

製品紹介



Products

タービンホイール用 TiAl 合金

1. はじめに

近年、環境問題の深刻化に伴い自動車の環境規制が強化されており、燃費改善技術が盛んに開発されている。その中で、ターボチャージャーはエンジンの排気量を小さくしながら大きな出力を得られるため、燃費改善技術として欧州を中心に採用されている。ターボチャージャーを構成する部品の中で最も重要なのがタービンホイールである。ターボチャージャーは、エンジンからの排気ガスのエネルギーによりタービンホイールが回転し、連結したコンプレッサーホイールが回転することでシリンダー内に圧縮した空気を送り込み、大きな出力を得るものである。一般に、タービンホイールは高温の排ガスにさらされるため、高温強度の高い Ni 基超合金が使用されている。しかし、Ni 基超合金は比重が大きいため、タービンホイールが回転するまでに時間的ロス（ターボラグ）が発生する。そこで、近年ターボラグ改善のため様々な技術が開発されている。大同特殊鋼(株)（以下、当社）ではターボチャージャーの性能向上のため、比重が Ni 基超合金の半分のためレスポンスが早く、同等の高温強度を有する TiAl 合金製タービンホイールの合金開発から製造までを一体で行っている。本報では当社で開発したタービンホイール用 TiAl 合金を紹介する。

2. タービンホイールに要求される特性

ガソリンエンジンの排ガス温度は 1000℃以上にも達する。このような高温において、タービンホイールには下記の特徴が要求される。

(1) クリープ特性

タービンホイールは高温下で 20 万回転/分以上で回

転するため、タービンホイールには大きな遠心力が負荷される。タービンホイールは変形が進むと周囲のハウジングと接触し、破損に至るため、クリープ強度が要求される。

(2) 耐酸化特性

タービンホイールは高温の排ガスにさらされることで表面が酸化し、酸化の進行とともに酸化スケールが剥離し、製品は減肉する。この結果、製品強度が低下するだけでなく、破損の起点となるため材料には高い耐酸化特性が要求される。

(3) 製造性

TiAl 製タービンホイールはグループ会社である(株)大同キャスティングス（以下、DCC）で Ti 材料専用の溶解—鑄造設備レビキャスト（Levicast）により製造されている。年々タービンホイールは性能向上のため形状が複雑化しており、合金設計からのアプローチも含めた製造性が重要である。

(4) 軸接合技術

タービンホイールとコンプレッサーホイールは鋼材の軸材で連結されており、Ni 基超合金ではタービンホイールと軸材とが EB 溶接や摩擦圧接法で接合されている。しかし、TiAl 製タービンホイールは上記接合方法が適用できないため、TiAl 独自の接合方法が必要となる。

3. TiAlタービンホイールの開発動向

一般に、タービンホイールには Ni 基超合金が使用されており、IN713C がディーゼル、ガソリンエンジンを問わず最も多く使用されている。一部のディーゼルエンジンでは、Fe が 10% 含有し若干強度の劣る GMR235 が使用されている。また、排ガス温度が 1000℃を超える環境では Mar-M246、247 などの合金が使用されている。一方、当社では排ガス温度に応じた TiAl 合金を開

発しており、ディーゼルエンジンからガソリンエンジンまで対応している。表1に開発したTiAl合金と代表的なタービンホイール用材料として使用されているNi基超合金の代表成分を、図1に各材料の位置付けを示す。ディーゼルエンジンおよび排ガス温度が950℃までのガソリンエンジン向けにはDAT-TA1、さらに高い排ガス温度(～1000℃)のガソリンエンジン向けにはDAT-TA2を開発している。なお、DAT-TA1はガソリンエンジン向けとして量産実績がある。開発したTiAl合金は、クリープ特性と耐酸化特性を高めるためNb、SiおよびCなどの添加量の最適化を図っており、製造性も考慮した合金設計となっている。タービンホイールのような回転物の場合、同一条件ではTiAl合金はNi基超合金より比重が小さいため回転による遠心力が小さくなり、クリープ強度を比重で割った比クリープ強度では、Ni基超合金と同等以上の強度を示す。また、大気中の試験で1000℃までNi基超合金と遜色ない耐酸化特性を示す。また当社では、TiAl製タービンホイールと軸材との接合のため加圧高周波ろう付け法を開発している。この方法は、従来直接接合が非常に困難であったTiAlと鋼材の直接接合を可能にし、本接合法を用いたTiAl製タービンホイールは、これまで10万個以上の量産実績がある。世界的な排ガス規制の高まりにより、ターボチャージャーを搭載した小型車は増加しており、TiAl製タービンホイールの低コスト化要求と、さらなる排ガス温度

の高まりによる高温材料のニーズが高まっている。当社とDCCでは低コストな製造プロセスの開発および高温材料の開発を進めており、TiAl製タービンホイールの拡販を進めている。

4. おわりに

TiAl製タービンホイールは当初レース用途でその後、1998年に世界で初めて一般車に採用され、これまでディーゼルエンジン、ガソリンエンジン含め15万台以上の量産実績がある。従来、TiAl製タービンホイールは高性能車への搭載が多かったが、近年、ターボラグ改善によるトランジェント性能の向上が、燃費改善に有効であることが確認され、軽量でレスポンスの早いTiAl製タービンホイールが燃費改善技術として注目されている。当社はTiAl製タービンホイールのパイオニアとして拡販を進めるとともに、今後とも自動車の燃費改善に貢献していく所存である。

(問合せ先)
 大同特殊鋼(株) 研究開発本部
 特殊鋼研究所 耐食・耐熱材料研究室
 小柳慎彦
 Tel. 052-611-9419 Fax. 052-611-7399
 E-mail :y-koyanagi@ac.daido.co.jp

表1 タービンホイール用材料の代表成分

材質	鋼種	C	Si	Ni	Cr	Mo	Co	W	Nb	Ta	Al	Ti	Zr	B	Others	密度(g/cm ³)
TiAl	DAT-TA1		0.2	-	1.0	-	-	-	4.8		33.5	Bal	-	-	-	3.94
	DAT-TA2	0.03	0.5	-	1.0	-	-	-	7.5		31.5	Bal	-	-	-	4.01
Ni基合金	GMR235	0.15	-	Bal	15.5	5.0	-	-			3.5	2.0	-	0.050	10Fe	8.03
	IN713C	0.12	-	Bal	12.5	4.0	-	-	1.8(Nb+Ta)		6.0	0.7	0.10	0.012		7.93
	Mar-M246	0.15	-	Bal	9.0	2.5	10.0	10.0	-	1.5	5.5	1.5	0.05	0.015		8.50
	Mar-M247	0.15	-	Bal	8.3	0.7	10.0	10.0	-	3.0	5.5	1.0	0.05	0.015	1.5Hf	8.59

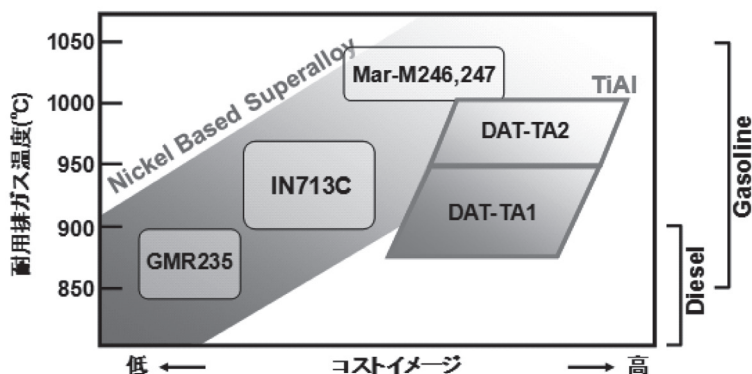


図1 タービンホイール用材料の位置付け