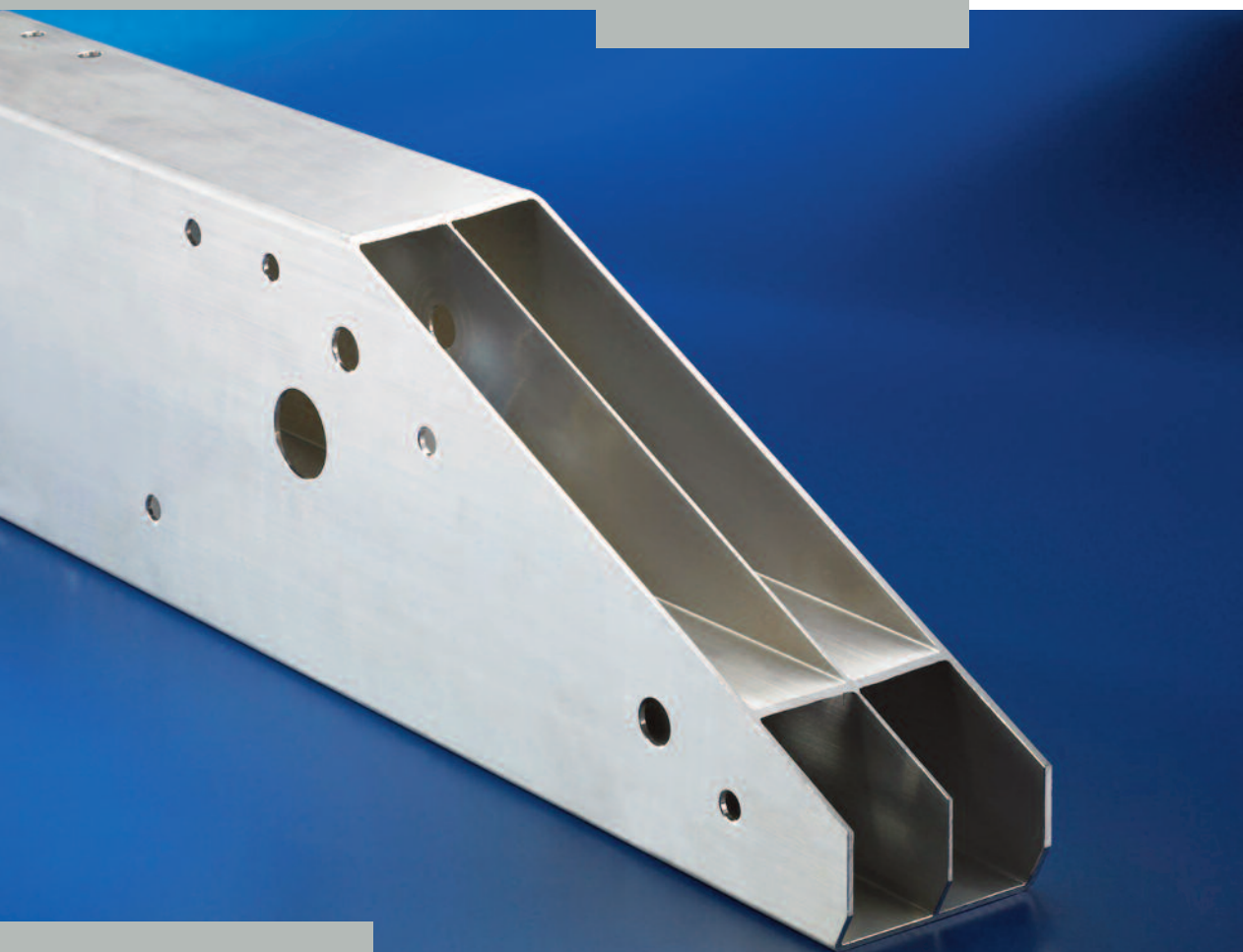


Sonderdruck Aluminium-Strangpressprofile für den Automobilbau

Special Extruded aluminium profiles for the automotive engineering



OTTO FUCHS KG

Wir bringen Hochleistungswerkstoffe in
Form und Funktion

We give form and function to high performance
materials

Aluminiumstrangpressprofile für den Automobilbau - neue Lösungen zum verbesserten Leichtbau

Extruded aluminium profiles for the automotive engineering - new solutions for improved lightweight construction

Die stetig steigenden Anforderungen bei der Entwicklung neuer Fahrzeuggenerationen beflügeln sowohl die Entwicklung als auch den Wettbewerb moderner Konstruktionswerkstoffe. Einen besonderen Stellenwert nimmt der automobiler Leichtbau ein, da die Forderung nach Verbrauchs- und damit vor allem Gewichtsreduzierung heute drängender denn je geäußert wird. Die neueste Gesetzgebung der Europäischen Union, die zur Absenkung der CO₂-Emissionen feste Grenzwerte für Fahrzeugemissionen sowie Strafsteuern bei Überschreitung der Werte festgelegt hat, stellt dabei eine ganz neue Herausforderung an den Leichtbau dar. Sie eröffnet den Leichtbauwerkstoffen dadurch aber auch neue Chancen.

Die OTTO FUCHS KG aus Meinerzhagen, die bereits seit den 1930er Jahren die Entwicklung und Verarbeitung von Leichtbauwerkstoffen durch Schmieden und Strangpressen auf ihre Fahnen geschrieben hat, leistet heute mehr denn je ihren Beitrag zur Weiterentwicklung von Aluminiumwerkstoffen und stranggepressten Profilkomponenten in diesem wettbewerbsintensiven Umfeld. Ein besonderer Schwerpunkt lag in den letzten Jahren auf vier Projekten mit unterschiedlichen Forderungen bzw. Zielen: gesteigerte statische Festigkeit bis F50 bei gleichzeitig hoher Korrosionsbeständigkeit, höchste statische Festigkeit bis 700 MPa, Crashfähigkeit bei erhöhter Festigkeit bis F31 sowie komplexe Mehrkammerprofile mit statischer Festigkeit größer F33 und schadenstoleranten Eigenschaften. Die Legierungen und die Profilverfertigung mit hohen Anforderungen an die Prozessauslegung und -kontrolle werden nachfolgend ausführlich dargestellt. Die verbesserten und neuartigen Eigenschaften der Profile werden beschrieben und das Leistungspotenzial in der Anwendung wird aufgezeigt.

Komponenten aus stranggepressten Aluminiumprofilen haben sich in zahlreichen Anwendungen in der Automobilindustrie fest etabliert. Die Warmumformung gewährleistet eine poren- und lunkerfreie Struktur. In Verbindung mit dem Umformungsgefüge verleiht sie den Komponenten nach der Wärmebehandlung ausgezeichnete statische und dynamische Festigkeitswerte in Kombination mit guter Duktilität und Zähigkeit. Mit dieser Eigenschaftskombination grenzen sich die stranggepressten Komponenten deutlich von gegossenen Teilen ab und haben sich insbesondere in sicherheitsrelevanten Einsatzbereichen bewährt.

Die Forderungen nach noch leichter Bauweise [1] und nach erhöhter Energieabsorption im Crashfall zeigen allerdings, dass diese Anforderungen mit den Eigenschaften der heute vorliegenden Legierungen nicht mehr in allen Fällen erfüllt werden können. Gleichzeitig machen moderne Alternativmaterialien wie faserver-

Ever-increasing demands resulting from the development of new vehicle generations have initiated both for the development of modern constructional materials as well as for the competition between them. Lightweight construction is particularly important in the car industry because today the expressed demand for reduced fuel consumption, and thus above all weight reduction, is more pressing than ever. Here, the latest legislation from the European Union, which lays down fixed limits for vehicle emissions to reduce CO₂ emissions, and penalty taxes if these limits are exceeded, presents a complete new challenge for lightweight construction. It also opens up new opportunities, however, for the materials used.

Otto Fuchs KG based in Meinerzhagen, Germany, has been committed to the development and processing of lightweight materials by forging and extrusion since the 1930s. Today, more than ever before, the company is making important contributions to the further development of aluminium alloys and extruded components in this intensely competitive environment. There was particular focus in recent years on four projects with different demands or objectives: an alloy with tensile strength of up to 500 MPa coupled with high corrosion resistance; an alloy with the highest possible tensile strength, up to 700 MPa; an alloy with crash capability and tensile strength classes of up to 305 MPa; and complex multichamber profiles with tensile strengths greater than 330 MPa and damage-tolerant properties. The alloys and the manufacturing of the profiles, which places high demands on the layout and control of the process, are described in detail below. The improved and unique properties of the profiles are described together with their practical capabilities.

Components made from extruded aluminium profiles are already well established in numerous applications in the car industry. Hot working guarantees a structure that is free from pores and shrinkage cavities. This fact coupled with the deformation structure means that the components have excellent static and dynamic strength in combination with good ductility and toughness after heat treatment. With this combination of mechanical properties, extruded components clearly distinguish themselves from cast parts and have proven themselves in particular for safety-critical applications.

The demands for an even lighter design [1] and enhanced energy absorption in the event of a crash demonstrate, however, that these demands can no longer be satisfied in every case by the al

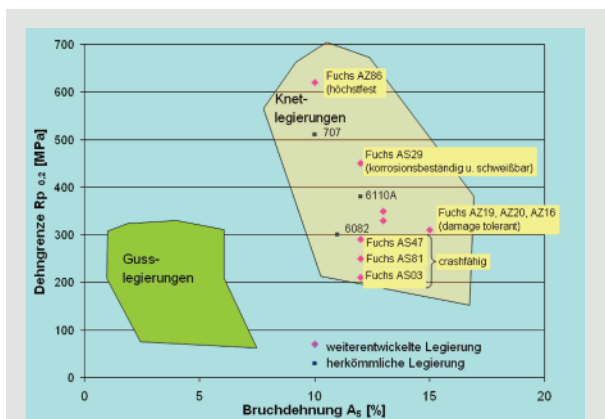


Abb. 1: Dehngrenze und Bruchdehnung der weiterentwickelten Legierungen im Vergleich zu herkömmlichen Knet- und Gusslegierungen (Werte der Knetlegierungen: L-Richtung von Profilen)

Fig. 1: Yield strength and elongation at fracture of the newly developed alloys compared with conventional wrought and cast alloys (values for the wrought alloys: L-direction of profiles)

stärkte Kunststoffe oder höchstfeste dünnwandige Stähle dem Leichtmetall Aluminium zunehmend Konkurrenz. Im Folgenden werden innovative legierungs- und verfahrenstechnische Entwicklungen vorgestellt, die aufgrund der erzielten verbesserten Eigenschaften zeigen, dass auch für die nächste Fahrzeuggeneration Komponenten aus strang- gepressten Aluminiumprofilen die bestgeeignete Lösung sind. Als Ergebnis einer produktspezifischen Werkstoffentwicklung werden vier Beispiele vorgestellt, die sich im Vergleich zu den bisher vorliegenden Aluminiumwerkstoffen auszeichnen durch

- gesteigerte statische Festigkeit bis F50 und gleichzeitig hohe Korrosionsbeständigkeit (Fuchs-Legierung AS29)
- höchste statische Festigkeit bei Raumtemperatur (Fuchs-Legierung AZ86)
- Crashfähigkeit bei Festigkeiten bis F32 (Fuchs-Legierungen AS03, AS81, AS47)
- verbesserte Pressbarkeit bei komplexen Mehrkammerprofilen mit statischer Festigkeit größer F33 und schadenstoleranten Eigenschaften (Fuchs-Legierungen AZ19, AZ20 und AZ16).

Zur Veranschaulichung sind die verschiedenen Legierungen mit ihren Dehngrenzen und Bruchdehnungen im Vergleich zu existierenden Knetlegierungen und Gusslegierungen in Abb. 1 dargestellt.

Gesteigerte statische Festigkeit bis F50 bei hoher Korrosionsbeständigkeit

Die Forderung nach vorgenannten Merkmalen liegt zum Beispiel für Profile von Lenkkomponenten (Abb. 2) vor. Zur schlankeren Dimensionierung sollen sie sich gegenüber der derzeitigen Ausführung durch circa zehn Prozent höhere Festigkeit auszeichnen, ohne dass die sicherheitsrelevanten Eigenschaften wie Duktilität, Korrosions- und Spannungsrissskorrosionsbeständigkeit und Temperaturbelastbarkeit beeinträchtigt werden.

Ausgangspunkt der Entwicklungen waren die bekannten Legierungen AlSi1MgMn und AlMg0,9Si0,9MnCu , die

alloys currently available. At the same time, modern alternative materials such as fibre-reinforced plastics or high-strength thin-gauge steels are posing an increasing threat to the light metal aluminium.

Subsequently, innovative alloy and process developments will be presented. The improvements in properties achieved show that components made from extruded aluminium profiles are also the right and most suitable solution for the next generation of vehicles. Four examples resulting from alloy-specific product development are presented; compared with the aluminium alloys previously used, these are characterised by

- increased tensile of up to 500 MPa combined with high corrosion resistance (Fuchs AS29 alloy)
- highest tensile strength at room temperature (Fuchs AZ86 alloy)
- crash capability at tensile strength classes up to 305 MPa (Fuchs AS03, AS81 and AS47 alloys)
- improved extrudability of complex multi-chamber profiles with tensile strength higher than 330 MPa and damage-tolerant properties (Fuchs AZ19, AZ20 and AZ16 alloys).

For illustration, the different alloys with their yield strengths and elongations to fracture are compared with existing wrought and cast alloys in Fig. 1.

Increase in tensile strength up to 500 MPa with high corrosion resistance

One example of the demand for the above-mentioned features are profiles for steering components (Fig. 2). They need to be about 10% stronger than the current design in order to reduce weight without loss in safety-relevant properties, such as ductility, resistance to corrosion and stress corrosion cracking, and thermal stability.

The starting point for the development work were the well-known alloys AlSi1MgMn and AlMg0,9Si0,9MnCu , which are included under the designations EN AW-6082 and EN AW-6110A [1] in the latest edition of the EN 573- 3 and EN 755-2 standards with tensile strengths up to 380 MPa.

By modifying the alloying content of the 6110A variant in combination with adjustments to the casting and extrusion process parameters, it was possible to achieve a further increase in strength, up to 490 MPa. This alloy has the company designation Fuchs AS29.

Typical strength values for two open profile variants made from Fuchs AS29 alloy with wall thicknesses of 1.6 to 40 mm



Abb. 2: Profilsegment für Lenkungsteil

Fig. 2: Profile segment for steering part



Abb. 3: Schwellerprofil für das AUDI TT Cabrio vor und nach Crashverformung
Fig. 3: Door sill profile for the AUDI TT convertible, before and after crash deformation

unter den Bezeichnungen EN AW-6082 und EN AW-6110A [1] in den neuesten Ausgaben der EN 573-3 und EN 755-2 für Festigkeitswerte bis F38 aufgeführt sind. Über eine neue Abstimmung der Legierungsgehalte in der Variante 6110A ist es in Verbindung mit einer Anpassung der gieß und presstechnischen Verfahrensparameter gelungen, eine weitere Festigkeitssteigerung auf F47 bis F49 zu erzielen. Die Legierung hat die Firmenbezeichnung „Fuchs AS29“. Typische Festigkeitswerte von zwei offenen Profilvarianten in der Legierung Fuchs AS29 mit Wanddicken von 1,6 bis 40 mm sind in Tabelle 1 aufgelistet.

	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅ (%)
Profil 1	478	492	12,5
Profil 2	449	474	12,6

Tabelle 1: Typische Festigkeitswerte von zwei Profilvarianten mit Wanddicken von 1,6 bis 40 mm

Die höchsten Werte von F49 der Variante 1 resultieren aus einer nadelförmigen Kornform und der damit verbundenen Textur, während Variante 2 mit immerhin noch F47 eine um circa fünf Prozent niedrigere Festigkeit aufgrund der Textur aus einer plattenförmigen Kornform aufweist.

Im Salzsprühtest über 492 h nach DIN 50021 (5% Salzsprühnebel bei 33 °C) ist keinerlei Korrosionsangriff zu verzeichnen. Das heißt, die Legierung kann in gleicher Weise wie die 1995 unter der Firmenbezeichnung „Fuchs AS28“ [2] eingeführte Variante 6110A ohne Korrosionsschutz eingesetzt werden.

Weiterhin erweist sich die Legierung bei Belastung mit 90 Prozent der Dehngrenze als absolut spannungsrissskorrosionsfest und dürfte für Lenkungs-komponenten auch in ungeschützten Bereichen des Motorraums eine interessante Lösung zur schlankeren Gestaltung sein. Auch nahtfreie Rohre können aus der Legierung auf einer Dornpresse gefertigt werden.

Im Hinblick auf die Verarbeitung zu Strukturen können Profile aus der Legierung AS29 im Zustand T4 problemlos Kaltverformungen wie Biegen unterzogen werden sowie über Laserschweißen mit belastungsfähigen

are listed in Table 1.

	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅ (%)
Profile 1	478	492	12,5
Profile 2	449	474	12,6

Table 1: Typical strength values of two profile variants with wall thickness from 1.6 to 40 mm

The highest tensile strength of 492 MPa for Profile 1 results from an acicular grain shape and the texture associated with it, whereas Profile 2 reveals lower tensile strength because of the texture of a plate-like grain shape, being about 5% lower but still with a tensile strength equivalent to the of 474 MPa.

No corrosive attack whatsoever was observed after 492 h in a salt spray test carried out in accordance with DIN 50021 (5% salt-spray fog at 33°C). This means that the alloy can be used without any additional corrosion protection in the same way as the 6110A variant, which was introduced in 1995 under the company designation Fuchs AS28 [2].

In addition, the alloy was completely resistant to stress corrosion cracking when loaded to 90% of the yield strength and could be an interesting solution for lightweight design of steering components even in the unprotected areas of the engine compartment. Seamless tubes can also be made from the alloy using a mandrel press.

With regard to fabrication of structures, profiles made from the AS29 alloy in the T4 temper can be subjected to cold working, such as bending without difficulty as well as joined by laser-beam welding to form structural elements with welds that can carry loads (already introduced into series production at Airbus for the airframe structure).

Highest static tensile strength

The AlZnMgCu type high strength aluminium alloys have been the basic alloys for use in aircraft construction for years. Only small amounts are used in cars because they need to be surface treated in order to provide protection against corrosion by moisture. But in the dry environment of the passenger compartment, such as for the steering lock or seat belt lock, they can withstand the high loads without being exposed to a corrosive environment for a prolonged period.

The strength potential of this type of alloy is not exhausted by typical alloys like 7075 as a further development at OTTO FUCHS has shown.

The approaches adopted were [3]

- an increase in the alloy content up to the limit

higen Schweißnähten zu Strukturelementen gefügt werden (in Serie bereits bei Airbus für die Flugzeugzellenstruktur eingeführt).

Höchste statische Festigkeit

Die hochfesten Aluminiumlegierungen vom Typ AlZnMgCu sind seit Jahren die Basislegierung im Flugzeugbau. Im Automobil werden nur kleine Mengen eingesetzt, da sie zum Schutz vor Korrosion bei Feuchtigkeit oberflächengeschützt werden müssen. Aber in trockener Umgebung im Fahrgastraum, wie beim Lenkschloss oder Gurtverschluss, können sie die hohen Kräfte aufnehmen, ohne dabei dauerhaft einer korrosiven Umgebung ausgesetzt zu sein. Dass mit der derzeit üblichen Legierung 7075 das Festigkeitspotenzial nicht erschöpft ist, wurde mit der Weiterentwicklung einer AlZnMgCu-Legierung gezeigt. Lösungsansätze [3] waren

- Anhebung des Legierungsgehaltes bis an die Löslichkeitsgrenze im festen Zustand bzw. an die Grenze der Gießbarkeit
- legierungsgerechte Pressparameter und -verfahren zur Entwicklung der geforderten Eigenschaften sowie angepasste Wärmebehandlungsparameter zur Einstellung der geforderten Eigenschaften.

Die vorgenannte Anforderungen wurden für offene Profile mit Wanddicken von 1,6 mm bis 50 mm als auch für nahtfreie Rohre umgesetzt. Die Tabelle 2 zeigt den mit vorgenannter Entwicklung erzielten Festigkeitsgewinn – die Legierung hat die Firmenbezeichnung „Fuchs AZ86“ – in Form von typischen Ist-Werten und der garantierten Mindestwerte im Vergleich zur herkömmlichen Legierung 7075. Aufgelistet sind typische Festigkeitseigenschaften von zwei Profilen mit Wanddicken von 1,6 mm (Profil 1) und 38 mm (Profil 2) sowie eines Rohrs.

Die Legierung AZ86 zeichnet sich demnach gegenüber 7075 durch mindestens 15 Prozent höhere Festigkeitswerte aus. Eine zweistufig ausgelegte Warmaushärtung verleiht ihr zudem im Unterschied zur einstufig ausgehärteten 7075 mit größer 400 MPa eine hohe Spannungsrisskorrosionsbeständigkeit.

Durch die erhöhte Festigkeit können die Komponenten im Vergleich zu solchen aus der herkömmlichen Legierung 7075 um bis zu 10 Prozent leichter ausgelegt werden. Während die Anwendung in Automobilkomponenten noch am Anfang steht, wird dieser Vorteil zum Beispiel bei hoch-

- of solid solubility or the limit of castability
- alloy-relevant extrusion parameters and processes for developing the required properties as well as adjustment of the heat treatment parameters to obtain the required properties.

The above-mentioned requirements were fulfilled for open profiles with wall thicknesses from 1.6 to 50 mm as well as for seamless tube. Table 2 shows the strength improvement achieved by the above-mentioned development – the alloy has the company designation Fuchs AZ86 – in the form of typical actual values and the guaranteed minimum values compared with the conventional 7075 alloy. Typical strength properties are shown for two profiles with wall thicknesses of 1.6 mm (Profile 1) and 38 mm (Profile 2) as well as for a tube.

According to this, the AZ86 alloy exhibits an at least 15% higher strength than 7075. In addition, a two-stage artificial ageing treatment gives a high resistance to stress corrosion cracking in excess of 400 MPa, in contrast to the single-stage age hardened 7075.

Thanks to the increased tensile strength, components can be designed to be 10% lighter than those made from conventional 7075 alloy. Although the use of this alloy in car components is still in its infancy, this benefit is increasingly being used, for example, in high-grade sports equipment such as bicycle parts.

Crash capability at tensile strengths up to classes of 305 MPa

In addition to making multi-chamber profiles from conventional 6000-series alloys for use in car making, Otto Fuchs started development on special ‘crash alloys’. In 2004 Audi, the car producer, required profiles made from this type of alloy to be capable of being compressed to a third of their original length when subjected to uniform loading. The company became a supplier of structural profiles for use in the car body four years ago with a Fuchs AS03 variant, which is characterised by the F22 temper or C20 classification (see Table 3). Fig. 3 illustrates what is required in the case of a crash using as an example a door sill profile made from Fuchs AS03 alloy for the Audi TT convertible, shown before and after crash loading.

The demands for crash-relevant alloys with higher strength have grown with the development of new car

Legierung Alloy	Zustand Temper	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅ (%)	SRK/ SCC (MPa)	Korrosionsanfälligkeit Susceptibility to corrosion
7075 (Soll/nominal)	T6	> 485	> 540	7	-	mittel / average
Fuchs AZ86 (Soll/nominal)	T76511	> 570	> 620	7	> 400	mittel / average
Fuchs AZ86 (Profil1/profile1)	T76511	611	646	11	> 400	mittel / average
Fuchs AZ86 (Profil2/profile2)	T76511	642	682	10	> 400	mittel / average
Fuchs AZ86 (Rohr/tube)	T76511	605	643	10	> 400	mittel / average

Tab. 2: Soll- und Ist-Werte von Profilen aus Fuchs AZ86 mit 1,6 mm bis 38 mm Wanddicke im Vergleich zu Profilen aus der herkömmlichen Legierung 7075

Fig. 3: Nominal and actual values for profiles made from Fuchs AZ86 with wall thicknesses from 1.6 to 38 mm compared with profiles made from the conventional 7075 alloy

wertigem Sportgerät wie Fahrradkomponenten immer mehr genutzt.

Crashfähigkeit bei Festigkeiten bis F32

In Ergänzung zu Mehrkammerprofilen aus konventionellen 6000er-Legierungen für den Automobilbau hat OTTO FUCHS im Jahr 2004 die Entwicklung von besonderen „Crashlegierungen“ aufgenommen. Der Autohersteller Audi fordert von Profilen aus diesem Legierungstyp, dass sie sich unter gleichmäßiger Kraftaufnahme auf ein Drittel ihrer ursprünglichen Länge stauchen lassen. Mit einer Variante „Fuchs AS03“, die sich durch F22 bzw. C20 (s. Tab. 3) auszeichnet, wurde man vor vier Jahren Serienlieferant für Strukturprofile im Anwendungsbereich Karosse-

models in recent years [4].

Starting with the AS03 variant, constitutional diagram calculations were carried out to create the basis for additional alloy compositions, numerous variants of which were cast on a real scale in an in-house pilotcasting facility. The new compositions made it necessary to modify and optimise the parameters for homogenisation, extrusion and heat treatment in several test runs. This resulted in two additional alloys with the designations Fuchs AS81 and Fuchs AS47, each of which distinguished itself in the required crash behaviour, with 40 MPa higher strength in each case.

The nominal values required and typical actual values for multi-chamber profiles made from the three currently available variants of the 'crash' family of alloys are listed in Table 3. Further variants with higher tensile strength are under development.

In addition to the tensile strength and crash properties shown, the alloys have to exhibit good thermal stability. In view of the painting process used, the tensile strength has to exhibit short-term thermal stability for more than 1 hour at 205°C. Furthermore, it also has to exhibit long-term thermal stability for more than 1000 hours at 150°C. All of these requirements are satisfied by the profiles listed in the table.

Achieving the above-mentioned properties requires maintaining the tightest possible process windows during extrusion: beginning with the billet temperature through to cooling down the extruded profile on the run-out table with spray cooling whose rate of heat extraction is adjusted precisely to the profile. This could not be achieved with conventional cooling and required investment in a forced air/water spray cooling system whose jets can be controlled individually. Being able to regulate the cooling rate over a wide range is necessary to fulfil the conflicting requirements for good crash behaviour as a result rapid cooling and high stability of the typically complex multi-chamber profiles by means of uniform gentle cooling. For particularly thin-gauge designs with a large circumscribing circle, a process window was found for the AS81 alloy that allowed the required properties for Class C20 to be obtained with moderate air cooling on the run-out.

The above-mentioned development provided the prerequisites for enabling profiles to be produced in a broad variety of shapes. Thus, amongst other things, Otto Fuchs supplies 36 different profiles for the Audi R8 sports car.

more, it also has to exhibit long-term thermal stability for more than 1000 hours at 150°C. All of these requirements are satisfied by the profiles listed in the table.

The above-mentioned development provided the prerequisites for enabling profiles to be produced in a broad variety of shapes. Thus, amongst other things, Otto Fuchs supplies 36 different profiles for the Audi R8 sports car.

Legierung / Zustand Alloy / temper	Klasse ¹ Class ¹	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅ (%)
AS 03.92/AS 81.74 (Soll/nominal)	C20	200 - 240	≥ 220	≥ 11
AS 81.90 (Soll/nominal)	C24	241 - 280	≥ 260	≥ 10
AS 47.90 (typisch/typical)	C28	281 - 330	≥ 305	≥ 10
AS 03.92 (typisch/typical)	C20	229	250	12.5
AS 81.90 (typisch/typical)	C24	267	299	13.3
AS 47.90 (typisch/typical)	C28	304	339	14.1

¹ Klassifikation nach AUDI-Norm [5]
Classification according AUDI standard [5]

Tabelle 3: Normvorgaben der Firma AUDI und Ist-Werte von Profilen aus Fuchs-Crashlegierungen
Table 3: AUDI specification and actual values for profiles made from Fuchs crash alloys

rie. Die für den Crashfall geforderte Eigenschaft zeigt anschaulich Abbildung 3 am Beispiel eines Schwellerprofils für das Audi TT Cabrio aus der Legierung Fuchs AS03 vor und nach einer Crashbelastung.

Mit der Entwicklung neuer Fahrzeugmodelle sind in den letzten Jahren [4] auch die Anforderungen an crashrelevante Legierungen in Richtung höherer Festigkeitswerte gestiegen.

Ausgehend von der Variante AS03 wurde über konstitutionelle Berechnungen die Basis für weitere Legierungszusammensetzungen geschaffen, die in zahlreichen Varianten auf der hauseigenen Versuchsgießanlage im Realmaßstab abgegossen wurden. Die neuen Zusammensetzungen machten es erforderlich, die Homogenisierungs-, Press- und Wärmebehandlungsparameter in mehreren Versuchsläufen anzupassen und zu optimieren. Es entstanden zwei weitere Legierungen mit der Bezeichnung „Fuchs AS81“ und „Fuchs AS47“, die sich bei gefordertem Crashverhalten durch jeweils 40 MPa höhere Festigkeit auszeichnen.

Die geforderten Soll-Werte und typischen Ist-Werte von Mehrkammerprofilen aus den bis jetzt vorliegenden drei Varianten der „Crash“-Legierungsfamilie sind in Tabelle 3 aufgelistet. Weitere Varianten mit höherer Festigkeit sind in der Entwicklung.

Über die dargestellten Festigkeits- und Crasheigenschaften hinaus müssen die Legierungen eine gute Wärmestabilität aufweisen. Im Hinblick auf den Lak-

-kiervorgang wird eine Kurzzeitwärmestabilität der Festigkeit über 1 Stunde bei 205 °C verlangt. Weiterhin wird eine Langzeittemperaturstabilität der Festigkeit über 1.000 Stunden bei 150 °C gefordert. Alle Forderungen werden von den in der Tabelle aufgelisteten Profilen erfüllt.

Die Einstellung der vorgenannten Eigenschaften erfordert die Einhaltung enger Verfahrensfenster beim Strangpressen: beginnend mit der Bolzentemperatur bis hin zur Abkühlung des Stranges aus der Presshitze auf dem Auslauf durch eine in der Wärmeabfuhr exakt an das Profil angepasste Sprühkühlung. Dies war mit der herkömmlichen Abkühlung nicht umzusetzen, sondern erforderte die Investition in eine Intensivluft-/Wassersprühkühlung, deren Düsen einzeln angesteuert werden können. Die in weiten Grenzen regelbare Abkühlgeschwindigkeit ist erforderlich, um den gegenläufigen Forderungen nach gutem Crashverhalten durch schnelle Abkühlung und nach hoher Formstabilität der typischerweise komplexen Mehrkammerprofile durch gleichmäßig milde Abkühlung nachzukommen. Für besonders dünnwandige Ausführungen mit großem umschriebenem Kreis wurde für die Legierung AS81 ein Verfahrensfenster gefunden, die geforderten Eigenschaften für die Klasse C20 auch mit einer moderaten Luftabkühlung auf dem Auslauf einzustellen. Über die vorgenannte Entwicklung wurden die Voraussetzungen für die Machbarkeit von Profilen in einer weiten Formenvielfalt geschaffen. So liefert OTTO FUCHS unter anderem 36 Profile für den Sportwagen Audi R8.

Komplexe Mehrkammerprofile mit verbesserter Verpressbarkeit und hoher Festigkeit / Duktilität

In einem weiteren Projekt wurden die Legierungen Fuchs AZ14 (7020 bzw. 7005) im Hinblick auf verbesserte Verarbeitungseigenschaften und höhere Duktilität optimiert. Die vorgenannten Legierungen werden bevorzugt in geschweißten Strukturen eingesetzt, da sie nach dem Schweißen wieder auf hohe Festigkeit aushärten. Bei Verarbeitung durch Strangpressen stellte sich die hohe Formänderungsfestigkeit als Handicap für die Fertigung von Mehrkammerhohlprofilen dar.

Als Lösungsansatz wurden systematisch die Gehalte der Legierungselemente modifiziert, die Homogenisierungsparameter angepasst und die Pressparameter optimiert.

Ergebnis sind neben Fuchs AZ14 (7020) drei weitere Legierungsvarianten unter der Bezeichnung Fuchs AZ20 (F35), AZ19 (F33) und AZ16 (F38), die profilspezifisch eingesetzt werden, zum Beispiel AZ19 für Mehrkammerhohlprofile (Abb. 4) mit kleinen Wanddicken, wobei gerade diese Legierungsvariante sich im Zustand T6 durch ausgesprochen hohe Duktilitätswerte von > 14% auszeichnet.

Die Legierungen AZ20 und AZ16 werden aufgrund ihrer Eigenschaftscharakteristik im Fahrzeug für hoch belastete Mehrkammerführungsprofile wie den Überrollschutz in Cabrios, den Seitenaufprallträger, den Stoßfänger und auch andere hoch belastete Komponenten im Innenraum eingesetzt. Die genannten Legierungen können wegen fehlender Hochtemperaturstabilität nicht klassisch lackiert werden. Wegen der hohen Korrosionsbeständigkeit können sie jedoch ohne Oberflächenschutz verbaut werden.

Complex multi-chamber profiles with improved extrudability and high strength / ductility

In another project, Fuchs AZ14 alloys (7020 or 7005) were optimised with respect to improved processing properties and higher ductility. The above-mentioned alloys are used preferentially in welded structures because ageing after welding results in a high tensile strength.

The high flow stress of the alloys is a handicap to producing multi-chamber hollow profiles using extrusion.

In order to solve this problem, the alloying element contents were systematically modified, the homogenisation parameters were adjusted accordingly and the extrusion parameters were optimised.

In addition to Fuchs AZ14 (7020), this resulted in three additional alloy variants – designated Fuchs AZ20 (F35), AZ19 (F33) and AZ16 (F38) – that can be used as profiles, for example AZ19 for multi-chamber hollow profiles (Fig. 4) with small wall thicknesses, whereby in the T6 temper this alloy variant excels with its particularly high ductility of > 14%.

Because of their characteristic properties, the AZ20 and AZ16 alloys are used in vehicles for highly stressed multi-chamber guide profiles such as rollover protection in convertibles (Fig. 5), side impact supports (Fig. 6), bumpers as well as other highly stressed components in the vehicle interior. The alloys mentioned cannot be painted in the usual manner because they lack the necessary high-temperature stability. However, because of their high corrosion resistance, they can be used without any additional surface protection

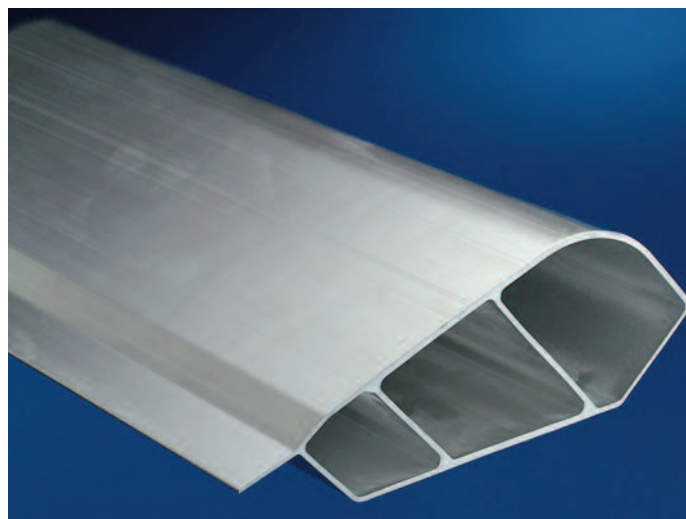


Abb. 4: Komplexes Mehrkammerprofil aus der Legierung Fuchs AZ19 mit $R_{p0,2} \geq 290$ MPA, $R_m \geq 330$ MPA und $A_5 \geq 14\%$

Fig. 4: Complex multi-chamber profile made from Fuchs AZ19 mit $R_{p0,2} \geq 290$ MPA, $R_m \geq 330$ MPA und $A_5 \geq 14\%$

Zusammenfassung und Ausblick

Anhand von vier Beispielen wurde gezeigt, wie ausgehend von bestehenden Legierungssystemen in den letzten Jahren neue und verbesserte Knetlegierungen einschließlich angepasster Fertigungstechnologie für Aluminiumprofile entwickelt und eingeführt wurden. Sie verleihen den zukünftigen Fahrzeuggenerationen eine beträchtliche Nutzwertsteigerung. Das Potenzial für weitere Verbesserungen wird heute nicht als erschöpft angesehen. So erscheinen weitere Arbeiten zur Entwicklung hochfester und geometrisch komplexer crashfähiger Karosserieprofile ebenso sinnvoll wie die Aktivitäten zur Entwicklung warmfester Profile, zum Beispiel für den Motorraum.

Literatur

- [1] N.N., Die große Kunst des Leichtbaus, Aluminium 1-2/2009, S. 76-79.
- [2] J. Becker und G. Fischer, AS28: Ein neuer hochfester Konstruktionswerkstoff auf der Legierungsbasis Al-Mg-Si, Sonderausgabe Leichtmetalle im Automobilbau der ATZ und MTZ, 1995/96, S. 23-27.
- [3] J. Becker, G. Fischer, M. Hilpert, G. Terlinde, Strangpressprofile aus neuen Aluminium-Hochleistungslegierungen für den Flugzeugbau, Berichtsband des Symposiums Strangpressen, Wiley-VCH, S 234-247.
- [4] H. Scheurich, F. Venier, A. Hoffmann, L.-E. Elend, Aluminiumstrangpressprofile im Karosseriebau, Berichtsband des Symposiums Strangpressen, Wiley-VCH, S 107-114.
- [5] Technische Liefervorschrift 116 der Audi AG, Strangpressprofile aus Al-Legierung AA6xxx – Werkstoffanforderungen, Juli 2005.

Autoren

Dr.-Ing. Joachim Becker ist stellvertretender Leiter der Abteilung Werkstoffe und Qualitätswesen der OTTO FUCHS KG und verantwortlich für die werkstoffliche Betreuung der Strangpresserei und von Werkstoffentwicklungsprojekten.

Dr.-Ing. Matthias Hilpert ist verantwortlich für die werkstoffliche Betreuung der Aluminium-Stranggießerei und von Werkstoffentwicklungsprojekten der OTTO FUCHS KG.

Dr.-Ing. Gregor Terlinde ist Leiter der Abteilung Werkstoffe und Qualitätswesen der OTTO FUCHS KG.

Summary and future work

Four examples have been used to show how, starting from existing alloy systems, new and improved wrought alloys and corresponding extrusion processes have been developed and introduced commercially in recent years. The alloys developed offer a considerable increase in user benefits for future vehicle generations. The potential for further improvements is not regarded as having now been exhausted. Further efforts aimed at the development of high-strength and geometrically complex body profiles with crash capabilities would appear to be just as useful as activities aimed at the development of heat-resistant profiles, for example for the engine compartment.

References

- [1] Audi: Lightweight design – it's an art, Aluminium 1-2/2009, 76-79.
- [2] J. Becker und G. Fischer, AS28: Ein neuer hochfester Konstruktionswerkstoff auf der Legierungsbasis Al-Mg-Si, Sonderausgabe Leichtmetalle im Automobilbau der ATZ und MTZ, 1995/96, S. 23-27.
- [3] J. Becker, G. Fischer, M. Hilpert, G. Terlinde, Strangpressprofile aus neuen Aluminium-Hochleistungslegierungen für den Flugzeugbau, Berichtsband des Symposiums Strangpressen, Wiley-VCH, 234-247.
- [4] H. Scheurich, F. Venier, A. Hoffmann, L.-E. Elend, Aluminiumstrangpressprofile im Karosseriebau, Berichtsband des Symposiums Strangpressen, Wiley-VCH, 107-114.
- [5] Technische Liefervorschrift 116 der Audi AG, Strangpressprofile aus Al-Legierung AA6xxx – Werkstoffanforderungen, Juli 2005.

Authors

Dr.-Ing. Joachim Becker is deputy head of the Materials and Quality Management department at Otto Fuchs KG with responsibility for the supervision of materials-related matters in the extrusion plant and alloy development projects.

Dr.-Ing. Matthias Hilpert is responsible for the supervision of materials-related matters in the aluminium continuous casting plant and alloy development projects at Otto Fuchs KG.

Dr.-Ing. Gregor Terlinde is head of the Materials and Quality Management department at Otto Fuchs KG.



OTTO FUCHS KG

Derschlager Straße 26
D – 58540 Meinerzhagen
Germany
Phone +49 2354 73 0
Fax +49 2354 73 201
info@otto-fuchs.com
www.otto-fuchs.com

Titelbild: Längsträger Radhaus in TL116-C24 für den AUDI R8.

Cover picture: Longitudinal support wheelhouse in TL116-C24 for the AUDI R8