解 説

ディーゼルエンジン用焼結カムローブ材の開発

宮内 憲一^{☆1}, 小林 幹和^{☆1}, 小川 永司^{☆2}^{☆1}三菱自動車工業(株)トラックバス技術センター, 〒211-8522 川崎市中原大倉町 10.^{☆2}日本ピストンリング(株)技術開発第2部, 〒329-0114 栃木県下都賀郡野木町野木 1111.

Development of Sintered Materials for Cam Lobe in Diesel Engine

Kenichi Miyauchi^{☆1}, Motokazu Kobayashi^{☆1} and Eiji Ogawa^{☆2}^{☆1}Mitsubishi Motors Corporation, 10 Ohkubo-cho Nakahara-ku, Kawasaki 211-8522.^{☆2}Nippon Piston Ring Co., Ltd., 111 Nogi Nogi-machi Shimotsuga-gun, Tochigi 329-0014.

Received January 14, 1999

SYNOPSIS

In order to satisfy the weight and cost reduction of camshaft for trucks and buses, and to improve its wear resistance, it is effective to adopt the composite camshaft which is connected by diffusion-join process between steel shaft and cam lobe. Damage mode between slipper type tappet which is widely adopted for OHV type diesel engines and cam lobe is scuffing and pitting. Thus, it has become necessary to adopt the sintered materials, for cam lobe, which has great resistance to scuffing and pitting. We have developed a Fe based sintered materials for cam lobe to be used together with widely adopted low cost hardened chilled-cast iron tappet. The material for cam lobe has great resistance to scuffing with precipitating of a large quantity of fine Cr-carbide, and has great resistance to pitting with strengthening the matrix by containing a proper amount of Mo and Ni.

KEY WORDS

composite camshaft, cam lobe, sintered materials, resistance to scuffing, resistance to pitting

1 背景・目的

トラック・バス用のディーゼルエンジンに対しては、排ガス規制対応、高出力化、燃費向上のニーズがある。そのため、EGRシステムの採用、バルブスプリング力の増大およびカムローブの狭角化、エンジンオイルの低粘度化等が必要であり、カム/タペット間の使用環境はますます過酷となる傾向にある。

トラック・バス用に多く採用されているOHV型ディーゼルエンジン(Fig.1)のテーバカムローブ・球面タペット間は、滑りと転がり混在した接触状況であるため、過酷な使用の場合スカuffingおよびピッチングが混在した損傷形態となる。このようなニーズに対応するために、安価な焼入れチル鋳物タペットとの組み合わせに対して耐スカuffing性能および耐ピッチング性能に優れた組立式カムシャフト用の鉄系焼結カムローブ材を開発し実用化した。

2 焼結材の検討

カム・タペット間は境界潤滑であるため、双方が直接的に接触する確率が高くなる。タペットに使用する焼入れチル鋳

物は、マルテンサイトの基地中にセメンタイト(Fe_3C)が分散した組織である。またカムローブ材である鉄系焼結材は、鉄基地中に炭化物が析出した組織である。したがって、カムローブでスカuffingの発生を抑制するためには、

- ① 非金属同士の接触の確率を高くする: 摺動面表面に炭化物をできるだけ多量に析出させる。
- ② 基地組織を凝着しにくい組織にする: 基地組織にスカuffingが発生しやすい残留オーステナイト(以下 γ_R と示す)量を減少させる。

が必要である。

また耐ピッチング性能を向上させるためには、

- ③ 炭化物の微細化: 炭化物は耐スカuffing性能に有効であるが、靱性が低いのでできるだけ小さくする。
- ④ 基地組織強化: 基地について、硬度を高くし疲労強度をあげるためマルテンサイトまたはベイナイトにする。

が必要である。

以上の点に留意して Table 1 に示すように、Cr, Mo, Niの添加量を変化させた供試材料を選定し試験を行なった。

3 試験方法

耐スカuffing性能の評価は、カムシャフトとタペットの実部品を使用しFig.2に示すような試験機で行なった。この試験機におけるスプリング荷重は980~3600Nまで自由に設定可能である。評価は、カムシャフトを一定時間回転させながら、スプリング荷重を低荷重(980N)から、カム・タペット間にスカuffingが発生するまで段階的に上昇させ、スカuffingが発生した時点でのスプリング荷重を耐スカuffing限界荷重とした(Fig.3)。

また耐ピッチング性能の評価は、実機エンジンでジャンピングが発生する高回転域を多用し、カムノーズ部付近のカム・タペット間の接触面圧を過酷にした条件でのファイアリング耐久試験(実エンジンで実際に燃焼させて行なう耐久試験)で行なった。

4 試験結果および考察

試験結果を、Table 1 に示す。

耐スカuffing性能について、供試材料No.1, 3の耐スカuffing限界荷重は1200Nと低く、その他の材料のものは高い。このことから、 γ_R 量が50%と多い場合は耐スカuffing性能は低く、その他の材料のように γ_R 量が5%以下

と少ない場合は、耐スカuffing性能は確保されているといえる。またCr量が増加するに伴い析出する炭化物の量は増

Fig.1 Cross section of valve train.

Table 1 Results of test.

No.	Sintered Materials	Hardness HRC	Structure of Matrix	Size of Carbide	γ_R %	Scuffing Limited Load N	Resistance to Pitting
1	4Cr-2Mo-2Ni	56	M+B+ γ_R	Small	50	1200	○
2	4Cr-1Mo-0Ni	45	P	Coarse	≤ 5	≥ 3600	×
3	8Cr-2Mo-2Ni	58	M+B+ γ_R	Fine	50	1200	○
4	8Cr-2Mo-0Ni	51	P	Fine	≤ 5	≥ 3600	×
5	8Cr-1Mo-0Ni	46	P	Fine	≤ 5	≥ 3600	△
6	8Cr-2Mo-1Ni	57	M+B+ γ_R	Fine	30	≥ 3600	○
7	10Cr-1Mo-0Ni	50	P	Fine	≤ 5	≥ 3600	×
8	12Cr-1Mo-0Ni	47	P	Fine	≤ 5	≥ 3600	×

* 1 M: Martensite B: Bainite γ_R : Retained Austenite P: Pearlite

* 2 ○: No Pitting ×: Occurrence of Remarkable Pitting

△: Occurrence of Minute Pitting

Fig.2 Testing equipment.

Fig.3 Testing condition.

加し、耐スカuffing性能の向上に有利と考える。この点について γ_R 量が少ない供試材料 No.2, 4, 5, 7, 8 で比較すると、今回の試験条件では耐スカuffing限界荷重は、試験機のスプリング荷重設定能力の制約からいずれも 3600N 以上となり、炭化物量による耐スカuffing性能の優位差を明確にはできなかった。しかし、耐スカuffing限界荷重が 3600N であれば実用上問題ない高いレベルである。

耐ピッチング性能について、供試材料 No.1, 3, 6 のように基組織がマルテンサイトとベイナイトを基本としたものは、耐ピッチング性能が優れている。しかし供試材料 No.2, 4, 5, 7, 8 のように基組織がパーライトのものは、Fig.4 に示すようにカムノーズ部付近にピッチングが発生した。以上の結果から基組織の強化は耐ピッチング性能向上に重要であること

Fig.4 Example of pitting.

Fig.5 Relation between amount of γ_R and content of Ni.

がわかる。また、Cr 量が増加するに伴って、炭化物が多量にしかも微細に析出する傾向にある。そこで炭化物の大きさによる耐ピッチング性能への影響について、供試材料 No.2, 5, 8 の硬さがほぼ同等 (HRC45~47)、基組織がパーライトのもので比較した。供試材料 No.5 の 8%Cr 材はピッチングは軽微であったが、粗大な炭化物が析出する供試材料 No.2 の 4%Cr 材だけでなく、かなり微細な炭化物が析出する供試材料 No.8 の 12%Cr 材でもピッチングが発生し、炭化物の微細化による耐ピッチング性能に対する明確な効果を得ることはできなかった。これは、耐ピッチング性能に及ぼす影響に対しては、炭化物の大きさの因子よりも、基組織の因子の方が大きいためと考える。

以上の供試材料 (No.1~5, 7~8) は、耐スカuffing性能、耐ピッチング性能のどちらか一方のみ優れたもので双方のバランスがとれた性能を有したものでない。これらに対し供試材料 No.6 は、耐スカuffing性能および耐ピッチング性能双方に優れている。これは、耐ピッチング性能については、基組織強化を目的に焼結後の焼入れ性向上に効果がある Mo を 2% 含有して、硬さが HRC57 と高く、基組織がマルテンサイト+ベイナイトを基本としているためである。また耐スカuffing性能について、 γ_R 量が 50% と多量の場合には耐スカuffing性能に悪影響を及ぼすが、30% レベルであれ

ば問題はないことがわかった。このことから、耐スカuffing性能に悪影響を及ぼさないような γ_R 量の適正な領域があると考え、 γ_R 量およびNi量と耐スカuffing性能と耐ピッチング性能との関係について調べた。Fig.5に示すように、スカuffingの発生要因となる γ_R 量とNi添加量とは正の関係があり、 γ_R 量が約40%以下であれば耐スカuffing性能は確保され、また γ_R 量が約10%以上であれば耐ピッチング性能は確保されることがわかった。したがって γ_R 量30%のレベルが、耐スカuffing性能と耐ピッチング性能双方が確保される領域であり、このレベルになるようにするためには、Niの添加量が1%レベルであるといえる。また、今回の試験では、炭化物の量および大きさによる耐スカuffing性能および耐ピッチング性能の優位差を明確にできなかったが、Crが8%であれば、炭化物も多量かつ微細であり双方性能に有利であると考ええる。

5 開発材組織

以上の検討結果から、8%Cr-2%Mo-1%Niの鉄系焼結材を選定した。組織をFig.6に示す。マルテンサイト+ベイナイト+ γ_R の基地中に、(Cr, Mo, Fe)複合炭化物が析出している。また、空孔を少なく緻密な焼結材とすることを目的に焼結助剤としてリンを添加しているため、ステダイトが少量晶出している。過度にステダイトが晶出する場合は、相手攻撃性が高くなるが、開発材は粗大化したステダイトは認められず問題ない。

6 ま と め

安価なチル鋳物タペットとの組み合わせで耐スカuffin

Fig.6 Microstructure of developed hard sintered material.

グおよび耐ピッチング性能に優れた組立式カムシャフトのカムロープ用焼結材を以下の点に留意して開発し実用化した。耐スカuffing性能および耐ピッチング性能双方に優れたものとするため、

- (1) Cr添加量については、炭化物を多量・微細化に析出するように8%添加した。
- (2) Ni添加量については、耐スカuffing性能に有害な γ_R が過剰にならない範囲(約30%)となるように1%添加した。
- (3) Mo添加量については、基地組織強化のためにマルテンサイト+ベイナイトとなるように2%添加した。