

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

1-1), 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、窒化珪素材から成るグロープラグが最初で、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。グロープラグは、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℃まで瞬時的に加熱され燃料噴霧の着火を助ける装置である。窒化珪素グロープラグは製造上種々の特徴を持っている。図-1

にその構造を示すように窒化珪素棒のほぼ中心にタングステン材の加熱素子を含み、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ブレイジング法により接合されている。このように異材質をセラミ

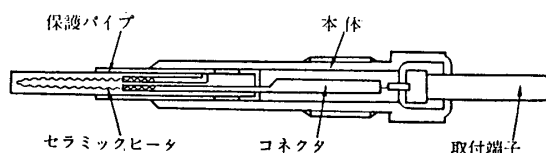


図-1 グロープラグ

ック体内に保有し、このタングステン加熱素子に瞬時的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。グロープ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発揮され、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鋳ぐるむことにより成立し、ターボチャージャーブレードは、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イ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みら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お互いの特長を生かすことが考えられている。

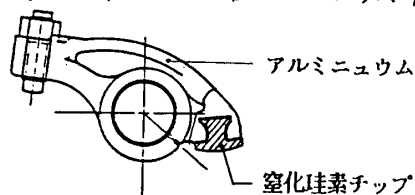


図-2 セラミックロッカアーム

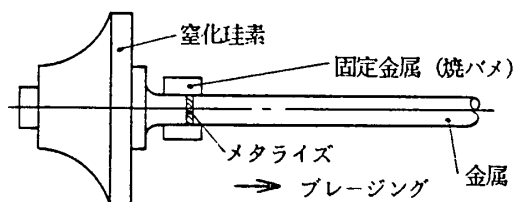


図-3 セラミックターボチャージャーブレード

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、著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%程度改良される他、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、ターボチャージャー、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。

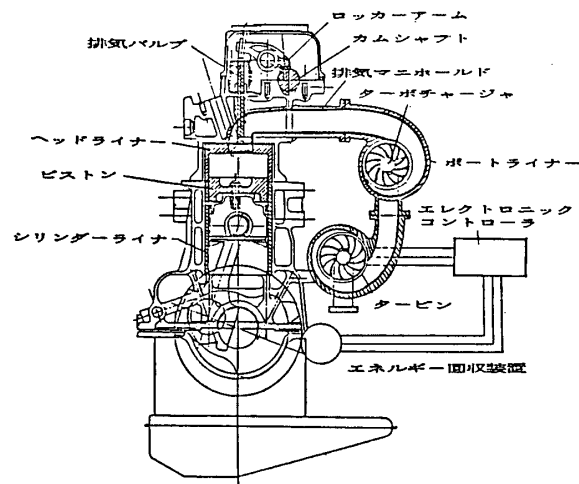


図-4 いすゞセラミックエンジンの構造

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。従っ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に高温となるためセラミック材を使、たが、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よい。この二つの部位を接合する方法として多くの方法が試みられたが900℃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、外周にインコイ等セラミックとはほぼ同等の熱膨脹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確かめられている。

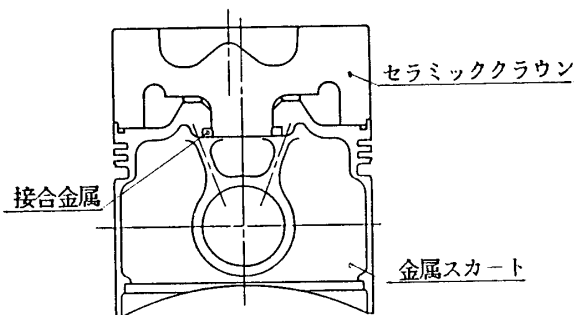


図-5 セラミック-金属複合ピストン

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に高温となるためセラミック材を使、たが、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よい。この二つの部位を接合する方法として多くの方法が試みられたが900℃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、外周にインコイ等セラミックとはほぼ同等の熱膨脹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確かめられている。