

自動車部品における接合技術

いすゞ自動車株式会社

河村英男

1 セラミックエンジンと部品の開発状況

1-11) エンジン部品の実用化、ニューセラミックスを使用したエンジン部品の実用化は、窒化珪素から成るグローブラグが最初で、1981年に量産が開始され既に150万本以上の量産実績を持つ。グローブラグは、ディーゼルエンジンの寒冷時の始動補助装置であり燃焼室内に設置され、始動開始前に約2秒間で900°Cまで瞬時に加熱され燃料噴霧の着火を助ける装置である。窒化珪素グローブラグは製造上種々の特徴を持っています。

図-1にその構造を示すように窒化珪素棒のほど中心にタンクスチン材の加熱素子を含有しホットプレス法により圧縮焼結している。また、セラミック加熱棒と金属ホルダー部はメタライズーブレージング法により接合されています。このように異材質をセラミック体内に保有し、このタンクスチン加熱素子に瞬間に大電流を通電することにより急速加熱するため、接触部付近には過大な熱応力が発生し微小な気孔が存在しても破損に結び付くので十分な品質管理を必要とする。グローブラグに続いてディーゼルエンジンの副燃焼室であるホットプラグのセラミック化が1983年より開始された。耐熱性と共に最も信頼性を必要とする燃焼室にセラミック材が使用されたことにより将来の展望が一気に拡大された。その後、ロッカーアームの摺動部に窒化珪素チップが使用され耐摩耗材としての特長が發揮され、1985年には、ターボチャージャーのタービンブレードが軽量化を目的として窒化珪素化された。この様に着実にセラミック化が進むエンジン部品であるが、ホットプラグを除いて全ての部品が金属との接合によって成立している。ロッカーアームは図-2に示すようにアルミニウム本体に、セラミックチップを鋸ぐるむことにより成立し、ターボチャージャブレードは、図-3に示すようにセラミック材から成るブレードと金属シャフトを端面でブレージング法により接合し、外周を焼嵌めにより固定している。特にタービンブレードの接合法は各社にて種々の方法が試されたが結局上記方法が実用化された。このようにエンジン部品のセラミック化は確実に進展しつつあるが、その多くの部品は金属とセラミックを接合しあり、その特長を生かすことが考えられている。

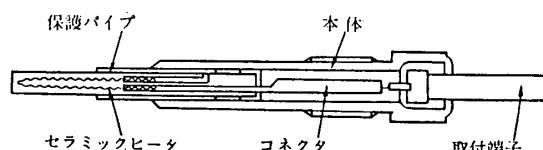


図-1 グローブラグ

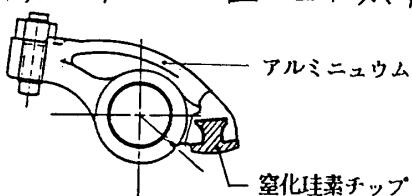


図-2 セラミックロッカーアーム

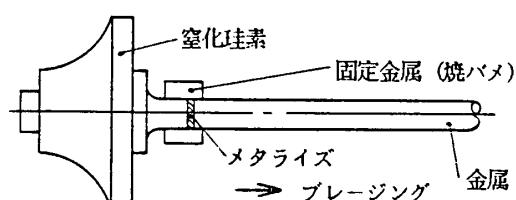


図-3 セラミックターボチャージャブレード

1-(2) セラミックエンジンの開発 ニューセラミックスを利用したセラミックエンジンの開発は1970年代から始まり当初の華々しい開発競争が鎮静化し、着実な開発に移りつつある。セラミックエンジンは熱効率が約30%程度改良されると、低質燃料の可燃化、冷却装置の不用による車両形状の大幅な変化等が期待されるがセラミック部品の信頼性が得られず十分な性能、耐久性を確めるレベルには到達していなかった。筆者等が開発しつつあるセラミックエンジンは図-4に示すようにエンジンの燃焼室外壁及び高温ガスの通過する排気管、ターボチャージャ、エネルギー回収タービン部及び、カムシャフト、タペット、吸排気バルブ等摺動特性の優れた部分にセラミックスを多用し、その特長を生かそうとしている。ただし、このオールセラミックエンジンは必要な部分だけセラミックを使っているため、金属との共存が必須の条件で信頼性の高い接合技術が要求され利用されている。

既に図-4のオールセラミックエンジンは3000時間以上の運転が終わり、専用に作られた冷却系を持たない乗用車に搭載され、120km/hrのスピードで走行できるレベルに到達している。

2. 自動車部品における接合技術

上述のようにオールセラミックエンジンと言っても、エンジンすべてがセラミックで出来ている訳ではなくセラミックの特長を生かした部位に使用されているため、残りの部分は、従来通りの金属で作られている。従て金属とセラミックの接合は非常に重要な技術で強度と信頼性の優れた接合法が必要とされる。図-5は筆者等が開発したセラミックと金属を接合した複合ピストンである。ピストンは燃焼室に臨む上面部が非常な高温となるためセラミック材を使、だが、摺動部は軽量で弾性の優れたアルミニウム等を利用した方が良い。この二つの部位を接合する方法として多くの方法が試されたが、900°C以上に達するピストンヘッド部の熱的条件と、ピストンの往復運動によって発生する反復荷重(±30kg/mm²)に耐える接合法は存在しなかった。図-5ではピストンヘッドの接合部に溝等の結合凹みを設け、外周にインコロイ等セラミックと同等の熱膨張率を有する金属リングを嵌合し高周波加熱により金属を軟化させると共に、機械的外力により金属をセラミック溝部に変形密着させる方法で作られている。接合部の一部にメタライズ層又は拡散接合剤等を設置しておけば、それぞれの加工条件で同時加工出来、より安定した複合接合が実現出来る。当部品は既に耐久テストが終了し効果が認められている。

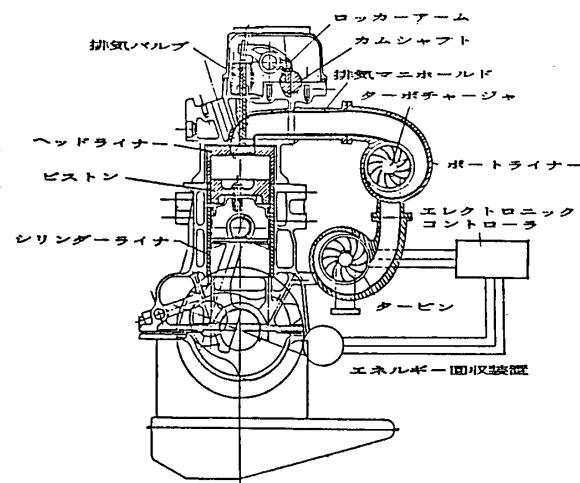


図-4 いすゞセラミックエンジンの構造

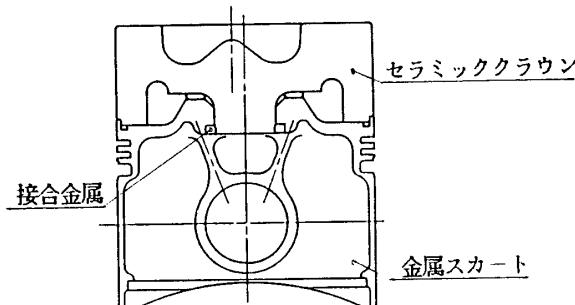


図-5 セラミック-金属複合ピストン