

新鍛造技術を用いた高強度・高靱性アルミニウム合金の製造と自動車部材への適用

工学研究院物質工学研究系 教授 恵良 秀則



1、はじめに

材料を使用する立場からは、最初に材料の強度という観点から設計などを行うことが多い。ものづくりは、いわゆる「適所適材」を考えて材料を選択しなければならない。材料製造側からみれば、材料を強化するために種々の方法がとられる。図1は、同種の材料を種々の強化法により強度を変化させ、そのときの材料の伸びとの関係を示したグラフである。一般的な傾向を示しているが、材料の強度が増すと伸びが低下することはよく知られている。図2

験をして、応力（強度）とひずみ（伸び）の関係を示している。全く異種の材料、例えばガラスやセラミックスを引っ張ると伸びはほとんど生じないで、ある臨界値を超えると急激に破断する。一般に硬い（例えば傷つきにくい）という優れた長所をもつ反面、力がある臨界値を超えると急激に壊れる（脆性材料）。一方、金属材料の多くは展延性をもっており、金属あるいは合金の種類にもよるが、強度もある程度確保すること

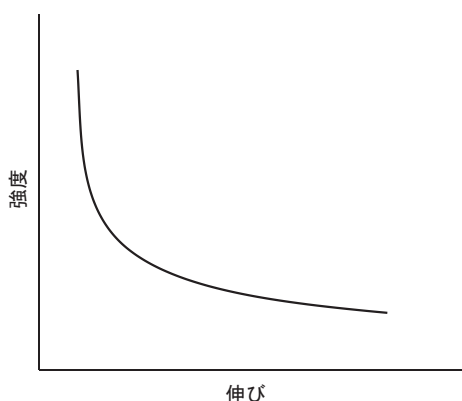


図1 金属材料の強度と伸びの関係

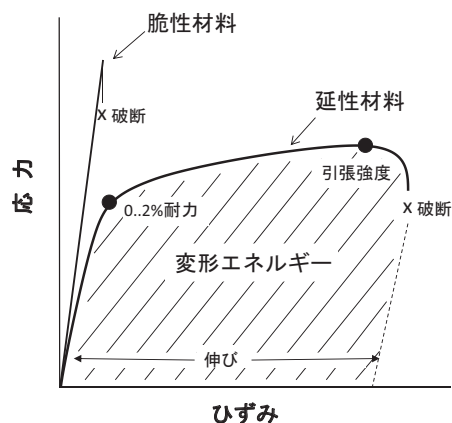


図2 脆性材料と延性材料の応力～ひずみ曲線

ができる。例えば、安全性という観点からは、力がかかっても急激に壊れると取り返しのつかない事故に繋がる可能性がある。一方、延性材料であれば、変形という目に見える形で変化して破断するので、変化を感知したとき交換などの対策を講ずることができる。また、自動車を例に挙げれば、衝突などの際には、自動車を構成する材料自身が変形して衝突の運動エネルギーを材料の変形エネルギーとして吸収し、人体への影響を極力抑えることができる。このように、金属材料は強度と延性を併せ持つことができるので、未だに各分野においてその使用量が多いの

が現状である。

鉄は温度によって組織が変化する現象（同素変態）を利用でき、鋼（鉄と炭素の合金）は比較的軟質な鉄基地の中に鉄と炭素の硬い化合物（炭化物）を分散させることができるので、いつもの材料組織の変化、すなわちバラエティーに富んだ強度の鉄鋼材料を得ることができ、いわゆる適所適材で様々な領域で使用されている。さらに目的によって種々の元素を添加し、多種多様な鋼が製造されている。自動車部材としても鋼は欠くことのできない材料である。しかしながら、自動車などの輸送機械においては省エネルギー、排ガス規制の観点から燃費向上を目指して車体の軽量化対策に長年取り組んでいるが現状はなかなか達成されていないのが現状である。鉄はアルミニウムの3倍近くの重さがあり、自動車に使用されている鉄鋼材料をアルミニウムに置き換えることができれば、大きな燃費向上に繋がることになる。本稿では、鋼の代替部材として高強度・高靱性のアルミニウム合金部材を開発したので紹介させていただく。

2、高強度・高靱性アルミニウム合金の特性

前述したように、燃費規制排気ガス規制等の環境問題への対応から車体重量の軽量化が求められており、アルミニウム合金製の重要保安部品を鋼製の従来品と同等、またはそれ以上の品質で安定に低コストで供給できる技術の開発が求められている。しかし、強度・品質確保の観点から軽量合金への転換はなかなか進まず、一部の高級車で懸架系のリンクや

比較項目	現行・鍛造		新アルミ合金鍛造	
	炭素鋼の熱間鍛造	アルミの冷間鍛造	高速恒温鍛造基礎研究レベル	現行アルミ冷間鍛造比
引張強さ(N/mm ²)	520	265	420	58%up
耐力(N/mm ²)	(降伏点) 320	245	400	63%up
伸び(%)	23	10	14	40%up
硬度(Hv)	155	90	130	44%up
生産性	工程数	3	5	-2
	後熱処理	要	要	不要
	鍛造性	良	難形状不可	良

表1 従来鍛造と新アルミ鍛造の比較

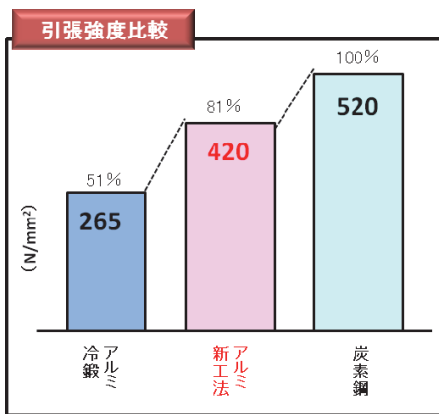


図3 従来鍛造と新アルミ鍛造の引張強度の比較

アーム類に採用された程度である。適用が限定されている大きな原因の一つに、自動車向けアルミ鍛造品は、生産コストが高いことが挙げられる。一方強度・品質を向上させる手法として、航空機部材等に採用されている従来の恒温鍛造法があるが、加工速度が極端に遅く量産部品に適用が困難という欠点があるのが現状である。このような背景の中、『高強度化アルミ高速恒温鍛造技術の開発』で新しい鍛造技術の確立に成功した。この鍛造で得られた部材は引張強さ400(N/mm²)以上、ビッカース硬さ130(HV)以上、伸び12(%)以上と優れた機械的性質を示し、従来の鍛造と比較して加工工程数が減り、加工

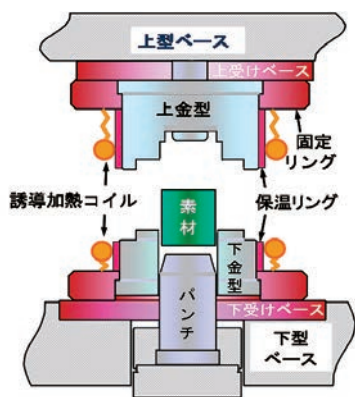


図4 加熱機能を具備した金型の概略図

3、高強度・高靱性アルミニウム合金部材の製造方法

速度が適宜維持されることでコストパフォーマンスにも優れる。すなわち、鉄系鍛造部材に近い強度とコスト双方を満足するアルミ鍛造部材の創成が可能となった。既存のアルミ鍛造、鉄（炭素鋼）鍛造との引張強度等の比較を表1、図3に示す。

図4に示す鍛造金型に高周波加熱で温度70～80℃を、また、鍛造加工前に溶体化処理(540℃、2h、水冷)を施したアルミニウム合金素材(図5)に加工熱の付加を受けた後の鍛造終了温度が170～260℃となるような初期温度を与え、300tのサーボプレスを用いて圧縮率65%以上で鍛造す

る。さらに誘導加熱コイルで70～80℃に保った金型を、10～60mm/s程度の加工速度で加工する。この条件下で鍛造すると、ナノレベルの結晶粒微細化、転位(ひずみ)の導入を適宜果たした今までにない微細結晶構造を得る(図6)。その結果、図7に示すように機械的性質の各指標、引張強度430(N/mm²)、0.2%耐力400(N/mm²)、伸び14(%)のチャピオンデータを一般市場流通のアルミ6061で達成し、高強度で靱性が適宜保たれる部材創成を可能とした。なお、熱処理型高強度アルミ

JIS 規格…A6061 (6000系: Al-Si-Mg 系合金) Φ50×75mm Φ18×27mm	化学組成…	Si: 0.40~0.80	Mg: 0.80~1.20
	(mass%)	Cu: 0.15~0.40	Fe: ≤0.70
		Zn: ≤0.25	Mn: ≤0.15
		Cr: 0.04~0.35	Ti: ≤0.15
		その他: ≤0.15	Al: 残り

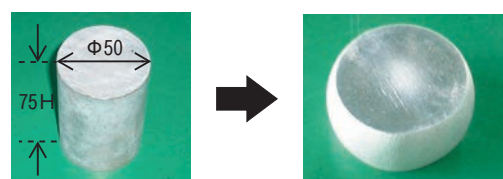


図5 アルミニウム合金(A6061)素材(円柱)と鍛造後の外観

合金との比較も図7に示している。この合金と比較しても、本鍛造法で作製された合金の伸びはあまり変わらず、著しい強度の上昇をもたらしている。強度面の評価で、低中炭素鋼の引張強度の約80%以上、弾性限界は鋼同等以上を果たしていることを意味し、しかも、アルミ合金素材中最も市場流通がある安価な6061を用いることで、機械的性質（強

度）とコスト双方において総合的に鋼部品の軽量化代替と位置付けており、自動車足周りの軽量化に寄与し、結果、操舵性が上がり（安全性が向上）、また、燃費向上につながる世界初の軽量化・省エネ化技術である（特許公開 出願番号…特願2009-260512）。この新しいアルミ鍛造技術を用いて、現行鉄（炭素鋼S35C）製の自動車足回り実装部品タイロッドエンドの製品化試作を行い（図8）、強度の確認とコスト試算をした結果、強度においては80～96%、コストにおいては90%同等と事業化の現実的可能性を示す結果を得ている。本鍛造技術によって製造される高強度・高靱性アルミ合金の適用可能な自動車部材の例を図9に示している。今後、さらなる軽量化が進み、環境

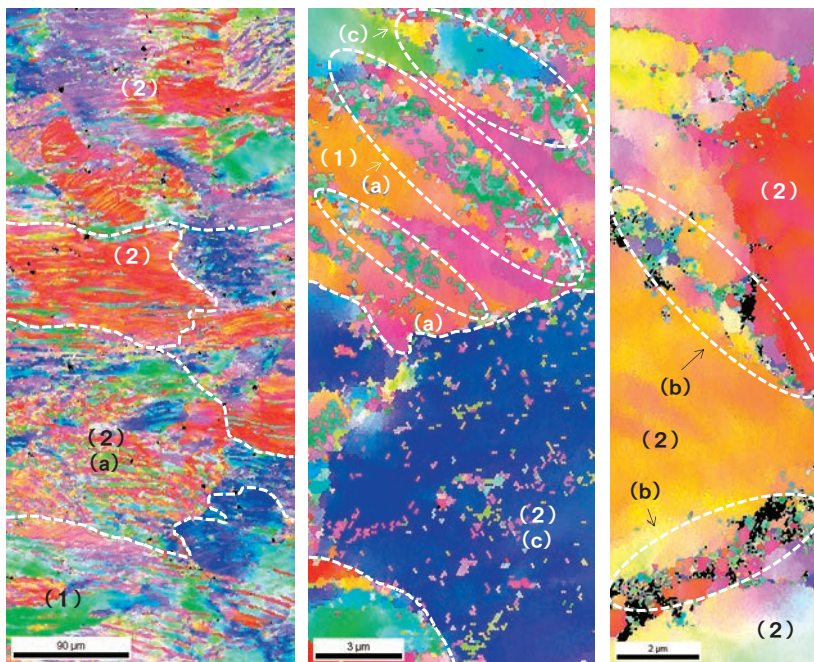


図6 新アルミ鍛造法により形成されたナノ組織(OM像)

度）とコスト双方において総合的に鋼部品の軽量化代替と位置付けており、自動車足周りの軽量化に寄与し、結果、操舵性が上がり（安全性が向上）、また、燃費向上につながる世界初の軽量化・省エネ化技術である（特許公開 出願番号…特願2009-260512）。この新しいアルミ鍛造技術を用いて、現行鉄（炭素鋼S35C）



図8 新アルミ鍛造品のタイロッドエンドへの適用事例

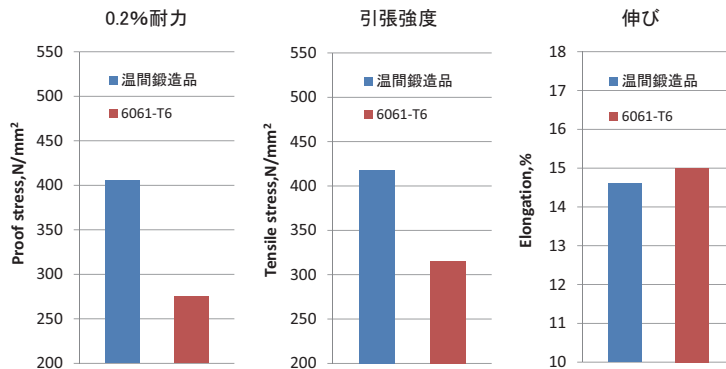


図7 新工法鍛造品（温間鍛造品）と時効熱処理品（6061-T6）の機械的性質の比較



図9 新アルミ鍛造品のターゲット自動車部材と軽量化

問題や省エネ対策に寄与できればと考えている。最後に、本技術開発は川崎宏史氏（株）戸畑ターレット工作所、河部徹氏（本学、工学研究院機械知能工学研究系）と共同で行われたものであり、ここに謝意を表します。また、本記事を紹介させていただくにあたり明専会の関係諸氏に大変お世話になりました。お礼を申し上げます。なお、本記事は技術紹介ということで、厳密性に欠くところが多々あります。ご容赦を願う次第です。