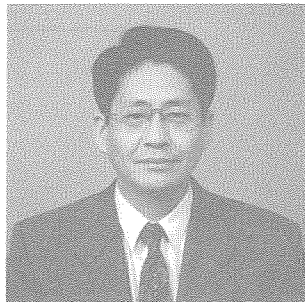


自動車部品へのチタンの適用状況と今後の課題

Applications and Features of Titanium for Automotive Industry



山下 義人^{*(1)}
Yoshito YAMASHITA



高山 勇^{*(2)}
Isamu TAKAYAMA



藤井 秀樹^{*(3)}
Hideki FUJII



山崎 達夫^{*(2)}
Tatsuo YAMAZAKI

抄 録

自動車分野におけるチタンの適用は、1980年代の始め、レーシングカーのエンジン部品に採用されて以来、適用部品が拡大されつつあり、直近では大型スポーツ二輪車の排気系、高級限定車等にも実車搭載の事例が増えてきた。チタンの新規用途として期待の高い自動車分野において、どのような部位に適用検討が進んでいるのか、又これを拡大していくためにはどのような課題があるのか、その概要について述べた。

Abstract

In the field of automobiles, titanium found its first application to the engine parts of racing cars early in 1980s. Since then the application range of titanium has been expanded, including the application to muffler system of super sport-type bikes and limited models of high-grade cars. This paper describes the study being made on titanium application to automotive components which is a new prospective field of application, and the problems involved in titanium application to high-grade mass-produced cars.

1. はじめに

1997年12月、京都で開かれた地球温暖化防止のための枠組み条約締約国会議(COP3)で、日本のCO₂排出量は6%削減(2010年 vs. 1990年)を目標とすることが提案された。

これを受けて日本の自動車業界では、まず2000年に1990年比で8.5%の燃費改善を行ない、続いて2010年には95年比で20%の改善が検討されている。

1999年の東京モーターショーでは、これまでのように目先を変えるための素材置換から、環境問題を背景とした軽量化を目的に、アルミニウム、マグネシウム、更にはチタンを素材として取り入れたコンセプトカー、新型車及び新型エンジンが目立つ展示であった。

従来、チタンは軽量、高強度、高耐食性材料として、航空機、電力、海水淡水化装置、熱交換器用途に使用され、直近では加えて、その意匠性、高級感を生かした民生品、スポーツ用品、更にIT分野

にも適用が拡大している。

本報では、新規マーケット開拓の重要テーマである自動車部品へのチタンの適用につき、現況を紹介するとともに、それを更に拡大して行くための課題について述べる。

2. 軽量化の目標(燃費改善)

自動車の重量と燃費改善の関係は図1に示すように、1%の軽量化で約0.7%の燃費が改善される。CO₂削減目標を達成する因子としては燃費が最も重要であり、前述の目標値であるガソリン車で20%の燃費を改善するためには、30%の軽量化が必要となる。

例 A車の軽量化計画：1998年/1 300kg→2003年/1 000kg(−20%)→2008年/900kg(−30%)

材料面による改善方策として、下記の1)、2)により約20%の軽量化が可能と考えられているが、目標を達成するには至っていない。

1)高強度鋼板化…部品ごとに薄手化の限界まで適用(40kg(年)、60kg(年)、80kg(年))

^{*(1)} チタン事業部 グループリーダー
千代田区大手町2-6-3 ☎100-8071 ☎03-3275-7967

^{*(2)} ステンレス事業部 光製鐵所 生産管理部 マネジャー

^{*(3)} 鉄鋼研究所 鋼材第一研究部 主任研究員 工博

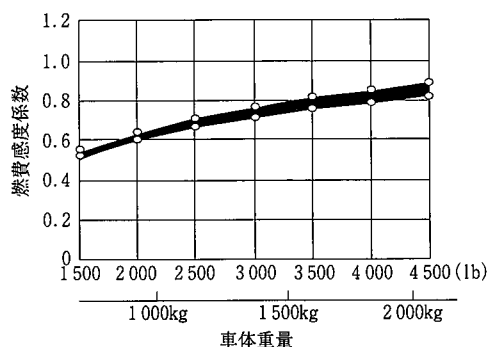


図1 車体重量と燃費

2) アルミニウム化、樹脂化…大変形 強度部材(非剛性)に適用

この未達分を補う方策として、エンジン燃焼改善(直噴化等)、ハイブリッド化等があるが、併行して、軽金属材料(チタン、マグネシウム)の適用も検討されている。

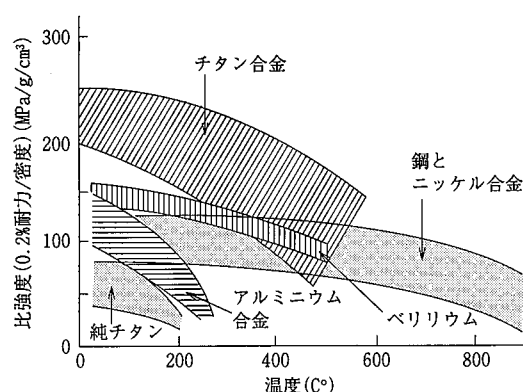
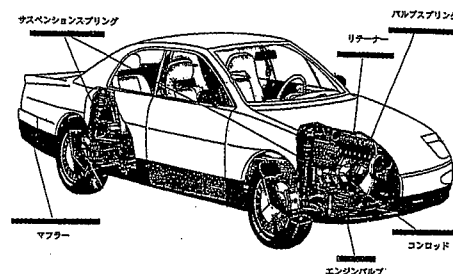
3. チタンの特徴と自動車分野への適用の可能性

自動車分野で使用されている材料を、チタンと比較して表1及び図2に示す。チタンはアルミニウム合金、マグネシウム合金より比重は大きい、強度ははるかに高いので比強度はアルミニウム合金より上に位置する。特に約600℃までの中温域ではその優位性が顕著となる。又、自動車部品に適用する場合に重要となる比靱性(靱性/比重)、比疲労強度(疲労強度/比重)の面でも各種鋼、アルミニウム合金と比べて優位にある。

外板類、艀装品に使用する場合は耐食性能が問題となるが、チタンは塩害、海水環境に類を見ない性能を示す。米国、北欧では冬期凍結防止のため道路に塩をまくので、この塩害対策としての使用も期待できる。又、チタンをばね類に使用するとヤング率が鋼の約50%と小さいことから巻数を減らすことができ、軽量化のみならず小型化に役立つと考えられる。

表1 チタン材料特性の比較

	比重	ヤング率 (GPa)	引張強さ (MPa)	高温酸化	耐食性
鋼	7.85	205	400~800	◎	×
ステンレス鋼(SUS304)	7.95	200	600	◎	○
純チタン(2種)	4.51	106	450	○	◎
チタン合金(6Al4V)	4.43	114	900	◎	◎
アルミニウム合金	2.70	70	250	×	×
マグネシウム合金	1.70	45	200	×	×
樹脂(SMC)	1.90	10	300	×	○

図2 各種金属材料の比強度と温度の関係¹⁾

部品名	軽量化期待度
エンジン	
バルブ	0.3kg/40%
バルブスプリング	0.7kg/55%
リテーナー	0.2kg/40%
コンロッド	0.7kg/20%
サスペンションスプリング	5.3kg/50%
排気管及びマフラー	6.0kg/40%

図3 適用候補部品と軽量化効果²⁾

以上のような材料特性をふまえて、チタンの適用候補部品と軽量化期待値を図3に示す。最も可能性が高いものは往復運動するエンジン部品でバルブが対象となる。ついで回転運動するエンジン部品のコンロッド、軽量化効果の大きいサスペンションスプリング、更に排気管及びマフラーが考えられる。

4. 自動車におけるチタンの適用状況³⁾

自動車分野におけるチタンの適用は、1980年代の始め、F-1レーシングカーから開始した。レーシングカーは、高出力、高回転、ハイレスポンス性が要求されることから、高強度のチタンがエンジン部品に採用された。ここでは、それ以降の現行量産車への適用事例を紹介する。

4.1 エンジン部品

1989年に三菱自動車工業が“GALLANT”のAMGエンジンのリテーナーに冷間鍛造性に優れたTi-22V-4Alを、1990年には本田技研工業がスポーツカー“NSX”のコンロッドに快削チタン合金Ti-3Al-2.5V+S+REMを採用した。1998年にトヨタ自動車が“ALTEZZA”のエンジンバルブに焼結チタン合金(吸気Ti-6Al-4V/TiB、排気Ti-Al-Zr-Sn-Nb-Mo-Si/TiB)を採用した。“ALTEZZA”は吸気、排気各8本のバルブを使用しており、その重量は合計408g/台で、鋼製677g/台に対して40%軽量化を達成している。更に、このバルブ採用によりバルブスプリングの重量も43gから36gに減らすことができていた。直近では、2000年、日産自動車が“CIMA”の吸気側にTi-6Al-4V、排気側にTi-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-Siのエンジンバルブを採用している。

4.2 サスペンションスプリング

2001年のフォルクスワーゲンLupo FSIのスプリングにLCB (Low Cost Beta) 合金Ti-4.5Fe-6.8Mo-1.5Alが採用された。この材料はレーシングカーで使用実績があるBeta-C合金(Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr)のコストを約50%削減したTIMET社の新規グレードである。スプリングの重量は1.36kgで鋼製4.12kgと比べて約1/3になっており、これによりばね下荷重も合わせて全体的に81.6kgの重量低減を達成している。

4.3 排気管およびマフラー

これまでアフターマーケットが主体であったが、1998年に川崎重工業がスポーツタイプの大型二輪車“ZX-9R”のマフラーにチタン

を採用したのを始めとして、この2年間で、本田技研工業“CBR900RR”、ヤマハ発動機“YZF-R1”、スズキ“GSX-R1000”のマフラーにチタンが採用され、直近ではモトクロス用二輪車にも適用拡大されており、二輪車排気系用チタンのマーケットは約500t/年に急増している。四輪車については、依然としてアフターマーケットが中心であるが、使用量は徐々に増加している。量産車では2001年に初めてアメリカのGMで“Corvette Z06”のデュアルマフラーにチタンが採用され、鋼製19.8kgから11.7kgへ41%の重量が軽減された。

4.4 その他

装飾部品として、本田技研工業の“S2000 Roadstar”と“Integra Type R”のシフトノブにチタンが使われている。トヨタ自動車工業の“Crown Majesta”にはスカッフプレートにチタン発色品が使われている。又、高性能スポーツ車ではオプション部品として、エンジンルーム内のストラットタワーバーがチタンでもメニュー化されている。

5. 自動車部品チタン適用拡大のための課題

自動車部品をチタン化する場合、素材コストの低減が最大の課題であり、以下に新日本製鐵が独自(TIMET技術導入を含む)に開発した低コスト型チタン材料を紹介する。

自動車分野で最も広範に使用されているチタンはTi-6Al-4V合金である。新日本製鐵は高価なVをFeで代替し、引張強さが800~1000MPaをカバーした“Super-TIX”シリーズを開発した(図4参照)。主要な成分系は、①Ti-Fe-O-N系(引張強さ800-900MPa)、②Ti-Al-Fe-O系(引張強さ1000MPa級)に大別できる。Super-TIXはTi-6Al-4V合金と同等の性能を示すことから、今後コンロッド、ファスナー、フレームに適用が期待できる。

又、スプリング関連では、これまで加工性、疲労強度の点からβ系合金が使用されているが、この低コスト型新合金として、前述したLCBがある。この合金も同様に高価なVを低コストβ安定化元素のFeとMoに代替した材料である。

チタン合金のもう一つの課題は、中・高温での使用制限域を広げることである。チタン合金は概して600℃程度に使用限度がある。一方、排気バルブは約800℃まで温度が上昇することから、Ti合金の使用は困難とされていたが、TIMET社はより高温特性に優れたTimetal®1100を開発した。新日本製鐵にて、この合金を現行鋼材(SUH35)と比較して性能評価した結果を図5及び図6に示す。800℃までSUH35と同等の強度及び回転曲げ疲労特性を有し、更に同温度での高温たわみは約0.5mmでSUH35の1/10である。

バルブトレイン系の軽量化は、燃費改善、静粛性、高出力化の観点から高いニーズがあり、新合金の採用が期待される。

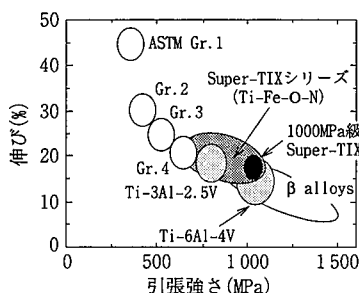


図4 Super-TIXの機械的性質⁴⁾

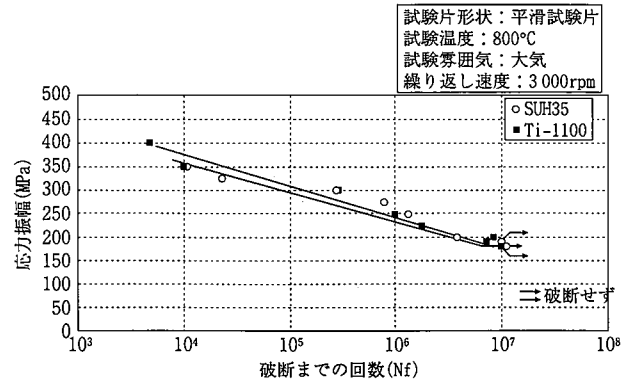


図5 Ti-1100の800℃における回転曲げ披露特性

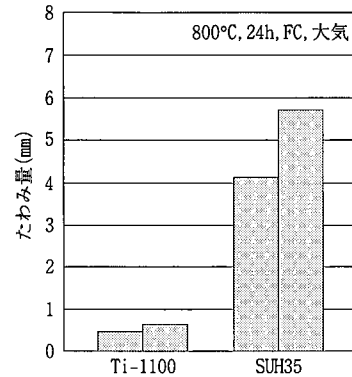


図6 Ti-1100の高温たわみ試験結果

6. まとめ

自動車業界にとって軽量化は永遠の課題であり、チタンの優れた材料特性(高比強度、耐食性、ばね性)を生かして、自動車部品のチタン化は、1980年代のF-1レーシングカーに始まってから1990年代以降、直近の高級量産車(二輪車を含む)へと着実に広がっている。

今後更にマフラー、エンジンバルブ、スプリング等に適用拡大を計るためには低コスト型チタンの提案等による材料コストの削減(目標30%)が不可欠である。又、これらを加工する自動車メーカー、部品メーカーにおいても加工プロセスの簡省略を素材メーカーと共同で推進して行く必要がある。加えて、自動車メーカーは、チタンのメリットを最大限に発揮させるための設計技術の開発がますます重要になる。

素材メーカー、部品加工メーカー、自動車メーカーの三者が一体となって一貫コスト削減及び最適設計を推進して行くことにより、更なるチタンの適用拡大が可能になるものと確信している。

参考文献

- 1) 草道英武, 伊藤喜昌: 機械の研究, 29 (1977)
- 2) Shearman, A.M., Sommer, C.J.: The Use of Titanium in Production Automobiles. (1997)
- 3) Faller, K., Froes, F.H.: The Use of Titanium in Family Automobiles (2001)
- 4) 藤井秀樹, 添田精一: 秋季鉄鋼協会 (1996)