

マグネシウム高圧ダイカスト製 インテークマニホールドの開発

Development of High-pressure Diecast Magnesium Intake Manifold

鷲 頭 和 裕*
Kazuhiro WASHIZU
大 岸 秀 高*
Hidetaka OGISHI

武 石 伊久雄*
Ikuo TAKEISHI
田 畑 勝 宗*
Masamune TABATA

佐 藤 直 樹*
Naoki SATO

要 旨

北米向け ACCORD Hybrid に搭載した新開発V型6気筒 Integrated Motor Assist(IMA)エンジンに、軽量化を目的としてマグネシウム高圧ダイカスト製インテークマニホールドを採用した。

インテークマニホールドの本体は、ELYSIONに搭載したアルミニウム高圧ダイカスト製インテークマニホールドと同様に二分割構造とし、分割面のシールはマグネシウム高圧ダイカスト製トランスミッションケースに使用されているマグネシウム用液体パッキンを、また、燃料インジェクタベースのシールには改良型のメタルガスケットを採用した。

本マグネシウム高圧ダイカスト製インテークマニホールドは、従来のアルミニウム低圧鋳造製インテークマニホールドに対して 44%、アルミニウム高圧ダイカスト製インテークマニホールドに対しては、33%の軽量化を達成した。

ABSTRACT

A magnesium high-pressure diecast (Mg HPDC) intake manifold has been used in the newly developed V6 Integrated Motor Assist (IMA) engine on the ACCORD Hybrid for the North American market.

The body of the intake manifold features the same split structure used in the aluminum high-pressure diecast (Al HPDC) intake manifold fitted in the Honda ELYSION. The two parts of the body are sealed with a formed in-place gasket (FIPG). This FIPG is also used in Honda's high-pressure diecast magnesium transmission case. A modified version of a metal gasket has been used for the seal of fuel injector base.

The new magnesium high-pressure diecast (Mg HPDC) intake manifold is 44% lighter than a conventional aluminum low-pressure diecast (Al LPDC) intake manifold and 33% lighter than an Al HPDC intake manifold.

1. まえがき

近年、地球環境問題に対する取り組みの一つである燃費改善を図るため、車両軽量化に対する効果的な手段であるマグネシウム合金の適用が拡大されている。

Honda では、これまでマグネシウム合金 AZ91D 材を用いたエンジンヘッドカバーや、同 AM50A 材を用いたステアリングホイール、また耐熱マグネシウム合金を用いたエンジンオイルパンやマニュアルトランスミッションケースを実用化してきた。

今回、エンジン軽量化に対する取り組みの一環として、大型部品であるV型6気筒エンジン用インテークマニホールドの製造方法としてマグネシウム高圧ダイカスト(以下マグネシウム HPDC)化に取り組んだ。

2. 開発のねらい

Honda のV型6気筒エンジンに採用されているアルミニウム低圧鋳造(以下アルミニウム LPDC)製インテークマニホールドを、既存技術と量産設備をそのまま利用し、マグネシウム HPDC 化することで、出力 300 ps 級の高出力エンジンにも対応可能な軽量インテークマニホールドを具現化することが、今回の開発のねらいである。

筆者らは、マグネシウムHPDC化による軽量化が達成できるように、開発にあたり以下の目標を設定した。

- (1) 量産アルミニウム LPDC 製インテークマニホールドと同等のシール性、強度耐久性を有すること。
- (2) 同じく、量産同等の音、振動特性を有すること。
- (3) マグネシウム HPDC 製法による薄肉大物部品の鋳造に

*栃木研究所

て、アルミニウム高圧ダイカスト(以下アルミニウム HPDC)同等の製品品質を達成すること。

3. 構造及び構成

3.1. 基本構造

Fig. 1に示すように、インテークマニホールド本体は、インテークマニホールドアッパーとインテークマニホールドロアーの2部品で構成され、それらの合せ面を液体パッキン(Formed In Place Gasketing 以下 FIPG)によりシールし、ボルトで締結する。

インテークマニホールド本体には、さらにアッパーカバーとインジェクタベース及びスロットルボデーがボルトで締結される。

また、インテークマニホールド内部にはステンレス製のEGRパイプがボルトで固定され、外部のホース接続部位には鉄製ジョイントが圧入される。

3.2. 分割構造

マグネシウム HPDC 製インテークマニホールド本体は、Fig. 2に示すように平面分割部と立体分割部とで構成されている。

3.2.1. ポート部分割構造

マグネシウム HPDC 製インテークマニホールドでは排気量3.5 L、出力300 ps級の高出力エンジンに対応できるポート形状とするため、立体分割構造を採用した。Fig. 3 (1) のような平面分割構造とした場合、ポート形状がL字型となり空気の流れがスムーズでないため、Fig. 3 (2) のようにポート形状を滑らかな曲線型とし、空気がより流れやすい立体分割構造とした。

3.2.2. スロットルボデー取付フランジ部分割構造

スロットルボデー取付フランジ部を平面分割構造とすると、Fig. 4 (1) に示すようにスロットルボデー取付フラン

ジは、インテークマニホールドアッパーとインテークマニホールドロアーで形成される。このため、スロットルボデーシール面の加工が、インテークマニホールドアッパーとインテークマニホールドロアーを組付けた後の共加工となる。その結果、単品加工の次に組立をおこない、その後共加工となるため工程が複雑になる。これを避けるため、スロットルボデー取付フランジ面をインテークマニホールドロアー単品で加工できるように、Fig. 4 (2) のようにスロットルボデー取付フランジ側の外周フランジ部を立体分割構造とした。

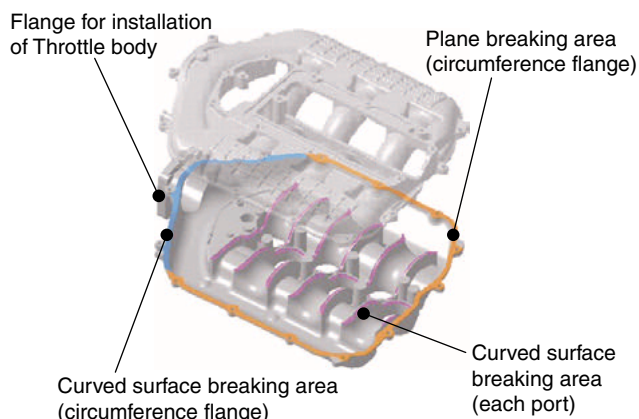


Fig. 2 Breaking structure

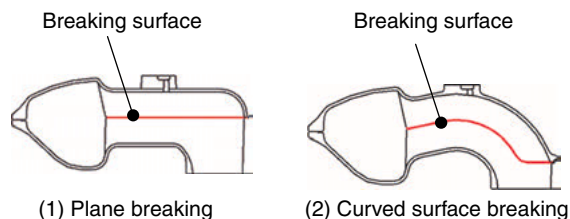


Fig. 3 Section shape of port

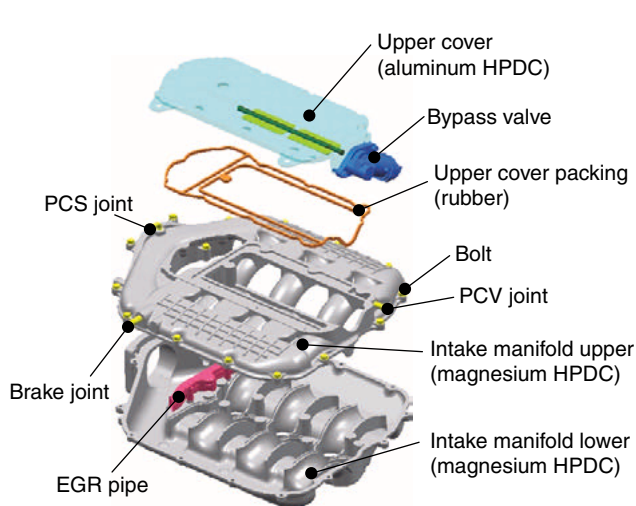


Fig. 1 Structure of magnesium HPDC Intake manifold

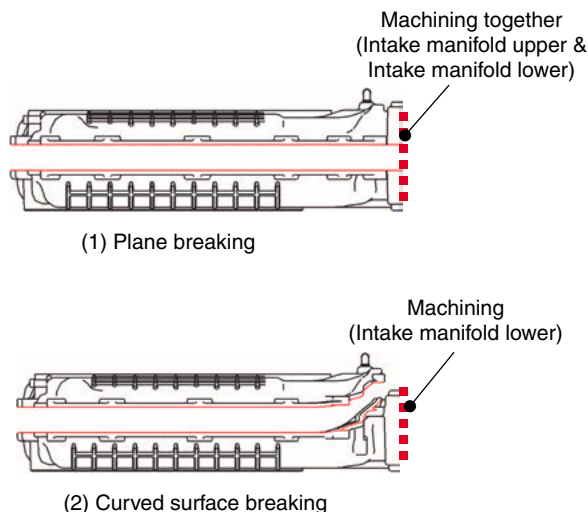


Fig. 4 Breaking pattern

3.3. シール構造

マグネシウム HPDC 製インテークマニホールドには、FIPGによるインテークマニホールドアッパーとインテークマニホールドロアーとのシール部のほかに、Fig. 5に示すようにインテークポートを形成する燃料インジェクターベースとの締結面、アッパーカバーとの締結面、スロットルボデーとの締結面があり、それぞれメタルガスケット、ラバーパッキン及びジョイントシートによりインテークマニホールド内の気密性を確保している。

3.3.1. FIPG シール部

インテークマニホールドアッパーとインテークマニホールドロアーとの FIPG シール部は、Fig. 2 に示したように外周フランジ部とポート部に分かれており、FIPGシール面の構造は Fig. 6 に示すように、外周フランジ部とポート部で異なる。

外周フランジ部は FIPG たまり部(Fig. 6 ○部)を設けることにより、インテークマニホールド内の内圧脈動変化によるシール面の口開きに対し、FIPG伸びの追従性を持たせている。また、ポート部は締結ボルトを有していないことから、エンジン運転時のインテークマニホールド内の気圧変動による垂直、水平、斜め方向のあらゆる変形に対してシール機能を維持できるよう、立体的なシール構造とした。

3.3.2. インジェクタベースシール部

インジェクタベース面は、メタルガスケットによりインジェクタベースとインテークマニホールドとの気密性を保

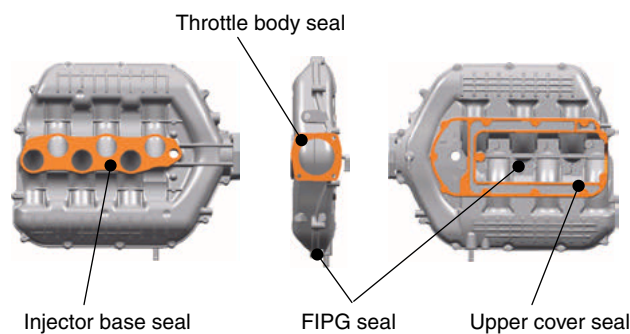


Fig. 5 Seal position

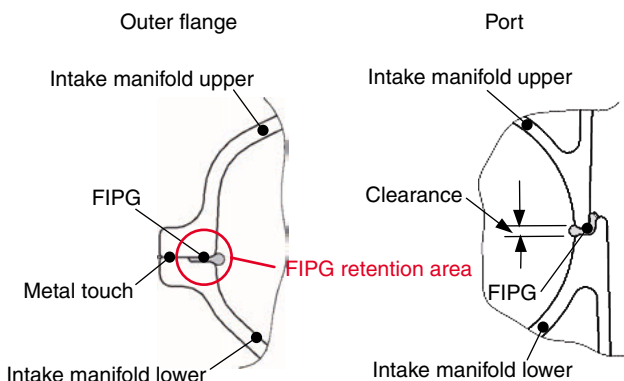


Fig. 6 Structure of FIPG seal plane

持している。マグネシウム合金は、アルミニウム合金に比べてヤング率が低いことから、インジェクタベース面の締結剛性が低下することが予想された。このため、シール面の動きに対して追従性を高め、従来と同等以上のシール性を確保できるように、ガスケットシール部のエンボス状突起(以下ビード)形状をFig. 7に示すようにフルビードタイプからハーフビードタイプとした。

ハーフビードタイプはフルビードタイプに比較して約2倍以上のビード復元率(圧縮後開放ビード高さ/初期ビード高さ)を有している。

3.3.3. アッパーカバーシール部

アッパーカバー面はラバーパッキンでシールされる。パッキンの材質は Fluoro Rubber(FKM)とすることにより低温シール性を確保し、またパッキンの断面は Fig. 8 に示すように左右対称タイプとすることで、パッキンの倒れによるシール性低下が発生しにくい形状とした。

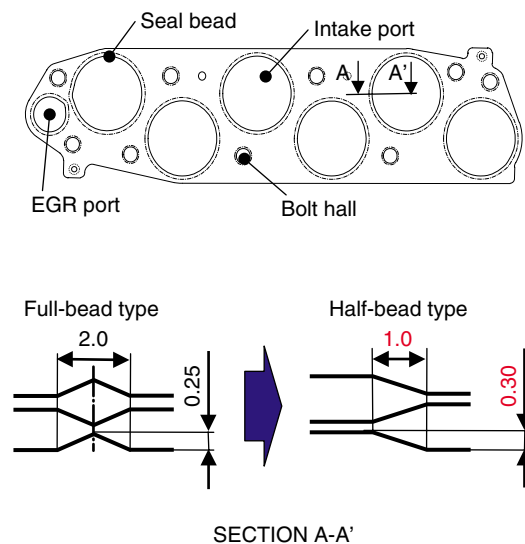


Fig. 7 Appearance and section view of Injector base gasket

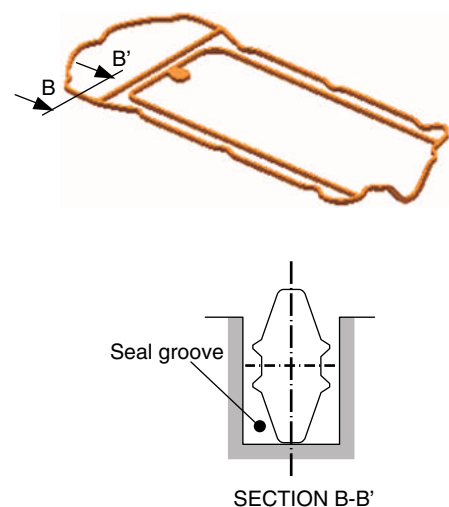


Fig. 8 Appearance and section view of Upper cover packing

3.4. 音・振動対策

本インテークマニホールドは、薄型扁平形状であることから、音と振動特性の悪化が予想された。振動解析の結果から、平面剛性を向上させるため Fig. 9 に示すように、共鳴管上の平面部に格子状のリブを設置すると共に、インテークマニホールド内部に締結ボルトを追加し、共鳴管上の振動特性を改善した。

3.5. 共鳴切換バルブ機構

従来のアルミニウム LPDC 製インテークマニホールドではインテークマニホールド本体にドリル加工を施し、共鳴切換バルブを取付けていた。マグネシウム HPDC 製インテークマニホールドでは、インテークマニホールドアッパーとインテークマニホールドロアーの合わせ面は加工をおこなわない素材面であることから、合わせ面平坦度によるドリル加工部への歪の影響を避けるため、アッパーカパー側にバルブ機構を設置した。

3.6. 耐食性

マグネシウム HPDC 製インテークマニホールドに使用したマグネシウム合金 AZ91D 材の耐食性は、アルミニウム HPDC 製インテークマニホールドに使用されているアルミニウム合金 ADC12 材と同等以上であり、防食を目的とした塗装は必要性無いが、本部品では外観商品性の観点から、インテークマニホールドアッパー部のみ塗装した。

また、ボルト締結部の電食対策として、マグネシウム HPDC 製トランスミッションケースに使用されているクロムメッキボルトを採用した。

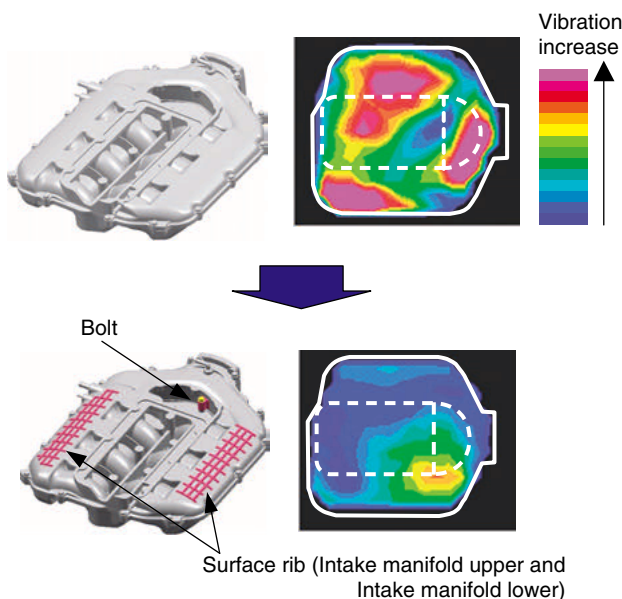


Fig. 9 Effect of surface rib on vibration reduction

4. マグネシウム HPDC 鑄造技術

まず、インテークマニホールドの金型を製作するに当たり、鑄造シミュレーションをおこない鑄造方案を設定した。ダイカスト鑄造マシンは、高速射出タイプを使用し、鑄造方案の小型化が可能な横型方案を採用した。

開発開始時点では、溶湯の湯廻り性を向上させるため真空ポンプにより金型内を減圧し、指向性凝固するように金型内の温度勾配を配慮して金型の冷却回路及び温調回路を設置した。

4.1. 鑄造シミュレーション

インテークマニホールドアッパーの鑄造方案は、マグネシウム合金の凝固時間がアルミニウム合金に比較して短いことから、製品内部の溶湯の充填遅れが発生しないように、同一形状であるアルミニウム HPDC 製インテークマニホールドの鑄造方案に対し、Fig. 10 に示すように製品の横側に湯道(サイドゲート)を、そして製品内部の空間部に湯道(ブリッジ)を新たに設置した。

鑄造シミュレーションの結果、アルミニウム HPDC 製法の鑄造方案の場合と同じように、溶湯の最終充填部は湯口ゲートの反対側となり、製品中央部にガス残りや最終凝固部の発生が無いことが確認できた。

インテークマニホールドロアーに対しても、Fig. 11 に示すようにインテークマニホールドアッパー同様製品中央部

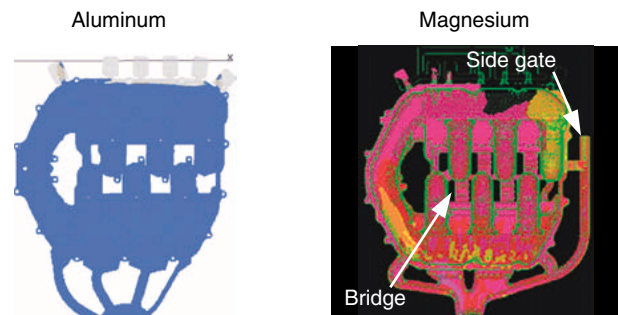


Fig. 10 Simulation of casting of Intake manifold upper

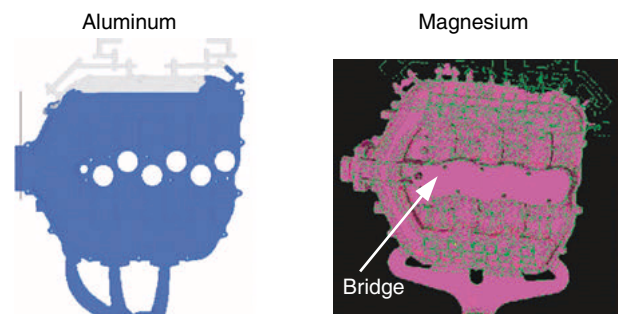


Fig. 11 Simulation of casting of Intake manifold lower

に位置するインテークポート孔をふさぐようにブリッジを設置し、湯流れ性の向上を図った。鋳造シミュレーションの結果から、アルミニウム HPDC 製法の鋳造方案と同様に、溶湯の最終充填部は湯口ゲートの反対側となり、製品中央部にガス残りや最終凝固部の発生が無いことが確認できた。

4.2. 鋳造条件設定

試作における鋳造条件に関するパラメータスタディの結果から、鋳造条件を設定した。

締結ボス厚肉部の引け巣の発生を防止するために、鋳抜きピンのスーパークール(水冷と空冷を組合わせた鋳抜きピンの内部冷却)を加えた。スーパークールの設置により、鋳抜きピン表面の過熱による締結ボス厚肉部の表面の引け巣 (Fig. 12 ○部) は改善された。

また、外周フランジ部の FIPG シール性に影響が大きいインテークマニホールドアッパーとインテークマニホールドロアーの外周シール面のクリアランスを確保するため、金型の合せ込みにより単品での外周フランジ部平坦度を改善した。さらに、平坦度の分布幅を低減するため、製

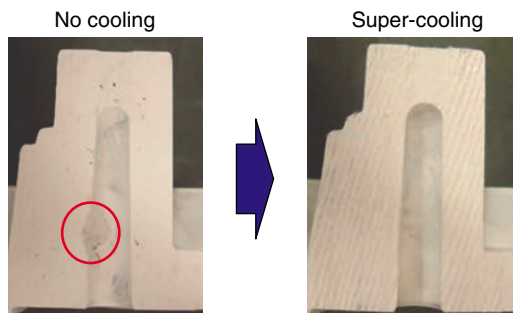


Fig. 12 Effect of Super-cooling

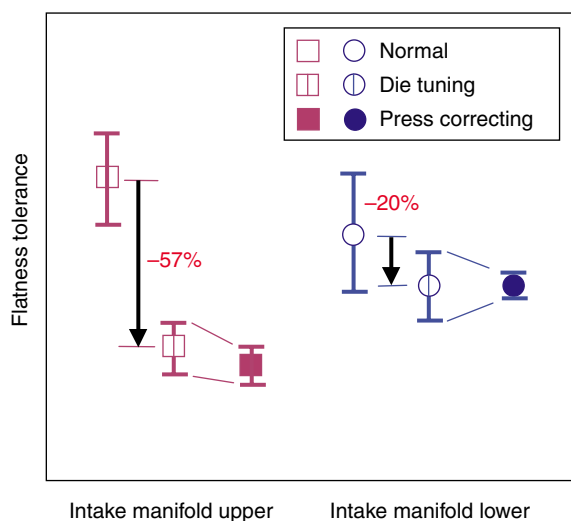


Fig. 13 Flatness of outer flange

品取出し後の湯口ゲートを除去する際に、湯口ゲート除去プレス機による歪矯正を実施した。これは、治具により外周フランジ部を押さえる時間を通常より長くすることで、矯正効果を持たせるものである。この結果、Fig. 13 に示すように素材平坦度の中央値が小さくなり、かつ分布幅が少なくなった。

5. 軽量化効果

Fig. 14に示すように、V型6気筒エンジン用マグネシウム HPDC 製インテークマニホールドは従来のアルミニウム LPDC 製インテークマニホールドに対して 44%の軽量化を達成した。

Fig. 15 にマグネシウム HPDC 製インテークマニホールドの外観を示す。

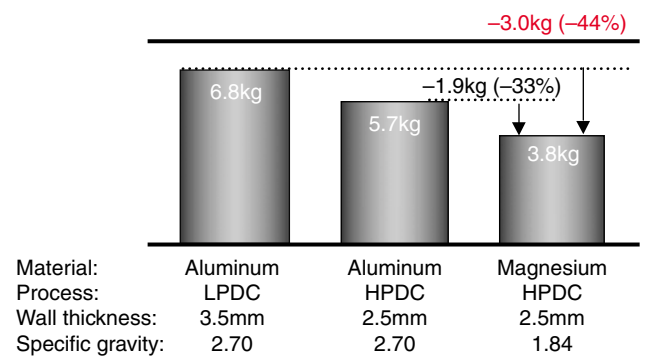


Fig. 14 Comparison of Intake manifold weight

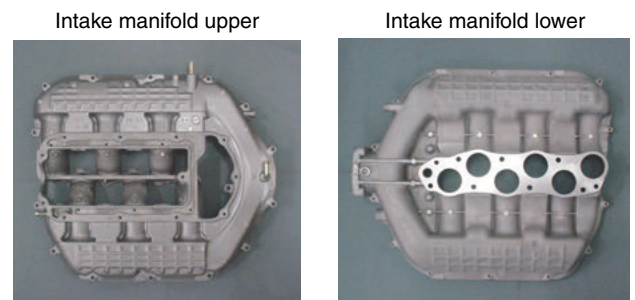


Fig. 15 Appearance of Intake manifold

6. まとめ

マグネシウム HPDC 製インテークマニホールドを開発し、以下のような結果を得た。

- (1) マグネシウム HPDC 製インテークマニホールドにおける液体パッキングによる立体シール技術と、メタルガスケットによる低剛性部品に対するシール技術を確立した。
- (2) 低剛性部品に対し、形状の最適化により量産アルミニウム LPDC 製インテークマニホールド同等の音、振動

特性を達成した。

- (3) 薄肉大物部品のマグネシウム HPDC 鑄造技術を確立し、アルミニウム HPDC 同等の製品品質を達成した。
- (4) 量産アルミニウム LPDC 製インテークマニホールドに対して、44%の軽量化を達成した。

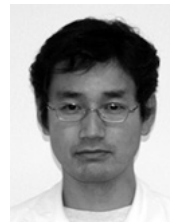
参考文献

- (1) 宮下英明, 中田雅之, 坂田正保, 早川幸宏, 松村定晴:
耐熱マグネシウム合金を適用した軽量 MT ケースの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.2, p.135-142
- (2) 小池精一, 鷺頭和裕, 田中重一, 馬場剛志, 木皮和男:
耐熱マグネシウム合金を適用した軽量オイルパンの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.1, p.167-174

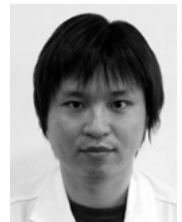
■著 者■



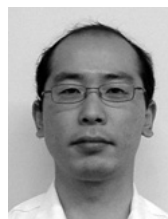
鷺 頭 和 裕



武石伊久雄



佐 藤 直 樹



大 岸 秀 高



田 畑 勝 宗