

自動車用焼結部品の現状

藤 木 章*

1. はじめに

焼結部品は複数の金属粉を混合し、金属せっけん系(ステアリン酸亜鉛など)の潤滑剤を添加し、プレスで圧縮成形し、その後高温で焼き固め(焼結)製品とするもので、広い意味での言い方としては“粉末冶金”と呼ばれる。希土類磁石やフェライトなどもある意味で粉末冶金的な作り方で製造されるが、ここでは構造用の焼結部品を主体に解説する。自動車用の焼結部品は鉄系が主体で、鉄粉に銅、黒鉛を添加したものが主流で、他にニッケル、モリブデンなどの合金元素も利用される。成形圧は700 MPa程度で、焼結の温度は1393 K (1120°C)程度であり非酸化性雰囲気中で行われる。近代の粉末冶金は高融点のタングステンを溶解しないで、線にすることから始まり⁽¹⁾一般の機械部品へ応用が拡大し、自動車用としてはGMのオイルポンプが世界初だといわれている⁽²⁾。現在国内の自動車には9 Kg程度の粉末冶金製品が用いられ、欧州も同等であるが、米国は2倍程度多い。この理由については後ほど説明する。

なお開発品の説明で、社名は開発当時の名前であり、現在社名が変更されている場合もある。

2. 自動車に搭載されている焼結部品について

(1) 一般的な工程によるもの

自動車に搭載されている焼結部品で前記のような通常の工程で作られるものは、主として、エンジンやトランスミッションに多く使われており、エンジンのプーリー、スプロケット、マニュアルトランスミッション(MT)のシンクロハブ、オートマチックトランスミッション(AT)のトルクコンバーターのタービンハブ等が有名である。これらを図1, 2, 3に示す。

米国で量が多いのはATのプラネタリーギアのキャリアや、クランクシャフトとピストンをつなぐコネクティングロッド(焼結鍛造による=後述)、クランクシャフトをささえる

クランクシャフトベアリングキャップなどに粉末冶金製品が使われている場合が日本より多いからである。(日本では鍛造品であったり、鋳造品であったりする)。

これ以外で最近量が増えてきたものが、可変動弁といわれるシステムの部品である。これはエンジンの回転数によりバルブの開閉タイミングや開閉量を変えるもので、これは高速回転になると、慣性で吸入空気が入ってくるため、低速と同じ条件でバルブを開閉すると、合理的でなく、低速回転と高速回転でバルブの開閉時期および開閉量を変化させることにより、燃費向上、排気低減が図れるからである。

(2) 特殊製造法による製品例

この項目では3つの例をあげる。

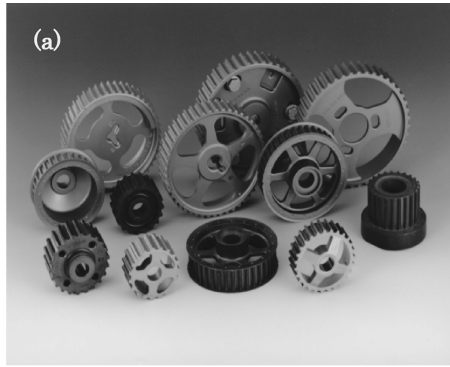
(a) 温間成形+高温焼結

通常の鉄系粉末冶金では室温で成形が行われるが、これを403 K (130°C)程度の温度で行うと高密度成形ができる。これは原料が純鉄であるため、高々403 Kでも圧縮降伏力が低下するためである。ただし潤滑剤等は特殊なものを用いる。さらに焼結温度を通常の1393 K (1120°C)レベルから1463 K (1190°C)に上昇させることにより高強度材が得られる。もちろん高温焼結すると寸法収縮が大きくなったり、歪も出るので、製造ノウハウが必要となる。この製法で作られたエンジンスプロケットは摩耗が厳しい直噴エンジンのサイレントチェーンスプロケットに適用されている⁽³⁾。図4(日産一日立粉末—ジャトコの共同開発)

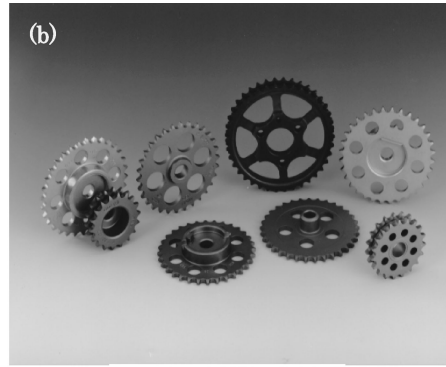
(b) 焼結接合(拡散接合)による部品

成形体同士を嵌めあわせ、焼結と共に拡散接合する技術で、事務機部品等では従来からあったが、精度、強度の要求が厳しい自動車部品への適用に日産一日立粉末が1994年に成功し⁽⁴⁾(図5)、その後さらにこれが改良され、表面は軟磁性系鉄系材料、芯部は構造系鉄系材料という焼結接合のモーターのローターの作成に本田一日立粉末が成功している⁽⁵⁾。ろう付け等によらない拡散接合(焼結接合)部品としては最大級で、自動車用焼結部品全体から見ても、かなり重い部類に入る(図6)。

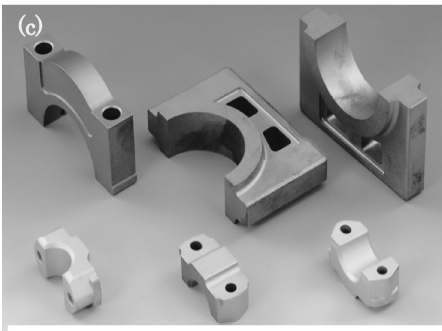
* 芝浦工業大学教授; システム理工学部機械制御システム学科(〒337-8570 さいたま市見沼区深作307)
Present Status of PM Automotive Parts; Akira Fujiki (Department of Machinery and Control Systems, College of System Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology, Saitama)
Keywords: automotive, powder metallurgy, warm compaction, sinter joining, hybrid vehicles, soft magnet materials
2014年6月17日受理[doi:10.2320/materia.53.608]



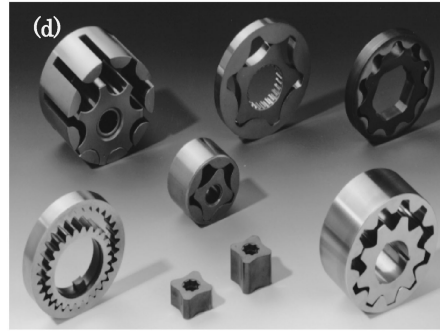
(a) プーリー



(b) スプロケット



(c) クランクシャフト、カムシャフトの
ベアリングキャップ

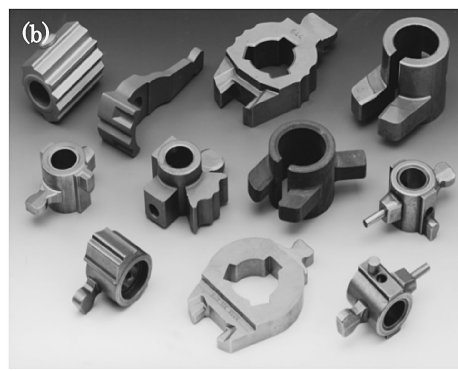


(d) オイルポンプ部品

図1 エンジン部品.



(a) シンクロハブ



(b) シフトフィンガー

図2 MT用部品.



プラネタリーギアキャリア



タービンハブ

図3 AT用部品.

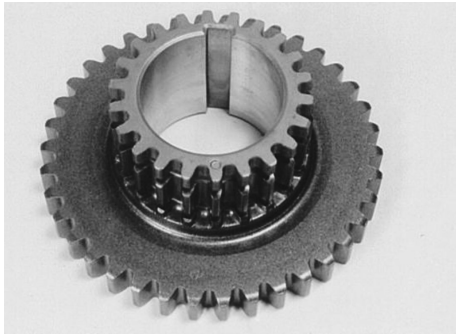


図4 温間成形+高温焼結によるスプロケット.



図7 焼結鍛造コネクティングロッド.

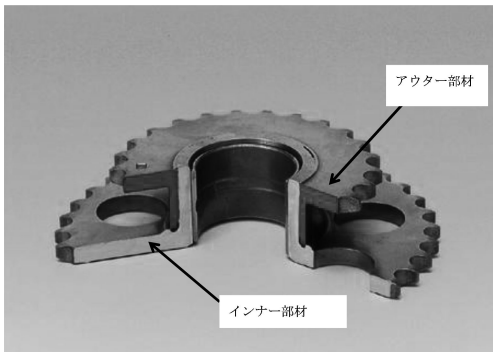


図5 焼結接合スプロケット.

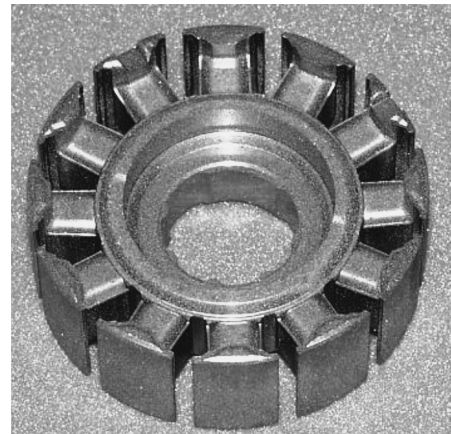


図8 圧粉磁心によるモーターコア.



図6 焼結接合のモーターローター.



図9 圧粉磁心によるリアクトルコア.

(c) 焼結鍛造による部品

焼結鍛造とは焼結後に再加熱して鍛造し、多孔質の焼結材を緻密化するものであるが、ロータリー型の炉を用いて焼結の途中で取り出して鍛造する場合もあり、これは厳密には粉末鍛造と呼ばれるが、一般には両者を含めて焼結鍛造と称している。焼結鍛造は工程からして通常の鍛造より重量ばらつきが小さいので、国内ではトヨタがV型エンジンのコネクティングロッドに従来から使用しており、マツダもフォードとの共同開発エンジンを中心に使用していた経緯がある(図7)。

(3) 特殊材料による製品例

特殊材の一つとしては、ステンレスの焼結材がABS(アン

チロックブレーキ)のタイヤの回転のセンサーローターとして1980年代の国内の自動車に採用され、1990年代には全車搭載に近くなり、かなり大量に採用されたが、2000年以降ABSの機構が変わったため、この部品は減少しつつある。しかし新興国の寒冷地向けでは、機構が簡単な従来タイプもまだ需要があると思われる。

また特殊材料の例として良く挙げられるのはバルブシート(バルブシートインサート)でバルブが着座するシリンダーヘッドに圧入されて使われる。この材料は鋳造等では作れない

複合組織を、粉末冶金では作れる利点を最大限利用したものであり、特に排気バルブシートは鉄ベースに、Cr, Mo, W, Co等のレアメタルを含む材料で鉄とレアメタルからなる硬質粒子とCaFのような固体潤滑材を両方含むような材料が使用されている。

電気・電子部品は冒頭で今回の解説から除くと書いたが、構造系と機能系の両面から考える必要のある部品でここにおいて記述すべきものとして、軟磁性圧粉部品が挙げられる。これは純鉄かFe-Si系の粉末の表面を無機化合物、あるいは有機化合物、場合によってはこれらの混合体でコーティングし、絶縁した鉄粉(絶縁鉄粉)を圧粉成形し、焼結はしないで成形体のままで絶縁鋼板の積層体の代わりに使うもので、形状が疑似3次元的でモーターのローターの芯材として使うと線積率(断面あたりの導線の比率)が向上したり、トランスコアやリアクトルのコアとして用いると高周波での渦電流損失が少ないといった特徴を持つ。モーターのコア⁽⁶⁾(図8)とリアクトルコア⁽⁷⁾(図9)の例をそれぞれ示す。

3. ま と め

以上、自動車用焼結部品について現状を書いてきたが、最後の方で述べた圧粉磁芯も増えてきている。このリアクトルコアは、ハイブリッド自動車のものであり、今後ハイブリッ

ド自動車(HV, HEV), 電気自動車(EV), 燃料電池自動車(FCV)が増えてくると、機能性に重点を置いた焼結部品(粉末冶金製品)が増えていくと思われる。

文 献

- (1) 若林章治, 渡辺悦尚: 新版粉末冶金, 技術書院, (1991), 2.
- (2) F. V. Lenel: Powder Metallurgy, J. Wulf, Ed., Cleveland, (1942), 502-511.
- (3) 藤木 章, 前川幸広, 馬淵 豊, 渡部貴也, 菅谷好美, 岩切誠, 芝野 隆: 紛体および粉末冶金, **49**(2002), 438-443.
- (4) 藤木 章, (株)紛体粉末冶金協会編: 紛体粉末冶金便覧, (株)内田老鶴圃, (2010), 244.
- (5) 小松敏奏, 浅香一夫: 紛体および粉末冶金, **50**(2003), 584-589.
- (6) (株)ファインシンター, アイシン精機(株): 紛体および粉末冶金, **51**(2004), 298.
- (7) トヨタ自動車(株), 大同特殊鋼(株), (株)豊田中央研究所: 紛体および粉末冶金, **57**(2010), 258.



藤木 章

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
 1983年 早稲田大学修士課程修了
 1997年 博士(工学)早稲田大学
 1983~2009年6月末日 日産自動車(株)
 2009年7月~ 現職
 専門分野: 粉末冶金, 環境材料, トライボロジー
 ◎粉末冶金を中心に研究, 最近では圧電素子や色素増感太陽電池, 熱電素子等の機能性材料についても研究を行っている。
 ★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★