高強度 Al-Li 材ブレーキキャリパ製法の開発

Development of Brake Caliper Production Process with High Strength Al-Li Material

柳　瀬　章　裕*　　山　田　　裕*
Akihiro YANASE　　Hiroshi YAMADA

要　旨

ブレーキキャリパの軽量化のために，高強度アルミリチウム材を用いた製法を開発した．３軸マルチ鍛造でメタルフローによる材料強度異方性を解消し，３段時効 T6 熱処理で８％の疲労強度向上を達成した．従来キャリパに対して４倍の寿命見通しを得ることができた．

ABSTRACT

A production process was developed that uses high-strength Al-Li materials to reduce the brake caliper weight. Anisotropy of material strength due to metal flow was eliminated with 3-axis multi forging, and an 8% increase in fatigue strength was achieved by T6 heat treatment with 3-stage aging. This is expected to increase the service life to 4 times that of current calipers.

１．まえがき

バネ下重量低減が車体運動性能に貢献するため，ブレーキキャリパ軽量化が求められる．150 g/ 個(600 g/ 台)の軽量化を目標に，キャリパ開発プロジェクトをスタートした．現行キャリパ材料には，高剛性かつ低比重アルミ材であるアルミリチウム(以下 Al-Li)合金の 2099 材[1]を採用している．しかし強度異方性が存在しており，形状設計での制約となっていた．鍛造プロセスの確立により，強度異方性を解消し，熱処理による高強度化を目指した．

２．開発技術

2.1. 材料選定

Al-Li 合金の物性を Fig. 1 に，材料の Longitudinal(以下 L)方向と Transverse(以下 T)方向の疲労強度による材料強度異方性を Fig. 2 に示す．比較参考としてのピストン素材の 2618 材データも記載する．

レギュレーションにおいて，キャリパ材料はヤング率80 GPa 以下のアルミ材と規定されている．従来材として，ヤング率が高く，低比重かつ高強度の Al-Li 材である 2099-T83 押出し材を用いているが，この素材には強度異方性が存在し，低い T 方向強度が形状の制約となっている．

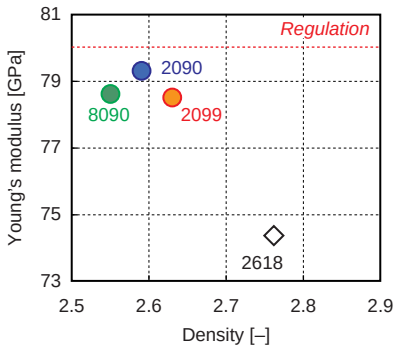

Fig. 1　Modulus and density

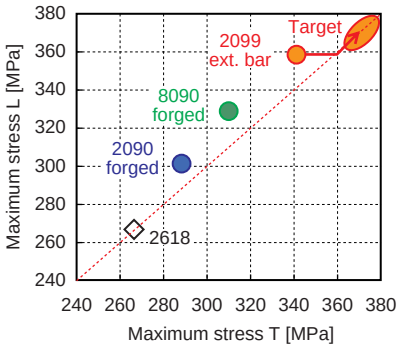

Fig. 2　Fatigue property

＊四輪R&Dセンター

2.2. 異方性解消のための鍛造プロセス

2099 押出し材の１軸鍛造では強度異方性は解消できなかった．そこで異方性解消の手法として有効な３軸マルチ鍛造を適用する．油圧プレスを用い，形状鍛造前にX軸，Y軸，Z軸の３軸から 50%据え込み鍛造をおこなって強度異方性を解消する．設定した鍛造プロセスを Fig. 3 に示す．

2.3. 高強度化のための熱処理条件

2099 材はσ’相(Al_3Li)と T_1 相(Al_2CuLi)の析出相を持つ析出強化型の合金である．強度向上の手法としては，析出相の核となる転位を導入するための冷間ひずみの付与が有効であるが，複雑形状のキャリパには適用困難である．析出核生成のための多段時効処理も有効であり[(1)]，2099鍛造材の熱処理条件として，549 ℃ × 2 時間の溶体化処理ののち，室温 × 48 時間，120 ℃ × 24 時間，165 ℃ × 100 時間の時効をおこなう，３段時効 T6 熱処理を開発した．

透過型電子顕微鏡(TEM)および示差走査熱量測定(DSC)を用いて各相の状態を解析し，以下の析出強化メカニズムを確認した．(1)室温時効による GP ゾーンの形成，(2)120℃時効によるσ’相の析出，(3)165℃時効により GP ゾーンを核とした T_1 相の析出．

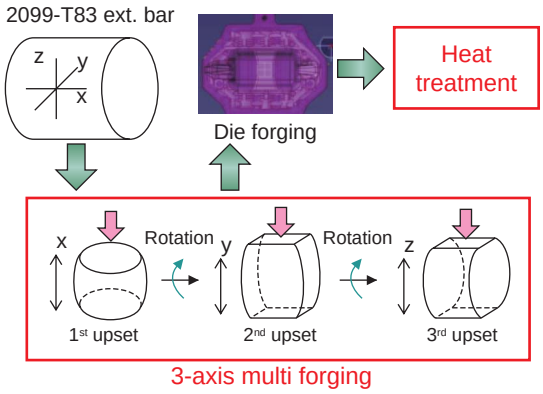

Fig. 3　Caliper forging process

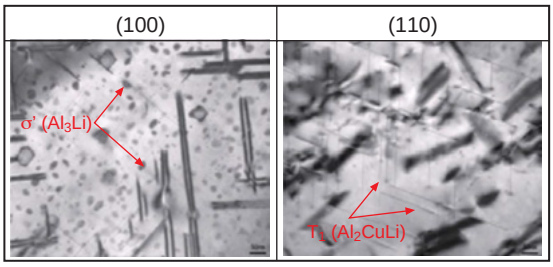

Fig. 4　TEM photograph of 2099 after 3 stage T6 (x 150000)

2.4. 2099 鍛造材の材料特性評価

３軸マルチ鍛造プロセスと３段時効 T6 熱処理による，キャリパ用 2099 鍛造材を試作した．Fig. 5 に示すように 2099 鍛造材のＬおよびＴ方向よりテストピースを採取して，引張りの片振り疲労試験を実施した．

結果を Fig. 6 に示す．従来材である 8090 や 2099 押出し材は，テストピース採取部位にて疲労強度差が生じて異方性を示すが，ここで紹介した2099鍛造材では採取部位に関係なく同強度で異方性を解消できている．また設計制約であった2099押出し材Ｔ方向に対して，疲労強度で８%の向上が確認され，部品最弱部の強度改善により，４倍の耐久性向上の見通しを得た．

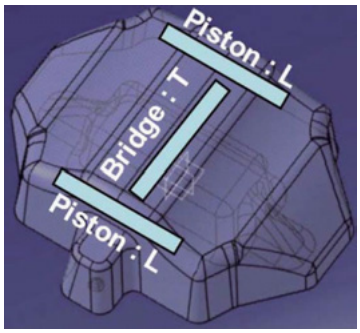

Fig. 5　Sampling regions

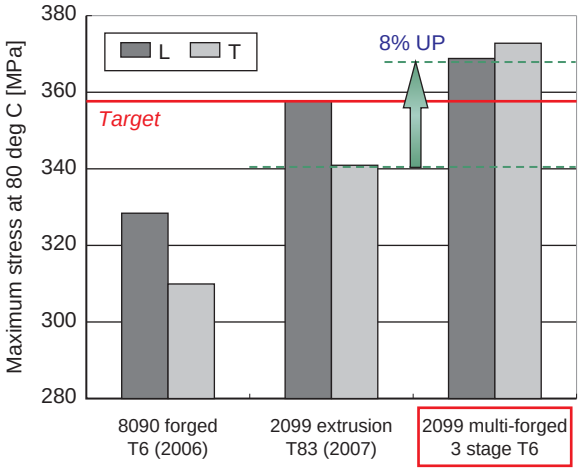

Fig. 6　Fatigue property of caliper body materials

３．まとめ

本開発では，３軸マルチ鍛造により強度異方性を解消し，３段時効 T6 熱処理によって，従来材に対して疲労強度で８%の向上，寿命換算すると耐久性が４倍になる製法技術を確立した．

参考文献

(1) Romios,M., Tiraschi,R., Parrish,C., Babel,H.W., Oqren,J.R., Es-Said,O.S.: Design of Multistep Aging Treatment of 2099 (C458) Al-Li Alloy, Journal of Materials Engineering and Performance, p.641(2005)

■著　者■

柳瀬章裕

山田　裕