

カーエアコン コンプレッサー用高強度アルミニウムピストン

Forged Piston of High-Strength Aluminum Alloy for Automobile Air-Conditioner Compressor

カーエアコンは、乗用車の居住性向上及び地球環境保護のため高性能化が要求されています。カーエアコンの心臓部であるコンプレッサーには、斜板式、ロータリー式、スクロール式などの型式がありますが、最近の動向として、小型軽量化が可能で冷房能力コントロール精度が高い斜板可変容量式コンプレッサーの使用が拡大され40%のシェアを占めています。

斜板式コンプレッサーの高性能化を進めるには、ピストンの軽量化が最も有効な方法で、ピストンの軽量化にはアルミニウム合金製ピストンの使用が最適です。しかし、高速走行時の高負荷に耐える高い耐久信頼性が必要となり、通常よりハイレベルの特性が要求されます。当社は、この様な高い要求特性を満足させるアルミニウム合金熱間鍛造による「カーエアコンコンプレッサー用ピストン」を開発しました。

写真1に斜板式コンプレッサー外観を、写真2にピストン鍛造品を示します。

アルミニウム合金ピストンの開発には、要求される強度特性を満足する材料を開発すること、要求品質を満足しかつ低コストで製造可能な鍛造技術を確立することが必要です。

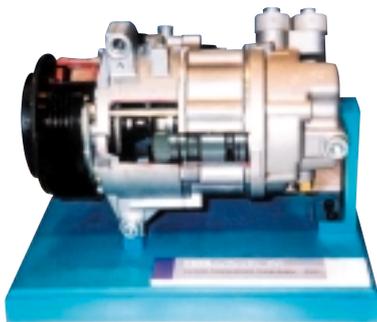


写真1 斜板式コンプレッサー
Swash plate compressor

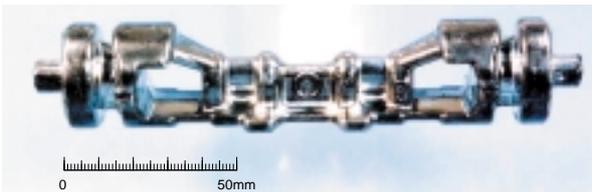


写真2 鍛造上りピストンの外観
Appearance of piston materials after forging

1. 材料開発

コンプレッサーピストン用材料に要求される主な特性として、耐摩耗性、高温疲労強度、加工寸法安定性が挙げられます。これらの要求特性を満足すべく、TF12合金を開発しました。主成分は、Al-12% Si-3.6% Cu-0.5% Mgで、耐摩耗性合金として一般的に用いられるJIS4032は、主成分Al-12% Si-1% Cu-1% Mgです。

耐摩耗性はピストンと斜板が激しく摩擦される箇所において必要です。耐摩耗性にはSiの添加が有効です。図1に耐摩耗性の比較を示しますが、12% Siを含有するTF12合金はJIS4032と同等の耐摩耗性を有します。

ピストンは、通常運転時には約100℃、最大では約150℃の高温雰囲気曝露に曝されるため高い高温強度が必要です。常温強度としてJIS4032 (370 N/mm²) より高強度の400 N/mm²以上、高温疲労強度としてJIS4032より優れることが要求されます。強度確保のためには、図2に示すように、Cu及びMgの添加が有効であります。TF12合金は、3.6% Cu及び0.5% Mgを添加することにより良好な鍛造性を維持しつつ高い強度を有しています。図3にTF12合金とJIS4032の引張強度の比較を示しますが、TF12合金は常温引張強度及び高温引張強度共にJIS4032より優れた強度を有しています。図4にTF12合金とJIS4032の高温疲労強度の比較を示しますが、TF12合金はJIS4032よりはるかに優れた高温疲労強度を有しています。

加工寸法安定性は、鍛造品を機械加工する際に要求されます。TF12合金では熱処理(T6)時の時効処理条件を選定すること

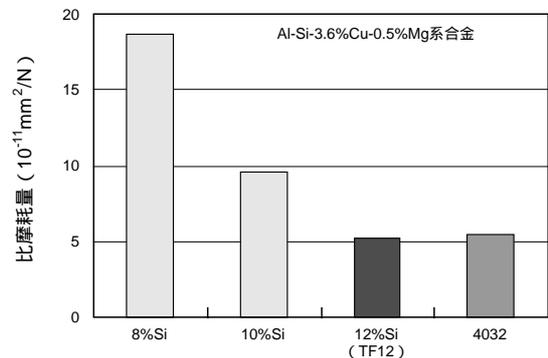


図1 耐摩耗性
Wear resistance

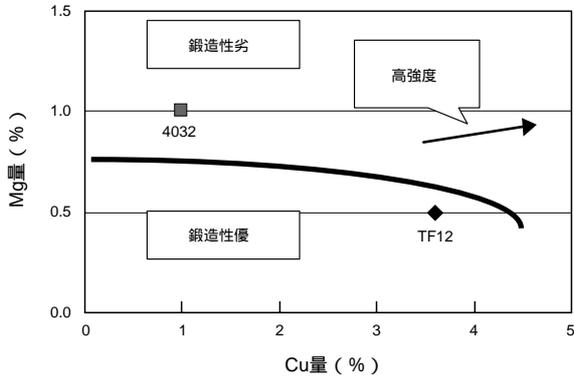


図2 Cu量及びMg量と強度及び鍛造性
Forgeability and strength diagram represented by Cu and Mg contents

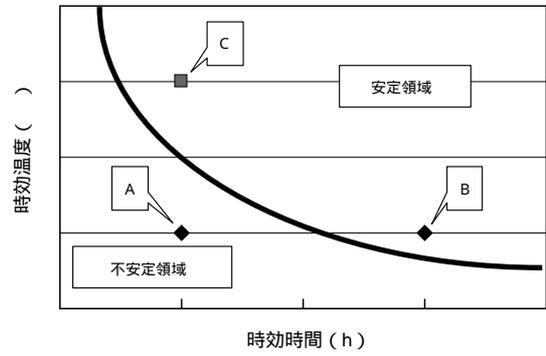


図5 加工寸法安定性
Dimensional stability diagram represented by aging conditions

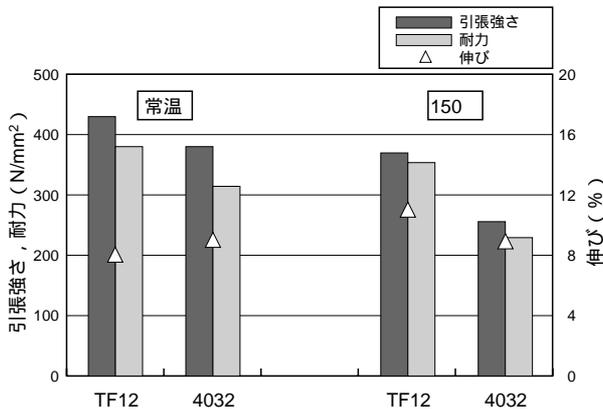


図3 引張強度
Tensile strength

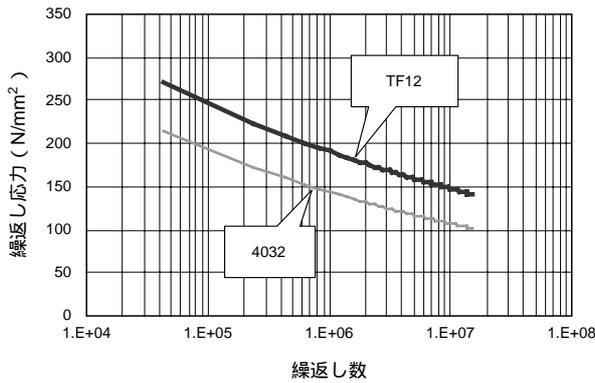


図4 高温疲労強度
High-temperature fatigue strength

により優れた加工寸法安定性を得ることが出来ます。図5に加工寸法安定性と時効処理条件の関係を示しますが、本ピストンにおいては加工安定性に優れ時効時間が短く生産性の高い条件Cを選定しました。

この様に、TF12合金はJIS4032と比較して同等以上の耐摩耗性を有し、常温強度、高温疲労強度及び鍛造性に優れ、また加工寸法安定性にも優れたアルミニウム合金と言えます。

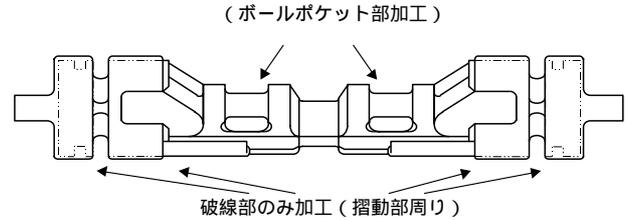


図6 機械加工する部位
Areas to be machined after forging

2. 鍛造技術

鍛造技術上のポイントは、ニアネットシェイプへの対応とコストダウンのための短サイクル自動鍛造技術の確立です。

ピストンの鍛造製品の形状は図6に示す如く完成品形状に近く、機械加工する部位は摺動部回りとボールポケット部だけに限り、機械加工を含むトータル製造コストの低減を達成しました。

熱間鍛造技術上の難しさは、機械加工部の寸法精度の高さと非加工部形状の複雑さです。これを解決するため、金型温度の均一化、材料温度バラツキの最小化、潤滑、熱処理変形防止等の技術を確立しました。

また、製造コスト低減のため短サイクル自動鍛造技術を確立した。材料予熱～鍛造～バリ抜き～自動整列・熱処理治具セットまでを連結した自動ラインにより6秒サイクルで自動鍛造しています。

3. まとめ

今回、目標とするカーエアコンコンプレッサー用ピストンの開発に成功した重要なポイントは、材料及び鍛造の技術開発がバランス良くかみ合った点にあります。総合アルミニウム加工メーカーとしての古河電工グループの特長を發揮し、レベルの高い新製品を開発した成功例と言えます。

この開発成果は、次の如くです。(表1)

- 1) 高性能で安定した品質のコストが低い製品の開発に成功した。
- 2) 材料面では、耐摩耗性を有し高強度で鍛造性及び機械加工性に優れたTF12合金を開発できた。

表1 高強度アルミニウムピストンの開発成果
Achievements in the development of high-strength aluminum alloy pistons

	項目	開発成果
材料	耐摩耗性	JIS4032と同等以上
	常温強度	JIS4032より優れる
	高温疲労強度	JIS4032より優れる
	鍛造性	JIS4032より優れる
	加工寸法安定性	JIS4032より優れる
	工具寿命	JIS4032より優れる
鍛造	鍛造形状	ニアネットシェイプで加工代少ない
	製造コスト	自動化によりコスト低い

3) 鍛造面では、形状が複雑なニアネットシェイプの製品を安定した品質、高生産性で製造する技術を開発できた。

4) ユーザーとの密着した活動により、材料面及び鍛造面での当社の潜在的技術力を有効に活用し、レベルの高い製品を完成させた。

自動車業界のみならず軽量化のためにアルミニウム部品を使用したいという潜在的なニーズは大きく、今後もアルミニウム鍛造品の使用は拡大されるものと予測されています。今回の材料技術や鍛造技術の成果が他製品にも展開され、アルミニウム製品の用途拡大に貢献できることを期待します。

このカーエアコンコンプレッサー用ピストンの開発は、平成13年度日本アルミニウム協会賞技術賞をカルソニックハリソン株式会社殿と埼玉プレス鍛造株式会社殿と協同で受賞しました。

< 製品問合せ先 >

東日本鍛造株式会社

TEL: 0285-25-5544 FAX: 0285-25-5715