

(解説)

自動車足回りアルミニウム合金鍛造品及び一貫生産体制

Aluminum Alloy Forging for Automobile Suspension Parts



福田篤実
Atsumi Fukuda



竹内浩二
Kouji Takeuchi

In order to improve fuel efficiency and drivability, lighter automobiles are increasingly being called for. In particular, suspension parts, including upper and lower arms and knuckles, are receiving wide attention. Aluminum forging, with its high strength and durability, is a promising alternative for such suspension parts since it can result in weight reduction of up to 40% (compared with conventional steel parts). The high deformability of aluminum forged parts is also highly suitable for maximum safety. A billet casting facility was installed at Kobe Steel's Daian Plant. The full production line, from stock forging to final forging, is characterized by a high recycling rate.

まえがき = 自動車は、環境保護への燃費向上、より充実した安全装備、より高度な操縦安定性が望まれており、これらの背景から軽量化が求められている。

当社大安工場では、この軽量化ニーズに対応し、自動車の足回り部品の軽量化を目指し、メカニカル鍛造プレスにより自動車用アルミ鍛造品の足回り部品を製造しており、2001年にはこの鍛造素材であるビレットも同工場内での製造を開始した。これにより素材から鍛造品までの一貫生産体制が確立され、生産の高効率化、材料リサイクルによる低コスト化、短納期化を実現している。

1. 自動車用足回り部材

自動車用足回り部材のアルミ鍛造品例を写真¹⁾に示す。また、サスペンション構造は、その代表例を図1に示すように、ロアアーム、アッパーアーム、ナックル、各種リンク類などにより構成されている。

足回り部材は、車体とホイールを結合し走行時にタイヤからの入力に耐え、操縦安定性や乗り心地を左右する重要な部材である。また、これらの部材はバネ下重量となることから、これらの部材の軽量化効果は、バネ上重量となる部品の軽量化よりも操縦安定性能の向上に大きく寄与することになる。

2. アルミ鍛造品の特性

アルミ鍛造品は、比強度が高いことに加え、内部品質が均一で安定していることが特徴であり、自動車、鉄道車輛、航空機などの幅広い分野で、主に構造部材として用いられている。鍛造用合金には、高強度合金の2000系・7000系、耐食合金の6000系・5000系、耐磨耗性合金の4000系など多くの合金系があるが、自動車用足回り部品には、その使用環境から中強度で高耐食性をもつ6000系(Al-



写真1 アルミ鍛造足回り部材例
Photo 1 Aluminum forgings for suspension parts

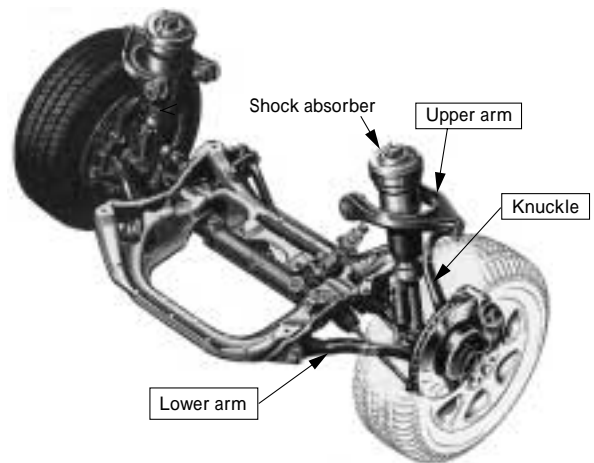


図1 自動車用足回り構造例
Fig. 1 Automobile suspension system

Mg-Si系)合金が用いられている。

アルミ鍛造品は、液圧プレス、メカニカルプレスいずれでも製造が可能であり、それぞれのプレスの特徴を生かし使い分けられている。液圧プレスは低速であるが複雑形状や薄肉形状の鍛造に適し、メカニカルプレスは高速であることから量産品に適している。従って、自動車足回り鍛造品には、生産性の高いメカニカルプレスが一

一般的に用いられている。

これらの足回りアルミ鍛造品の6000系合金である6061及び当社開発材のKS651における機械的性質の代表値を表1に示す。6061の耐力が260MPaに対し、KS651の耐力は340MPaと、KS651は6061より高強度であることから、KS651を使用することによってより大きな軽量化効果が得られる設計が可能となる。

3. アルミ鍛造品の設計

足回りアルミ鍛造品の開発フロー例を図2に示す。当社では解析設計から試作品の強度評価まで一貫した開発体制を確立し、効率的かつ短期間での開発を実施している。解析設計には、これまでに得られている材料特性データ、足回り部品の強度実験データなどを反映して高精度化を計るとともに、解析設計の段階から鍛造製造技術を織込み、鍛造性を加味した最適な設計形状が得られるようにしている。

鍛造形状設計においては、足回り部品がメカニカル鍛造品の中でも比較的大型部品であるため、必要に応じ塑性流動解析を併用して鍛造形状の最適化を計っている。また、抜け勾配の設定では成型の容易化及び離型歪みの防止を考慮し、角Rの設定では鍛造圧力の角部への応力集中による型クラックの防止を考慮して設定している。鍛造方向の設定では、鍛造時に型ずれの原因となるスラストが生じない方向、及び抜け勾配による重量増の最少化への配慮をしている。

表1 機械的性質(代表値)
Table 1 Typical mechanical properties

Alloy	Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)
KS651-T6	360	340	15
6061-T6	290	260	15
A356-T6	280	240	8

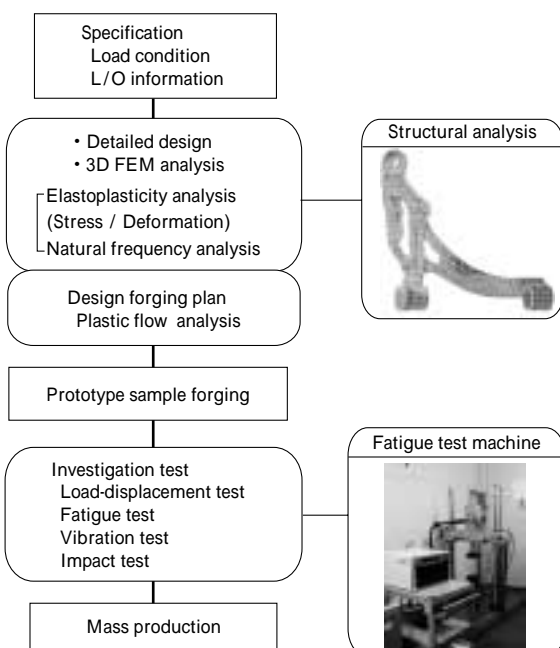


図2 足回りアルミ鍛造品の開発フローチャート
Fig. 2 Flow chart of product development

4. アルミ鍛造品化による軽量化効果

従来から足回り部材は一般的に鋳鉄品が多く用いられているが、この鋳鉄品を軽量化のためアルミ置換することは、効果的かつ実用的である。アルミ置換の具体的製法として、アルミ鍛造、アルミ鋳造、鋳造/鍛造などが考えらる。これらの製法別にその軽量化効果を試算した結果を図3に示す。軽量化効果は、アルミ鍛造品が35~40%、アルミ鋳造及び鋳造/鍛造が25%程度であり、アルミ鍛造品が最も軽量化効果大きい製法といえる。

アルミ鍛造品が大きな軽量化効果を得られるのは、表1と図4に示すように、鋳造品などと比較して優れた機械的特性を示すためであり、鍛造品の中でも当社の開発材であるKS651は6061に比較し高強度であることから、最も大きな軽量化効果が得られる。

5. アルミ鍛造品の信頼性

アルミ鍛造品は、アルミ鋳造品と比較し高強度であり、高延性・高靱性であることに加え、鍛造による塑性変形が与えられることから、内部品質が安定しており高い信頼性が得られる。

鍛造用素材の連続鋳造ピレットは、溶解のあと、精錬及び脱ガス工程を経て丸棒形状の鋳型で外周から均一に

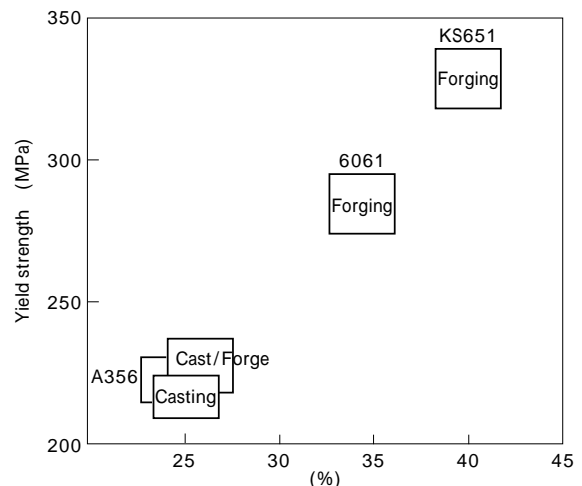


図3 アルミ鍛造品の軽量化効果(鋳鉄比)
Fig. 3 Weight reduction effect of aluminum forgings (ratio with cast iron)

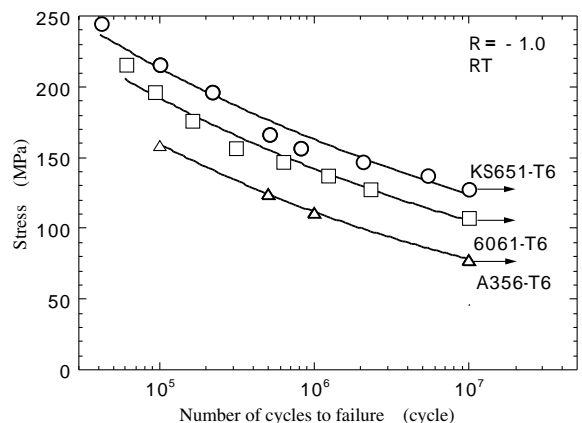


図4 疲労特性
Fig. 4 Fatigue strength

冷却されながら一定速度で連続的に鑄造される。従って一般的な低圧鑄造や高圧鑄造による鑄造品と比較して、鑄造条件が安定することから、非常に高い内部品質が得られる。そしてこの連続鑄造ビレットは、鍛造により塑性変形が加えられ、鑄造組織が破壊されて展伸組織となり、さらに熱処理を経ることにより、高強度・高靱性の安定した内部品質の足回り部品が製作される。

この結果、図5に示すようにアルミ鍛造品の足回り部品の破壊モードは、変形開始から大変形を経て破断に至ることになり、小変形で破断に至る鑄造品と比較し、より高い安全性が得られることになる。

6. 一貫生産体制

当社大安工場では、アルミ鍛造工場に隣接して鍛造用素材であるビレットの鑄造工場を2001年に設立し、鍛造素材から鍛造完成品までの、アルミ足回り鍛造品の一貫生産体制を確立した。

この一貫生産体制の模式図を図6に示す。一貫生産体制の確立により、鍛造バリの完全リサイクルによる低コスト化、素材輸送短縮によるリードタイム短縮、さらに品質・生産などの一元管理が実現し、高効率な生産を可能とした。

鍛造プレスは国内で最大級能力の6300トンメカニカルプレスを設置している。この大型プレスにより、ロアアームなどの大型足回り部品でも、鍛造金型を複数同時にプレスに装着できることになり、1回の加熱で連続成型による鍛造が完了できる。一方、アッパーアームなどの中型足回り部材は、複数個取り鍛造が可能となるため、ロアアーム以上に高い生産性が得られている。

また、鍛造工程では4基のハンドリングロボットを配置し、ワークの搬送を自動化した汎用性の高いラインにしている。

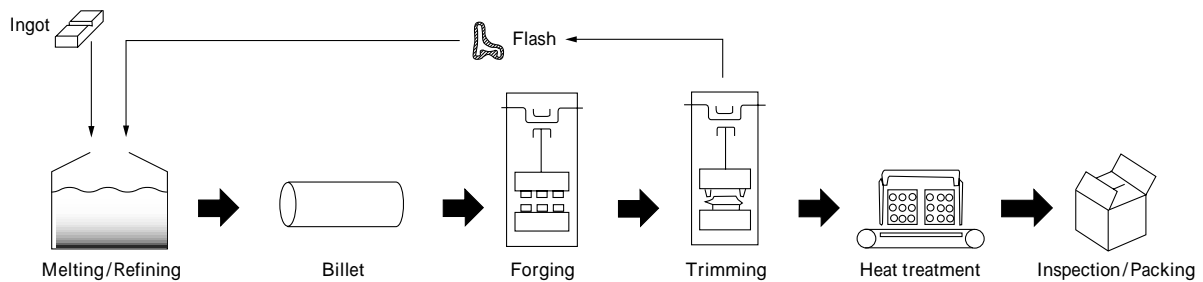


図6 一貫生産体制とリサイクル
Fig. 6 Consistent production system and recycling

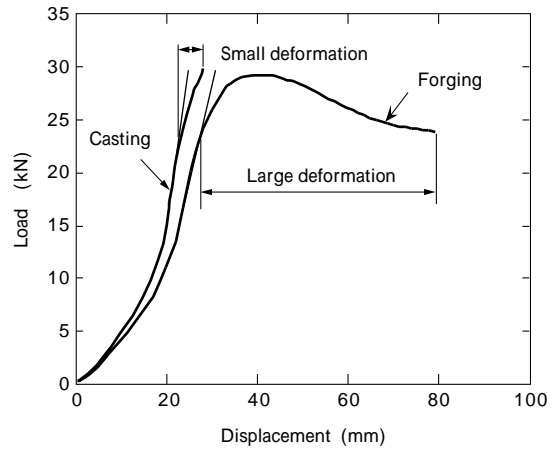


図5 アルミ鍛造品の高い変形能
Fig. 5 High deformability of aluminum forging

型打鍛造以降の熱処理・酸洗・検査の工程は、自動化された一貫ラインで構成され、順次自動的に処理され、効率的で安定した生産を可能としている。

むすび = 軽量化及び信頼性、安全性が求められる自動車足回り部材に最も適した製法の一つは、アルミ鍛造であると考えられ、これまで高級車、スポーツ車などを主体に採用されてきているが、コスト低減を主体とする改善を進めながら、今後中級車などそのほかの車種にも拡大されるよう努力していきたい。

参考文献

- 1) J. Reimpell et al.: "The Automotive Chassis: Engineering Principle", 2nd ed., SAE, (2001)