総 報

自動車用焼結部品における最近の主要課題

鈴木 正実

トヨタ自動車㈱, 〒471-8572 豊田市トヨタ町1.

Recent Key Issues of PM Application for Automobiles

Masami Suzuki

Toyota Motor Corporation, 1 Toyota-cho, Toyota 471-8572.

Received January 17, 2002

SYNOPSIS

Automotive industry is devoting a vast amount of R&D resources to addressing environmental issues, such as global and conservation. Consequently, automotive materials and parts are required to "Green". Powder metallurgy (PM) has the advantage of potentially being environmentally friendly by being able to tackling the above issues. Therefore, future expansion in PM usage for automotive applications is expected. In this paper, key issues for expansion of PM usage are discussed. These issues include: 1) designers misperception of PM's advantages, 2) increase in technical difficulty. In addition, the following recommendations are provided: a) expanding cooperation between supplies and OEMs, b) strengthening problem solving capabilities, and c) educating system design engineers.

KEY WORDS

shaping capability, alloy creating capability, process integrating capability, enabling technology

1 はじめに

自動車産業を取り巻く状況は、この10年で急速に変化し、企業統合や国際化を加速してきた (Fig.1)。また、次世代の環境対応技術開発には、巨大な研究開発資源を必要とするために、自動車メーカー間の複雑な連携を生むこととなった。このような状況は、部品メーカーにも波及し、年間売り上げ100億ドル以上の超巨大一次部品メーカーをいくつか出現させた。

一方、焼結産業においても、同様な理由で企業統合と国際化が進展している。

これまで、自動車用焼結部品は、その時々自動車メーカーのニーズに合わせて生産量を増加してきた。しかしながら、今後は、適切な戦略が焼結メーカーにより実施されなければ、焼結部品の拡大は容易でない状況である。

本報では、ユーザーから見た焼結技術の潜在的な特長と自動車用焼結部品拡大のための主要課題について述べる。

2 最近の自動車産業の状況

2.1 環境問題

自動車に対して、走行性能、快適性、安全性、低価格、高品質などがこれまで必要とされてきた。しかしながら、近年においては、環境問題克服の社会的要請が急速に強まった結果、環境問題への対応が自動車メーカー間の企業競争力の主要な決定要因になってきている。さらに、お客様が自動車を選ぶ際にも、環境にやさしいか否かが重要な検討項目になってきている。燃費の良いハイブリッド車の販売台数が年々増加しており、それを裏付けている。つまり、自動車産業の将

Fig.1 Globalization & consolidation.

来は、環境に優しい製品を提供できるか否かにかかっていると言える。したがって、近年、自動車メーカーは、環境対応技術の開発に多くの研究開発資源を投入しており、生き残りのための競争が激化している。環境関連の技術課題として、CO₂削減、排ガスの清浄化、騒音低減、エアコンの冷媒削減、環境負荷物質低減、リサイクル性改善などがある。特に、CO₂削減と排ガスの清浄化は重要で、画期的な低燃費化と排ガス浄化が緊急課題となっている。

2.2 環境対応のための技術革新

自動車の環境課題を解決するための代表的な技術革新事例を示す。

(1) エンジンの燃費改善

CO₂削減の最も効果的な方法は、エンジンの改良による燃費改善である。直噴化、可変動弁機構、摩擦損失低減技術などがガソリンエンジンで開発された (Fig.2)。

(2) 排気ガス浄化

ディーゼルエンジンはガソリンエンジンより熱効率が高く燃費も良いが、排気ガス清浄化に課題がある。最近、DPNR (Diesel Particulate-NOx Reduction System) と呼ばれるディーゼル排気浄化システムが開発され、排気ガス中の粒状物質とNOxを同時にかつ連続的に低減することができるようになった。

(3) 軽量化

車両重量の10%の軽量化により、約5%の燃費改善が可能である。したがって、車両の小型化や部品のモジュール化、あるいは、高強度鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金、樹脂への材料置換が精力的に進められている。

(4) クリーンエネルギー自動車

圧縮天然ガス (CNG) エンジン車は、ガソリンエンジン車に近い動力性能でCO₂を約30%低減可能である。また、ハイブリッド車は、電気自動車や燃料電池車のようなインフラ整備の問題がなく、ガソリン車に匹敵する価格と既存インフラが活用可能なことから、将来の主流になることが期待されている。燃料電池車は、燃料が水素であり排気ガスを放出しないことから、究極のクリーンエネルギー車であると言われている (Fig.3)。その研究開発は、早期の市場投入に向けて着実に進展している。

Fig.2 Direct-injection engine.

3 自動車材料、部品への要求の変化

自動車メーカーの自動車材料や部品への要求は基本的に変わっていない。すなわち、高性能、高品質、高信頼性、低コストである。近年は、さらに環境対応のために、次の二つの要求が新たに加わった。

(1) 製品の環境負荷を低減すること

部品の製造段階やリサイクル段階においても環境負荷を低減する必要がある。すなわち、製造時の省エネや廃棄物、排出物が少ないことが必要とされる。

(2) 自動車の環境技術課題に対する解決策を提供すること

環境への影響を最小化するためには、自動車の使用段階の環境問題、すなわち、燃料消費や排気ガスなどの問題に対処する必要がある。その場合、単独の部品でできることには限界があるため、部品開発というよりは新たなシステム開発が必要となる。しかしながら、部品の統合化やモジュール化の傾向は、焼結部品の単独開発を困難にしており、一次部品メーカーとの連携をさらに緊密にすることが必要条件となってきた。しかしながら、焼結メーカーがシステム開発の枠組みに参加できるか否かは、一次部品メーカーの焼結に対する認識に依存しているため、システム開発設計者が焼結の特長を認識していなければ、参加の機会を失うことになる。

4 焼結の特長

特長1 環境に優しい

焼結は環境に優しいプロセスである。すなわち、製造エネルギーが低く、省資源であり、廃棄物も少ない (Fig.4)。このことは、次世代の製造プロセスとして重要な点である。焼結メーカーは、この特長を自動車メーカーや一次部品メーカーに十分に認知してもらうよう努力すべきである。

特長2 課題解決技術

自動車において、現在、直面している技術課題を解決するためには、新たな機能を付与した様々な材料が必要になる。焼結は、それらに応える高い潜在能力があると考えられ、最も期待する点である。

焼結プロセスの特長的な能力は以下の三つの点にある。

- ・形状付与能力
- ・合金創製能力
- ・プロセス統合能力

Fig.3 Fuel cell hybrid Vehicle.

形状付与能力は良く知られているネットシェイプ化能力である。合金創製能力は合金設計自由度の高さであり、非平衡相や複合組織が容易に製造できる能力である。これらの相や組織は溶解法にはない独特な特性を発現させることが可能である。プロセス統合能力は、重要な能力であるが、これまで、ほとんど強調されていない能力である。焼結は、容易に粉末充填や焼結接合により多層部品を製造することが可能であるし、樹脂の工法さえも含む他の工法とのハイブリッドな工法により製造できる独特の能力がある。この能力は部品の統合化・モジュール化に有利になると考えられる。上記の固有能力の内、二つまたは、それ以上を組み合わせた総合能力が焼結の強みである。形状付与能力を他の工法(例えば、冷間鍛造)で置き換える事は不可能ではないが、総合能力は置き換えができない。これらの特長から、焼結は、技術課題を解決する Enabling Technology (実現化技術) であると言える (Fig.5)。

5 自動車用焼結部品拡大のための主要課題

自動車用焼結部品の拡大を如何に図るか? 最良の方法として、以下のことが重要であると考える。

- (1) 自動車の主要課題の中から新たな挑戦課題を見つけること
 - (2) 焼結の課題解決能力で問題を解決すること
- しかしながら、その実行は容易でなく、いくつかの課題がある。ここでは、二つの主要な課題を指摘しておく。

主要課題1 設計者の焼結に対する認識

第1番目の主要課題は、設計者の焼結に対する認識のずれ

である。多くの設計技術者は、焼結を実現化技術としてではなく、単なる低コスト化技術と認識している。焼結はネットシェイプで金属部品を製造できる素晴らしいプロセスである。焼結技術者の中にも、形状付与能力だけで生き残っていけると信じている人もいるかもしれない。しかしながら、自動車用部品において、そのような用途はあまり残っていない。一方、焼結の総合能力を活用した潜在用途は無数の可能性がある。

主要課題2 技術的難易度の増加

2番目の主要課題は技術的難易度の増加である。克服すべき課題は、ますます、困難で複雑化、巨大化している。そして、自動車メーカーは、部品メーカーに対して、部品ではなく統合的なシステムの開発を期待している。焼結は優れた解答を提供する高い潜在能力があるが、短期間で解決技術を開発することは大変困難な状況である。焼結メーカーはコアとなる技術の強化や、関連メーカーとの協業により解決策を模索すべきである。

ここで、上記の主要課題を解決した二つの典型的な事例を紹介する。

事例1 焼結チタン製エンジンバルブ

エンジンバルブの軽量化は、高効率で高性能な次世代内燃機関エンジンを実現するために重要な手法の一つである。軽量動弁系は摩擦損失低減により、燃費改善が可能となる。高温での耐クリープ性を向上させるために、TiB粒子を複合したチタン合金製複合材料が開発された (Fig.6)。このような材料は、溶製材では製造困難な材料であり、焼結の合金創製能力が十分に活かされた事例である。中核研究機関としての豊田中央研究所、一次部品メーカーとしての愛三工業、二次部品メーカーとしての東京焼結金属がトヨタとの開発に参加した。

事例2 ディーゼルピストンのリング溝強化

ディーゼルエンジンの高性能化は、ピストンのリング溝部の高温化と高応力化につながるため、リング溝の強化が必要となる。そこで、リング溝部に多孔質鉄系焼結材料をアルミニウム合金と複合一体化したピストンを開発した (Fig.7)。これは、焼結の合金創製能力とプロセス統合能力が発揮されて課題解決ができた事例である。一次部品メーカーのアート金属工業、二次部品メーカーの日本粉末合金とトヨタが開発した。

Fig.4 PM as a green process.

Fig.5 PM advantages.

Fig.6 PM titanium engine valve.

Fig.7 Diesel piston groove reinforcement.

これらの開発の初期段階においては、新合金開発、新プロセス開発、部品評価、現象解析など多くの技術課題があった。したがって、自動車メーカー、一次部品メーカー、二次部品メーカー間の共同開発が必要となった。また、これらの開発では、形状付与能よりも、合金創製能力、プロセス統合能力や総合能力が必要であった。

6 自動車用焼結部品拡大のための提案

これまで述べてきた自動車メーカーを取り巻く状況変化、焼結の特長と課題を考慮し、今後、自動車用焼結部品の拡大をするためのいくつかの提案をする (Fig.8)。

(1) 一次部品メーカーや自動車メーカーとのより緊密な連携

これまで、焼結メーカーは自動車メーカーの主要課題に焦点を当てることにより、自動車での焼結部品拡大を図ってきた。しかしながら、今日では焼結メーカー単独で自動車のシステムを開発することは大変困難であり、したがって、一次部品メーカーや自動車メーカーとより緊密な連携をとり、システム開発を実施することが極めて重要となっている。

(2) 問題解決能力の強化

実現化技術としての焼結部品拡大を進展させるためには、以下の3点を強化すべきである。

① 基本性能

焼結部品の高密度化は、強度や耐摩耗性などの特性向上が可能である。しかしながら、通常の焼結プロセスで達成できる密度レベルは、まだ低いため著しく性能を低下させている。

② プロセス選択の拡張

いかなる要請にも応えられるように、接合、鋳造、鍛造、射出成形等の他の成形法を採り入れ組み合わせることにより、プロセス選択の幅を拡張すべきである。

③ 解決スピードの向上

実現化技術としての焼結には、すばやく課題解決できることが重要である。開発期間短縮のためには、たとえば、粉末充填などのシミュレーション技術を進展する必要がある、そのための科学的、基礎的研究を強化すべきである。

Fig.8 Recommendations for PM expansion.

(3) 設計者への啓蒙活動

設計技術者に焼結を実現化技術として認識してもらうことが大変重要である。MPIF, EPMA, JPMAなどの世界の焼結業界団体は、絶え間なく焼結の設計マニュアルやガイドブックを発行してきた。また、これらの団体が開催する焼結設計競技会の結果は世界中に発信されている。しかしながら、設計技術者へは、その情報が効果的には伝わっていない。表彰された部品は、量産で達成できる最高水準技術を示しているが、潜在能力について十分に示しているとは言えない。部品の形状的特徴は、技術的説明なしでも視覚的に訴えるので、設計競技会は形状付与能力に焦点が行きがちである。その結果、焼結は低コスト技術として認識されても、実現化技術としては認識されにくい状況である。実現化技術としての焼結の潜在能力を示すために適した新たな方法を探す必要がある。

ULSABに学ぶ

ULSAB コンソーシアムは1994年に設立された。自動車で軽金属が鉄鋼を脅かしているという共通認識が、多くの鉄鋼メーカーによる世界的なコンソーシアムを設立させた。このコンソーシアムは、高強度鋼が安全性や性能を損なうことなく低コストで自動車の軽量化の回答を提供できることを1998年に示した。詳細な結果は、提案型で自動車メーカーの設計者に伝えられた。このプロジェクトは一旦終了後、2年間のプロジェクトとしてのULSAB-AVCが1999年に始まった。この共同開発手法は焼結メーカーが、その高い潜在能力を示す方法として、大変参考になると考えられる。

キーワードは、共通認識、世界規模のコンソーシアム、提案型の情報発信である。

7 結 言

革新的であることと高い解決能力を保持し続けることが、焼結にとって最も重要である。同じ製品を変化なしに作り続けることは、その革新力を減退させることを意味する。自動車の最重要課題に直面し、それらに挑戦することが焼結の生き残る最善の方法である。