

ディーゼルエンジン用アルミニウムシリンダブロックの開発

Development of Aluminum Cylinder Block for Diesel Engine

山 崎 雅 和*

Masakazu YAMAZAKI

川 畑 光 彦*

Mitsuhiko KAWABATA

高 井 淳*

Atsushi TAKAI

伊 藤 理**

Osami ITO

村 上 修*

Osamu MURAKAMI

黒 木 孝 一**

Koichi KUROKI

要 旨

欧州向け新型アコードに搭載した新開発 2.2L 4気筒 i-CTDi(Intelligent Common rail Turbo Diesel Injection)ディーゼルエンジンに、新に開発した ASCT(Advanced Semisolid Casting Technorogy)製法の高強度アルミニウム合金製シリンダブロックを採用した。この製法は、半凝固アルミニウムを高圧鋳造において鋳造する。合わせて開発した耐圧砂中子を用いることでクローズドデッキの成形を可能とし、さらに、熱処理を施すことで高い材料強度も確保した。

また、高いクランクシャフトジャーナル荷重に対しては、鋳鉄製のベアリングキャップを鋳込んだアルミニウムダイキャスト製のロアブロック構造を採用した。ボア変形を低減させるダミーヘッドホーニングやオフセットシリンダの採用により、高い静粛性を有しながら最新ディーゼルエンジンの高燃焼圧に対応した軽量、コンパクトなシリンダ構造を成立させた。

以上により、従来の同排気量クラスの鋳鉄製ディーゼルエンジンのシリンダブロックに対して、約30%の軽量化を達成することができた。

ABSTRACT

A high-strength aluminum cylinder block manufactured using a new production process, ASCT (Advanced Semisolid Casting Technorogy) has been adopted for the newly developed 2.2L 4-cylinder i-CTDi (Intelligent Common rail Turbo Diesel Injection) diesel engine fitted in the new Accord to be marketed in Europe. In the production process, the semi-solid aluminum is used during high pressure die-casting. In addition, newly developed pressure-proof sand core are used to mold the closed deck, and heat treatment is conducted to ensure the high level of materials strength.

To respond to the high load on the crankshaft journal, die-cast aluminum lower blocks, in which the cast iron bearing caps are included, are employed. Adopting the dummy head honing and offset cylinders to reduce bore deformation have enabled the achievement a lightweight and compact cylinder configuration matched to the high combustion pressure of the latest diesel engines, while maintaining a high level of quietness.

Thanks to these measurements, 30% of weight reduction in the new cylinder block has been achieved compared to that of the conventional cast iron diesel engines of the same displacement.

1. まえがき

近年ディーゼルエンジンの性能は、コモンレールを始めとした燃料噴射系の進歩とともに飛躍的に向上している。それに伴い燃焼圧も増加し、シリンダブロックを始めとするエンジンの構造部品は、より堅牢さを求められている。一方、CO₂低減の観点から軽量化コンパクト化の必要性があり、エンジンの最重量部品であるシリンダブロックの軽量

化は重要である^{(1), (2)}。そのことからディーゼルエンジンにおいてもアルミニウム合金製シリンダブロックが採用されつつある⁽³⁾。

ガソリンエンジンでは、すでに一般的になっているアルミニウム合金製シリンダブロックの多くは、その生産性の点より高圧鋳造(High Pressure Die-Casting以下、HPDC)製法にて作られているものが多い。しかしながら、このHPDC製法では、アンダカット形状が造形できないことからシリ

* 栃木研究所

**ホンダエンジニアリング(株)

ンダヘッドとの合わせ面を形成するデッキ部分は、オープンデッキ構造とする必要がある。また、素材品質の問題から溶体化熱処理による強度向上も難しい。一方、クローズドデッキや熱処理の実現のために低圧鋳造(Low Pressure Die-Casting以下、LPDC)製法を採用すると、薄肉化が難しくなりシリンダボア間の寸法の増大、ひいては、シリンダブロック全体の重量増加と生産性の低下を強いられるという問題がある⁽⁴⁾。

性能と生産性を低下させることなく高性能ディーゼルエンジンのシリンダブロックをアルミニウム合金にて成立させるためには、その構造の検討とともに新たな製造技術の革新が必要だった。そこで本開発では、半凝固ダイキャストと耐圧砂中子の採用によりそれらの課題を解決し、高生産性を維持しつつ軽量化を達成した。

2. ディーゼルエンジン用シリンダブロックの開発コンセプトと要求性能

初代シビック開発以来、基幹部品であるシリンダブロックをアルミニウム化することにより、軽量かつコンパクトなエンジンを作ってきた。今回新たに開発した i-CTDi ディーゼルエンジン(Fig. 1)のシリンダブロックは、2.0Lから 2.4L クラスのガソリンエンジン i-VTEC(Intelligent Variable Valve Timing and Lift Electronic Control System)シリーズ(K24A型)と同一のパッケージング性および加工設備への適用を達成させるために、同シリーズのシリンダブロックをベースに設計をおこなった。コンセプトとして、ベースのガソリンエンジンのシリンダブロックに対して最小限の重量増加で他社の高出力ディーゼルエンジンに使われている鋳鉄製シリンダブロックに対して機能、性能的に劣らない高性能のシリンダブロックとすることを目標とした。ディーゼル化に伴う基本諸元の比較を Table 1 に示し、Fig. 2 に、シリンダブロック外観を示す。



Fig. 1 External view of i-CTDi engine

Table 1 Specifications of engines and cylinder blocks

	i-CTDi Diesel	i-VTEC Petrol
Total displacement (cc)	2204	2354
Bore (mm)	85	87
Stroke (mm)	97.1	99
Bore pitch (mm)	94	94
Compression ratio	16.7	10.5
Maximum output /engine speed	103kW (140PS)/ 4 000rpm	147kW (200PS)/ 6 800rpm
Maximum torque /engine speed	340Nm/2 000rpm	225Nm/4 500rpm
Configuration	Closed deck/ Lower block configuration	Open deck/ Lower block configuration
Block height (mm)	247.1	231.5
Cylinder offset (mm)	6.5	0
Upper block material	Aluminum alloy	Aluminum alloy
Liner material	FC (Centrifugal casting)	FC (Centrifugal casting)
Liner thickness (mm)	3	2
Lower block material	Aluminum alloy	Aluminum alloy
Lower block height (mm)	75	60
Bearing cap material	FCD450	FC250
Bearing cap bolt size	M11 × 102	M11 × 95
Weight (kg)	34.0	28.6

2.1. ガソリンエンジンからディーゼルエンジンの変化点および課題とその対応策

ガソリンエンジンと比較してディーゼルエンジンでは、シリンダブロック仕様を設定する上の大きな変化点として以下の変化点があげられる。

- (1) 燃焼圧の増大
- (2) 全負荷時のエンジン発熱量の増大
- (3) 潤滑油中煤濃度および燃料中の硫黄含有量増加の影響
次に、それぞれに対する課題と対応策について述べる。

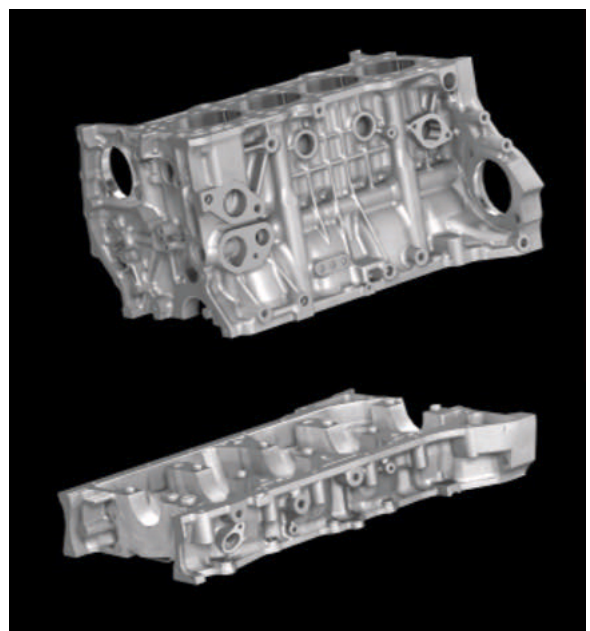


Fig. 2 External view of cylinder block

2.1.1. 燃焼圧の増大への対応

最大燃焼圧は、ガソリンエンジンの8-10MPaに対して、i-CTDi エンジンでは、ばらつきを含めて16MPaを考慮する必要があった。Fig. 3に、ガソリンとの燃焼圧力線図の比較を示す。この燃焼の違いに起因する課題に対する解決策と考え方を以下に示す。

(1) クローズドデッキ構造の採用 高燃焼圧に耐えられるシリンダボア部剛性の確保、およびヘッドガスケットガスシール性の確保をするため、クローズドデッキ構造を採用した。FEMによる解析と単体での油圧加圧による応力測定試験により、ライナとアルミニウムの肉厚配分、ライナ外

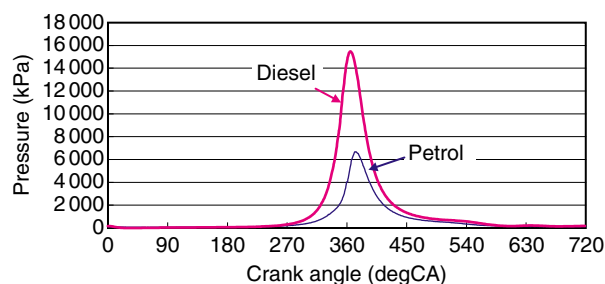


Fig. 3 Comparison of diesel and Petrol engine combustion pressure

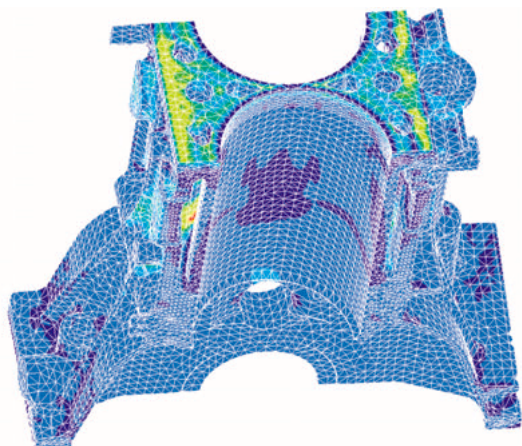


Fig. 4 FEM analysis of deck and surrounding sections

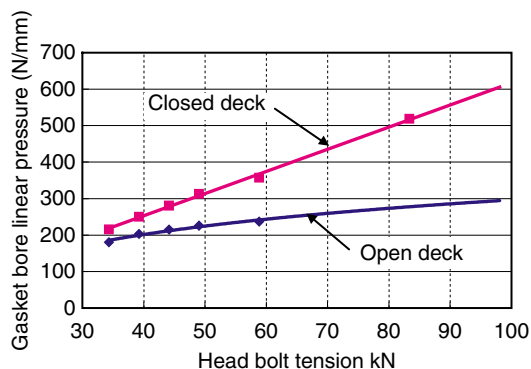


Fig. 5 Comparison of line pressure of head gasket bore

周形状、デッキ肉厚、水孔形状の最適化をおこなった。Fig. 4に、デッキ廻りのFEM解析例を示す。またFig. 5に、クローズドデッキとオープンデッキでの、ヘッドガスケットのピードにかかる線圧の比較を示す。ヘッドボルト軸力に対して、大幅に線圧が得られることがわかる。

(2) 高品質アルミニウム素材と熱処理 軽量化の追求と(1)のクローズドデッキ構造実現のためアップブロックには、後述する新製法(Advanced Semisolid Casting Technology以下、ASCT)製法を採用した。HPDC製法なみの薄肉のまま高品質を得ることができ、熱処理による強度向上を可能とした。これを前提としFEM解析をおこない、肉厚や構造の最適化を図った。シリンダヘッド締結時のFEM解析例を示す。

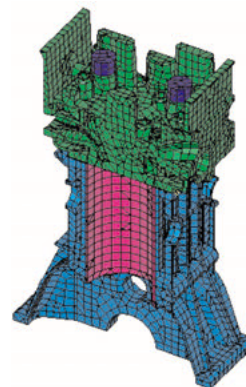


Fig. 6 FEM analysis of tightening cylinder head

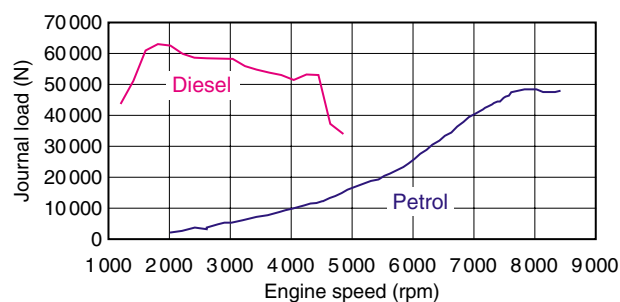


Fig. 7 Comparison of journal load

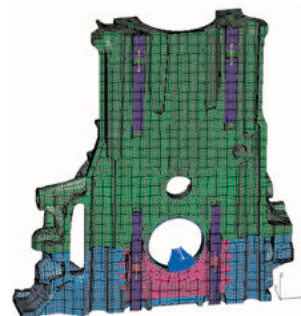


Fig. 8 Analysis of lower block load

(3) 高剛性アルミニウムブロック クランクジャーナルの荷重は、ガソリンエンジンでは、燃焼圧よりもむしろ高回転時の慣性荷重と、クランクシャフトおよびそれを支

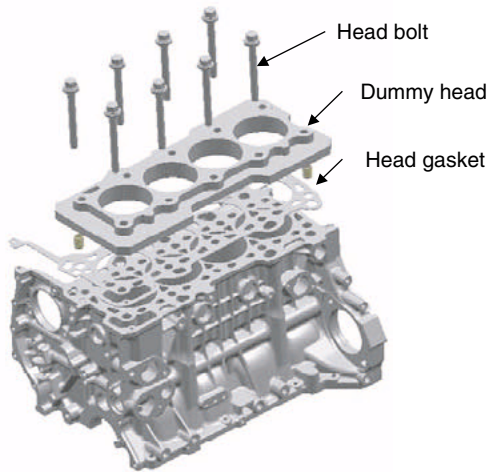


Fig. 9 Dummy head honing method

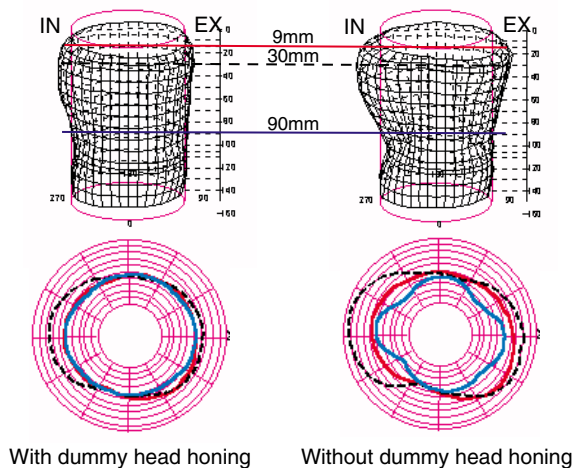


Fig. 10 Effects of dummy head honing

えるシリンダブロックの剛性から決まる挙動により、最大値が3番ジャーナルで発生する。それに対し、ディーゼルエンジンでは、爆発荷重支配で2番、4番の下向きの荷重が最大となる。Fig. 7に、ガソリンとジャーナル荷重の比較を示す。この荷重に対し、Fig. 8に、例を示すようにFEM解析にてベアリングキャップの基本寸法、材質の選定、ベアリングキャップボルト仕様の設定と周辺の構造の最適化を図った。また、シリンダブロック全体の曲げ、ねじりの剛性を上げるためロアブロック高さやベアリングキャップの鑄込み形状、および外壁との連結構造の最適化を図り全体の構造を定めた。

(4) ダミーヘッドホーニング ヘッドボルトは、ヘッドガスケットの十分な面圧を与えるため、ガソリンエンジンでは採用の例のない M13 × 1.25 大型の塑性域ボルトを採用した。シリンダヘッド剛性とヘッドボルトの配置および、メネジ部の深さと周辺の構造の最適化を図った。また高軸力のヘッドボルトの採用により、懸念されるシリンダボアの変形に対しては、シリンダボア部の剛性の確保と合わせてホーニングの際、ダミーのシリンダヘッド締結した状態でホーニングをおこなうダミーヘッドホーニングを採用することでシリンダヘッド締付け時のボアの変形を大幅に低減させた。Fig. 9 - 11 に、ダミーヘッドホーニング手法とボア変形低減効果を示す。これによりオイル消費、ピストン打音の抑制とピストン挙動の安定化によるピストンの摺動摩擦の低減を狙った。

(5) オフセットシリンダ 高燃焼圧と高燃焼圧力変動に起因するピストンのスラップ音の抑制と側圧上昇に伴うフリクション増加を抑制する目的から、シリンダをクランクセンタから反スラスト方向にオフセットしたオフセットシリンダ構造を採用した。また、シミュレーションによるピストンの挙動予測と側圧によるフリクションの予測からそのオフセット量を最適化した。Fig. 12に、オフセットシリンダによるピストンの側圧低減効果を示す。

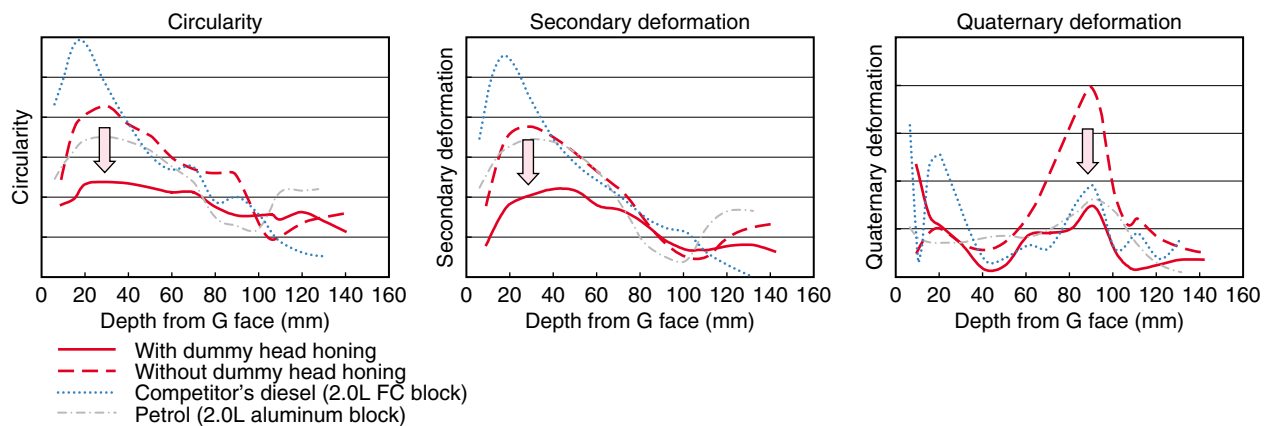


Fig. 11 Effects of dummy head honing

2.1.2. 全負荷時のエンジン発熱量の増大

ディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンに対して出力当たりの要求冷却能力が大きいという特徴がある。

Fig. 13 に、その要求冷却性能の比較を示す。

シリンダブロックに対する懸念としては、シリンダボア間のアルミニウム部の温度が上昇し、強度が低下することでヘッドガスケットシール性の低下やデッキ部分のシリンダボアの異常変形などを誘引する可能性がある。これに対しては、シリンダヘッドも含めたウォータージャケット全体の水流れシミュレーションと測温により、よどみが起きぬように、流れのチューニングを図った。

シリンダヘッドの冷却を損なうことなく、アルミニウム材の強度低下が始まる 190℃以下に抑えた。

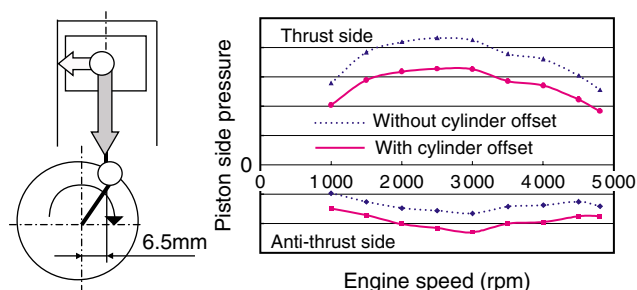


Fig. 12 Reduction of piston impact load due to offset cylinders

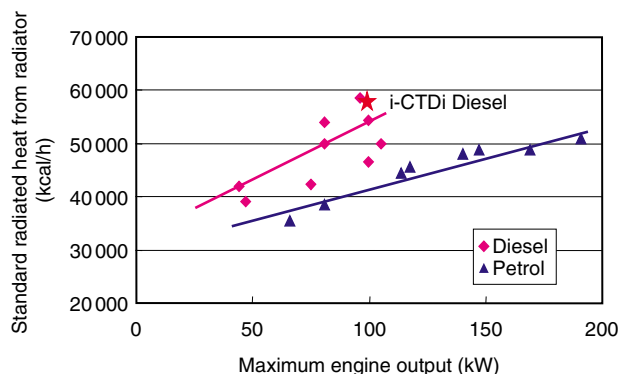


Fig. 13 Comparison of required cooling performance by output

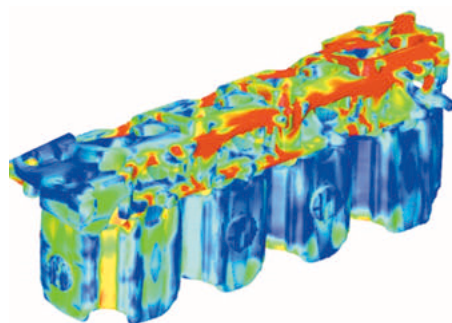


Fig. 14 Example of simulation of flow of water through water jacket

Fig. 14 に、ウォータージャケットの水流れシミュレーションの例を、Fig. 15に、デッキ面ボア間部の温度特性を示す。

2.1.3. 潤滑油中煤濃度および燃料中の硫黄含有量増加の影響

シリンダライナは、遠心鑄造による鑄鉄製を採用。従来ガソリンで採用している材料に対して P, Cu, Mo の合金添加量を最適化し、加工性を維持しつつ燃料中の硫黄成分による腐食に耐えうるとともに、高荷重およびエンジンオイル中の煤による摩耗にも耐える設定とした。基本肉厚は 3mm とし、遠心鑄造で作られた大型の外周スパイニ(円柱状の突起)形状を採用した。外周のアルミニウム部分の残留応力分散を図るとともに外周への機械的結合により、シリンダボア廻りの破損に対する信頼性を確保できた。Fig. 16 に、ライナ外周のスパイニ形状を示す。

3. 新製法の特徴と概要

3.1. 新製法開発の狙い

アップブロックについて、以下4点のコンセプトを具現化するための製法検討をおこなった。

- (1) 高剛性を実現するクローズドデッキ構造
- (2) 軽量コンパクト化を実現する軸間肉厚 3mm, 標準肉厚 4 mm
- (3) 高強度を実現する高品質素材と熱処理
- (4) 高生産性の実現

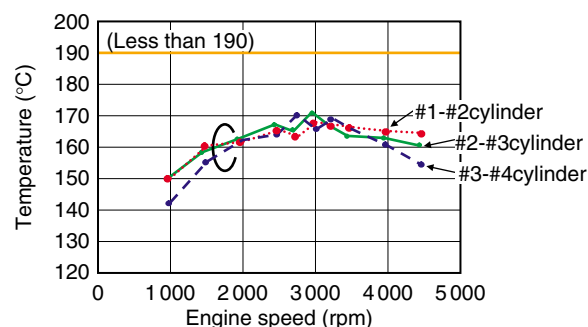


Fig. 15 Aluminum temperature characteristics between deck bores

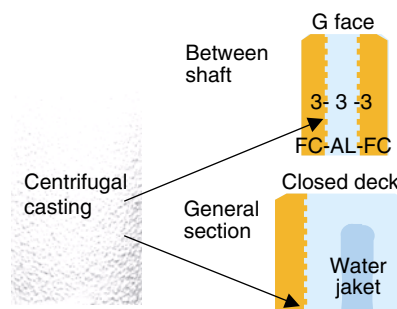


Fig. 16 Spiny exterior of liner

Table 2 Production targets and production methods

	Flexibility of shape			Function		Cost	
	Closed deck	Reduction of thickness	Reduction of machining	Heat treatments T6 and T7	Strength	Cycle time	Investment
LPDC	Good	Poor	No good	Possible	Excellent	No good	Large
HPDC	No good	Excellent	Good	Impossible	Poor	Excellent	Small
NDC	Good	Good	Good	Poor	Poor	Good	Large
ASCT	Good	Good	Good	Possible	Excellent	Good	Small

Table 2からもわかるように、クローズドデッキ構造や熱処理に適する製法としてLPDC製法が考えられる。しかし、従来のHPDC製法にて対応する素材の薄肉化や、高生産性が求められるため、これらを両立することのできる新しい製法が必要となった。

1980年代中から1990年代にかけて、やはりクローズドデッキ製法として低速・中圧 casting (New die-cast process 以下、NDC) 製法を使用していたが、熱処理に対しては品質向上が必要であった。また、HPDC 製法とは別の専用 casting 機が必要であったため、生産設備上の合理化の観点からも、より高品質で生産性の高い新たな製法の開発が必要となった。

3.2. ASCT 製法の特徴と概要

シリンダブロックには、ジャーナル部分に代表される厚肉部分とシリンダボア廻りや一般部などの薄肉部分が混在している。従来の casting 法では、解決が困難とされていたひけ巣(凝固収縮で発生する欠陥)や、製造工程中のガス巻き込みなどによる内部欠陥を抑えるため、アルミニウムを半凝固で射出成形し、高品質で熱処理可能な強度部品を安定的かつ高効率で生産できるダイキャスト技術を採用した。また、前項のさまざまな製品仕様を満足するために、この

半凝固 casting 技術を核とし、従来からの要素技術をさらに進化統合させパッケージングシステムとして ASCT 製法を開発した。

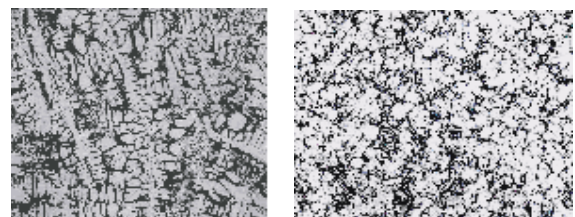
ASCT 製法は以下の要素技術により構成される。

- (1) 鋳造 半固相状態のアルミを低速・高圧で金型内に層流充填
- (2) スラリー製造 機械的攪拌による半凝固スラリー製造プロセス
- (3) 砂中子 シェル中子表面にコーティングを施した耐圧中子

3.3. 要素技術について

3.3.1. 鋳造

半固相状態のアルミニウムを射出成形する手法は、半熔融成形によるチクソキャスト(Thixo-cast)と半凝固成形によるレオキャスト(Rheo-cast)に分類される^{(5), (6)}。いずれの手法も、通常のアルミニウム合金が徐冷された際に成長する樹枝状組織を、攪拌により粉碎し粒状組織した状態で剪断力を加えると低粘性化し流動性が向上する性質(Thixotropy)を利用した射出成形法である(Fig. 17)。



Dendrite

Granular crystal

Fig.17 Comparison of microstructure

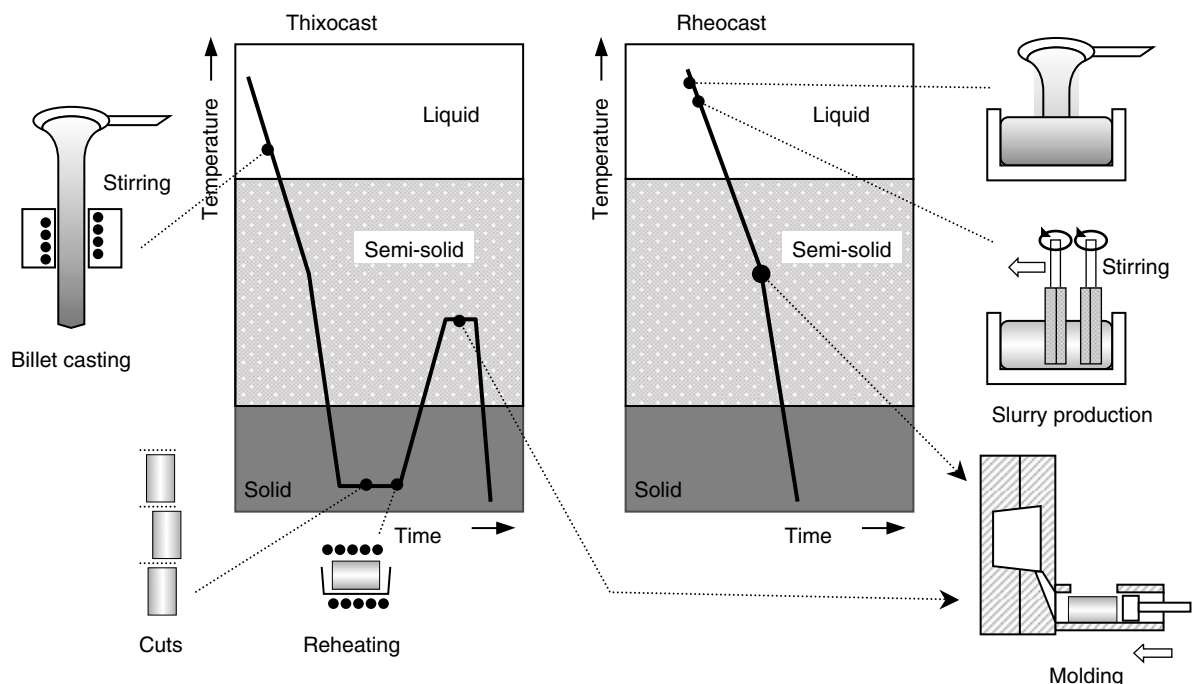


Fig. 18 Production efficiency of thixocast and rheocast methods

今回のシリンダブロックは、工程の簡略化やエネルギー効率の観点からレオキャストを採用することとした⁽⁷⁾。Fig. 18 に、両者のエネルギー効率の比較を示す。

3.3.2. 半凝固スラリー製造

レオキャストプロセスにおいて最も重要であるのが、スラリーと呼ばれる半凝固状態のアルミニウム合金を製造する工程である。ASCT製法においては、手許炉(溶湯を一定の温度に保持し、供給する炉)にて、あらかじめ所定の温度に管理された金属溶湯をヒータにて予熱されたルツボ(溶湯を鑄造に適した状態にするための保温つぼ)に所定量配湯し、金属溶湯内に冷却・攪拌子を挿入し回転させながらスライドさせることにより、均質な半凝固状態を作りだしている。Fig. 19 に、その概念を示す。

ここで課題となったのが、成形に適した半凝固状態スラリーをいかに作りだすかという点である。従来の鑄造法においては、成形直前の溶湯温度を管理することが一般的であったのに対し、半凝固状態のアルミニウム合金は、Mg, Cu, Siなどの合金成分の含有量により同一温度においても固まり具合、すなわち、固相率に差が生じてしまう。Fig. 20 に、同一温度での成分差による固相率の違いを示す。このため成形性を安定させる半凝固スラリーは、溶湯温度のみの管理では製造することが困難であった。

そこで、今回これらの合金成分のばらつきやルツボ温度、

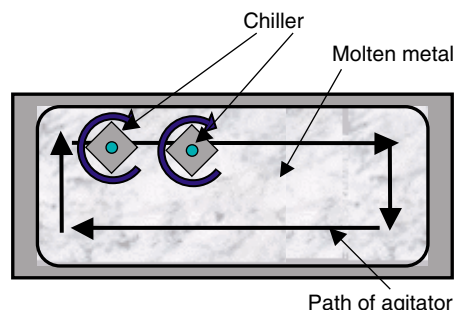


Fig. 19 Diagram of mechanical stirring

配湯温度などのばらつきの要因に影響されることなく、安定した半凝固スラリーを作り出すために採用した手法が、スラリーの動粘度を管理する手法である。

スラリーの動粘度での管理は、前述のルツボ内攪拌工程において、Fig. 21 に、示すような動粘度計測装置によりおこなわれる。

攪拌・冷却しながら動粘度計測をおこない、半凝固スラリーが所定の動粘度になった時点で攪拌・冷却を完了することによって、常に同一粘度の半凝固スラリーを供給することが可能となる。従来の温度管理に比べ本測定方法では、同一の温度帯においても、より正確なスラリー性状管理をおこなうことができる。

これらの手法を適用することにより安定した半凝固スラリーを供給し、良好な成形性を実現することが可能となり、製品の内外観品質を大幅に改善できた。

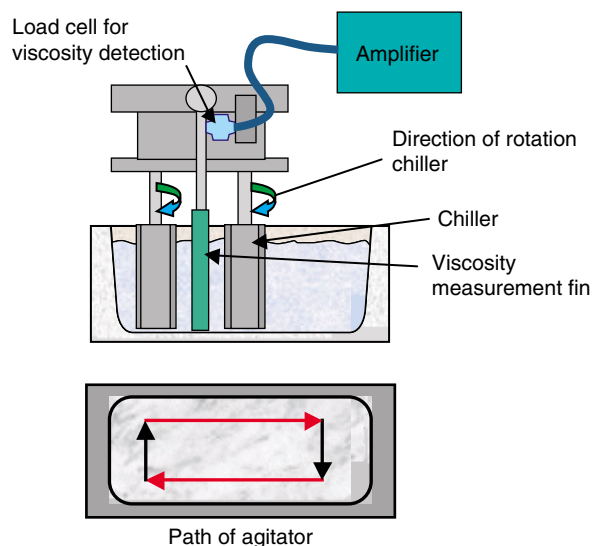


Fig. 21 Diagram of mechanical stirring and viscosity measurement unit

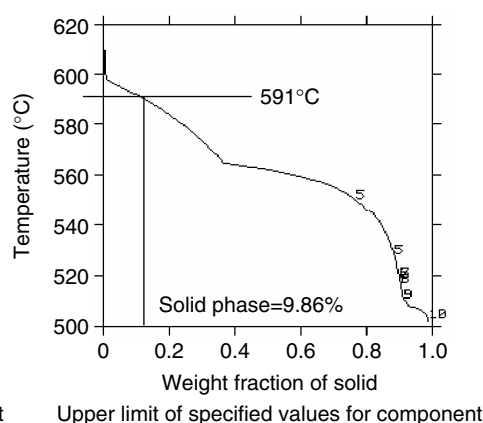
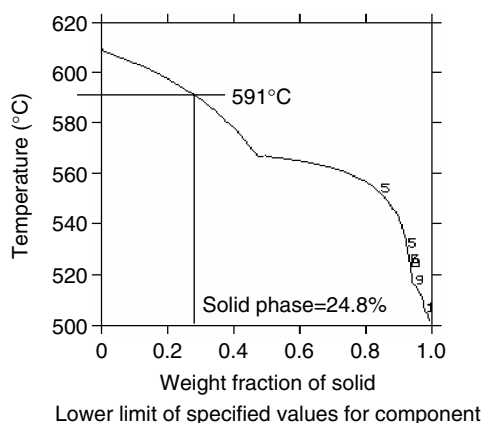


Fig. 20 Thermo calculation graphs: Change in solid phase due to change in components at identical temperature

3.3.3. 砂中子

成形時にアンダカットとなるウォータジャケット部分には砂中子を使用した(Fig. 22)。この砂中子は、半凝固成形に用いるため、従来の溶湯鑄造と比較し強度をはじめとする大幅な改良をおこなった。ASCT 製法における砂中子の要求特性を以下に示す。

- (1) 成形圧力(100Mpa)に耐える強度・耐圧性
- (2) 図面値を満足する寸法精度
- (3) 成形後の後処理工程における高い排砂性

耐圧性については、砂自身の充填密度を高めるとともに、コーティングを施すことによって高い成形圧力による破損や溶湯の差込にも耐える、抗折強度 11 - 12MPa となる砂中子を成立させた。中子砂は、骨材(砂)には砂粒径形状の良く、低熱膨張の人工セラミック鑄物砂(セラビーズ)を選定し、バインダには高強度、低熱膨張のレジンを採用した。また、コーティングは、耐圧性を上げるための超緻密な表皮となる第一層コーティングと、アルミ剥離を目的とした第二層コーティングの二層構造にすることで、耐圧性と剥離性(排砂性)を両立した。これにより、一般珪砂の耐圧中子と比較して充填率は約15%向上、抗折力は、約20%向上という高強度な砂中子を実現した。Fig. 23に、従来の中子との断面比較を示す。

3.3.4. 品質

高い機能要求を満足するため、本シリンダブロックには、シリンダボア軸間 3 mm の薄肉部とジャーナル部等 20mm の厚肉部が存在する。薄肉部はシリンダライナ・ボアピン予熱により流動性を確保することにより、厚肉部は層流充填による巻き込み防止、半凝固スラリーによる収縮量の減少



Fig. 22 External view of pressure-resistant sand cores

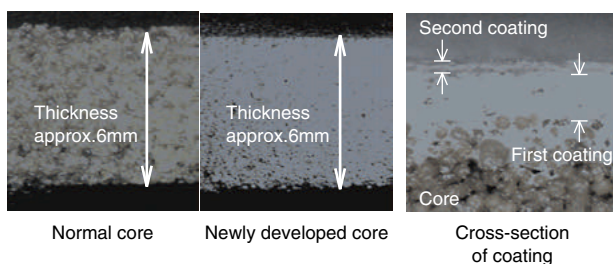


Fig. 23 Comparison of cross-sections of sand cores

により、鑄巣等の欠陥がなく良好な品質を確保できた。

3.3.5. 熱処理

製品強度を満足するため、本シリンダブロックでは、強度と寸法安定性のバランスから T7 処理(溶体化後、過時効安定化処理)を採用した。通常のダイキャストでは、充填時の巻き込みによりガスを製品内に含み、熱処理時にガス圧が増大し、プリスタ(ガスによる表面の膨れ)が発生するため、溶体化処理を経る T6 や T7 処理は不可能である。本製法では、半凝固のスラリーを層流で充填することにより、ガス量を大幅に低減され、プリスタの発生なく溶体化処理を実現させた。引張り強度および耐力を、Fig. 24 に示す。

3.3.6. 生産性

Fig. 25 に、製法別のサイクルタイムから生産性の比較を示す。今回開発した ASCT 製法は、NDC 製法に対して約 20% の向上が図れ、ほぼ HPDC 製法なみのサイクルタイムを達成した。同様に、砂中子を成立させることができる低圧鑄造に対しては約四倍の生産性を有する。また、本製法は、半凝固の比較的低温の湯を使うことから金型の熱疲労も低減され、金型の寿命も従来の HPDC 製法に対して大幅に向上することが期待される。

4. 効果と性能

以上述べた内容により、アルミニウム製でありながら高性能ディーゼルエンジンのシリンダブロックとして機能成立させることができた。その効果としての振動騒音特性と軽量化効果について以下に示す。

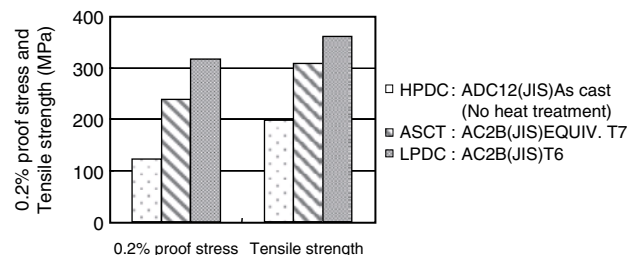


Fig. 24 Comparison of materials strength

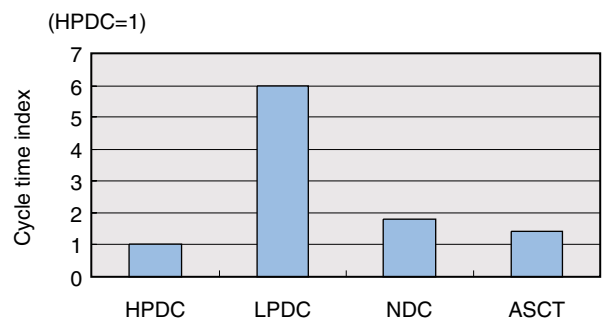


Fig. 25 Cycle time by production process

4.1. 低振動騒音特性

クローズドデッキやロアブロック構造の採用、全体的な肉厚やリブの適正配置により剛性を高めた結果、エンジン放射音を改善できた。Fig. 26に、放射音の出にくさを表す指標となる構造減衰の比較を示す。

最良の減衰特性を示した他社同排気量クラスの鋳鉄製シリンダブロックと同等の特性を得ることができた。

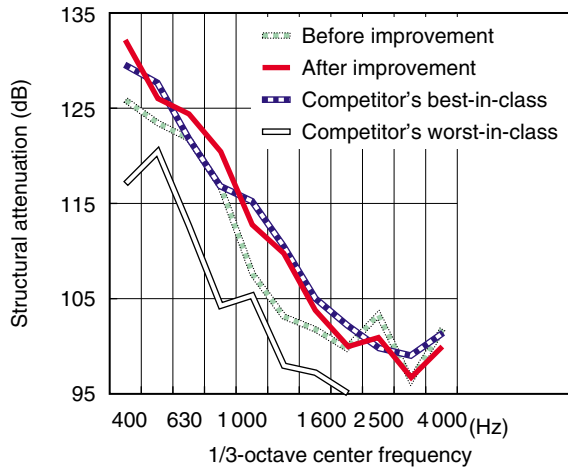


Fig. 26 Structural attenuation

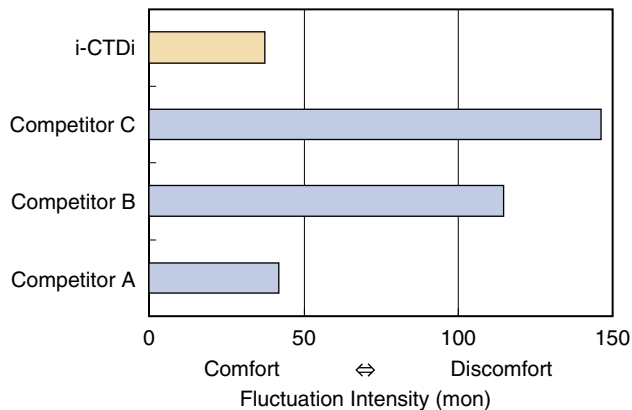


Fig. 27 Quietness at idling (1m, diagonal and upwards)

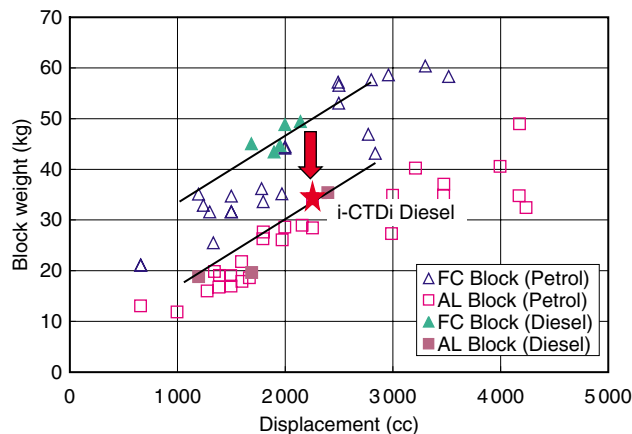


Fig. 28 Comparison of weight of cylinder blocks

また、オフセットシリンダやダミーヘッドホーニングの採用により、燃焼に伴うピストン打音の低減に大きく貢献した。結果として、燃焼の最適化による加振力低減と合わせて、クラストップレベルの静粛性を達成している。Fig. 27に、打音の不快さを表す指標となる音の変動強さを示す^{(8), (9)}。

4.2. 軽量化

Fig. 28 に、排気量とシリンダブロック重量の関係を示す。i-CTDi エンジンのシリンダブロックは、前述したように高性能ディーゼルエンジン用として高い機能と性能を有しているが、同排気量のディーゼルエンジン用鋳鉄製シリンダブロックに対して約 30%、約 15kg の軽量化を達成できていることがわかる。これは機関単体重の一割近くにおよぶ重量である。

もし、この軽量化が果せなかった場合、搭載する車両の補強の必要から車両全体としては更なる重量増加につながり、その結果運転特性や燃費特性において車両として性能の低下を招くことになる。このことから今回のディーゼル用軽量シリンダブロックの開発は、車両全体の性能の上からも非常に重要な意義を持つことがわかる。

5. まとめ

- (1) 半凝固ダイキャスト技術とコーティング付き耐圧シェル中子を開発することで、HPDC 同等の高生産性を維持したままクローズドデッキ構造と熱処理が可能な新製法を確立した。
- (2) クローズドデッキ構造、ロアブロック構造および高強度材により、最新のディーゼルエンジンの高燃焼圧に耐える軽量アルミニウムシリンダブロック構造を成立させるとともに、低振動騒音の特性上、鋳鉄製トップレベルの構造応答の少ないシリンダブロックを開発できた。
- (3) オフセットシリンダおよびダミーヘッドホーニングにより、燃焼によるピストン打音と摺動フリクションを低減した。
- (4) シリンダブロックとして、同排気量の他社鋳鉄製のものに対して約 30%、15kg の軽量化を達成した。

以上、ホンダの初の独自開発ディーゼルエンジンである i-CTDi エンジンに採用した新製法高強度アルミニウムシリンダブロック構造について、その採用技術と効果について述べた。CO₂ 低減の観点から本稿が今後のディーゼルエンジンの軽量化に貢献できることを期待したい。

参考文献

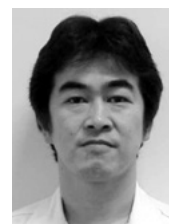
- (1) 宮原 史卓, 大島 久和, 大塚 真: コスワースプロセスの開発, マツダ技報, No.20, p.97-102(2002)

- (2) Hayashi,T., Ushio,H., Ebisawa,M.: The Properties of Hybrid Fiber Reinforced Metal and It's Application for Engine Block, SAE-Paper
- (3) 橋本 浩道, 木部 一哉, 能野 靖, 佐々木 達郎: アルミダイカストブロック新 1.4L 直噴ディーゼルエンジンの開発, トヨタテクニカルレビュー, Vol.52 No.1 Jun.2002
- (4) 植林 秀悟, 門野 英彦: アルミダイカストブロックの生産技術, 自動車技術, Vol.57, No.6, 2003
- (5) Saito,N., Nakamura,T., Ohtani,T., Kuroki,M., Masuda,E., Idegomori,T. : The development of joint parts for automobile body by thixocasting, JSAE20014005(2000-12)
- (6) 井手籠 隆, 広野 久雄, 伊藤 理, 君島 重徳: SSC 製法の自動車部品への適用, Journal of JSTP Vol.41, No.479, p.1201-1205(2000-12)
- (7) 安達 充, 佐藤 智: 攪拌を要しない新レオキャスト成型法, Journal of JSTP Vol.41, No.479, p.1191-1197(2000-12)
- (8) 能村 幸介, 岡田 義裕: 聴覚特性を考慮した自動車音質評価手法, HONDA R&D Technical Review, Vol.9, p.131-139(1997)
- (9) 能村 幸介, 吉田 準史: 自動車室内音に対する, 市場の違いを考慮した高級感, スポーティ感の定量化, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.237-246(2002)

■ 著 者 ■



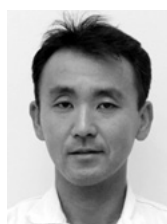
山 崎 雅 和



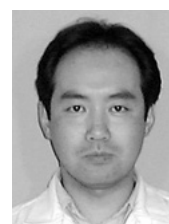
高 井 淳



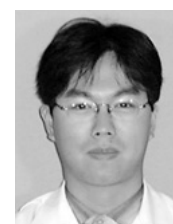
村 上 修



川 畑 光 彦



伊 藤 理



黒 木 孝 一