高強度高熱伝導コンロッドベアリングの開発

High-performance Shell Bearing from New Material

伊　藤　　清*　　阿左美　誠*　　肥　沼　　博*
Kiyoshi ITO　　Makoto ASAMI　　Hiroshi KOINUMA

要　旨

コルソン系合金の析出相の微細均一化と加工硬化手法の改良により高熱伝導，耐しゅう動焼き付き性，高強度を併せもつ材料を開発した．これをコンロッドベアリングの裏金として用い，「高強度高熱伝導コンロッドベアリング」として部品へ適用し，１エンジン２レースイベント連続使用を達成した．

ABSTRACT

A material that combines high thermal conductivity, seizure toughness, and high strength was developed by enhancing hardening methods and fine homogenization in the deposit phase of a Corson alloy. This material was used as the back metal for shell bearings, it was used in parts as a “high strength high thermal conductivity shell bearing,” and it achieved consecutive use in events under one-engine, two-race rules.

１．まえがき

F1レースエンジン用コンロッドベアリング(以下メタル)には高回転環境下で慣性荷重および爆発荷重を支えるため，高 PV 値(面圧 P ×周速 V：2000 MPa m/s 以上)下でのしゅう動耐久性が必要である．耐久信頼性不足の懸念がある時，エンジン出力性能を抑えて耐久性を確保する場合もあった．

Fig. 1 にメタルの断面構造を示す．一般的なメタルはバイメタルと呼ばれる３層構造を持つ．一方，F1レース用メタルはしゅう動耐久性を極限まで高める必要性から，熱引き性能を重視した銅合金裏金２層構造を採用している．本構造では裏金銅合金の材料特性がメタル耐久性に大きく影響を及ぼすことから，新規銅合金の開発を目指した．

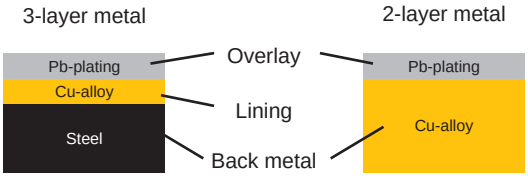

Fig. 1　Cross-sections of each metal

Table 1　Main properties of several Cu-alloys

Material	Electric conductivity IACS (%)	UTS MPa	0.2%YS MPa
BeCu50	45-50	690 - 800	–
BeCu25	25	>1000	–
CF-2 (Cr-Cu alloy)	65	490	–
NC50 (Corson alloy)	40-45	690	590

２．メタル用新規銅合金の開発

メタル裏金に使用される銅合金は，以下の３特性を併せ持つ必要がある．

（１）熱伝導性．しゅう動発熱の効率的冷却
（２）しゅう動性．窒化クランクシャフトとの焼き付き抑止
（３）高強度．コンロッド大端への背面圧確保

2.1. 合金選定

代表的な銅合金の諸特性を Table 1[1]に示す．電気伝導率(IACS%)で代表される熱伝導性の良好な銅合金としてベリリウム銅(以下 BeCu)，クロム銅(以下 CF-2)，コルソン系合金(以下 NC50)[2]がある．

これらの銅合金について，窒化鋼との耐焼き付き試験を

＊四輪R&Dセンター

大同メタル工業社の鈴木式試験を用いておこなった．結果を Fig. 2 に示す． NC50 は銅ブッシュとして優れたしゅう動材である BeCu 合金よりも耐焼き付き性が優れる．NC50 はNi，Si，Crを主添加成分とする析出強化型銅合金であり，析出相(Ni_2Si，Cr_3Si)が鉄との凝着性を抑制していると考えられる．高熱伝導性と耐しゅう動焼き付き性を両立する材料として NC50 をベースとした材料開発をおこなった．

2.2. 熱伝導率と強度の両立

高 PV 下でコンロッド大端への背面圧を確保するため，NC50材をメタル裏金として用いるには，強度が必要である．

高強度化は析出相の増加で達成できるが，添加元素の増量により熱伝導率の低下を引き起こす．そこで添加元素量を変えず，加工硬化手法(押し出し，多段引抜き)を工程に加えることで高強度化を図った．さらに熱処理の適正化(多段時効熱処理)により析出組織の微細，均一化を図り，熱伝導率を向上させた．開発材 NC50ES は NC50(ベース材)に対し，30%の強度向上と12%の導電率向上を達成した(Fig. 3)．

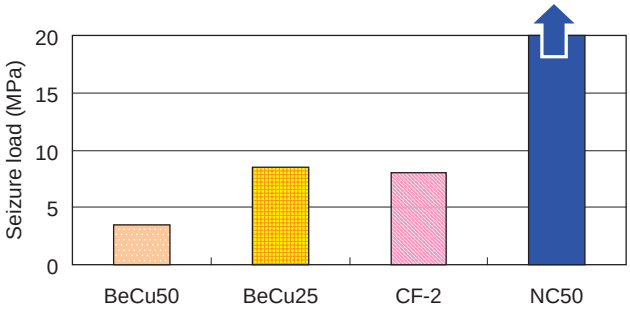

Fig. 2　Seizure toughness of Cu alloys

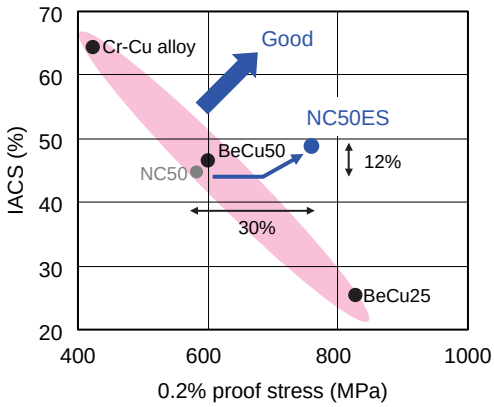

Fig. 3　Position of NC50ES material

3．メタル部品の効果確認

3.1. 単体メタルテスト

NC50ES 材を裏金とするメタルを試作し，メタルテスタ試験機[3]を用いて性能評価した．結果を Fig. 4 に示す．

横軸はシャフトよりメタルに供給される油量，縦軸はメタル温度(メタル内部に熱電対を埋め込んで計測した)である．NC50ES は従来材に対し，メタル温度で３－５℃の低下を確認した．裏金材の熱伝導率向上の効果と推察する．

3.2. 実機エンジンテスト

エンジン耐久試験をおこなった後のメタルしゅう動面の損傷状態を Fig. 5 に示す．メタル表面(コンロッド棹側 #1 気筒部)のオーバレイ残膜状態を３次元化して示している．NC50ES メタルのオーバレイ残膜量(面積)が多い．メタル全体の温度が低下することで，オーバレイも温度低下し，耐摩耗性が向上したためと推察する．また，サーキットの中で最もきつい高負荷耐久試験で，凝着焼き付きやクラックを起こさずにモード耐久試験を満足した．

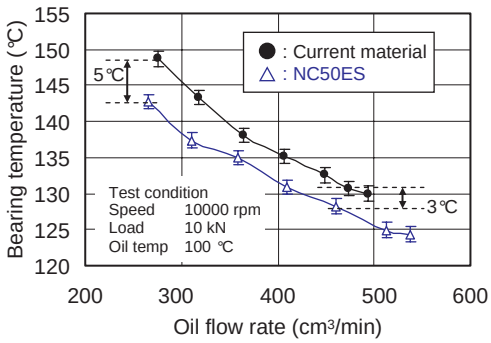

Fig. 4　Result of test on bearing tester

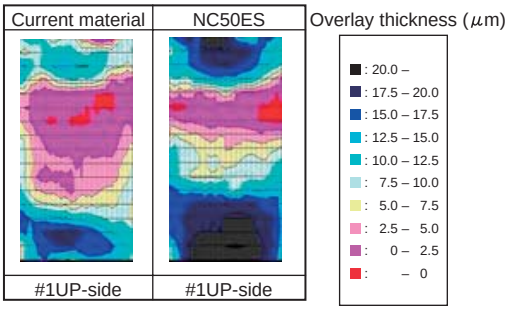

Fig. 5　Overlay thickness after engine endurance test

4．まとめ

メタル裏金用に新規銅合金NC50ES材を開発し，メタルとして部品化した．

F1エンジンレギュレーションの高回転，長距離保証に対し，メタルの信頼性を向上させ，１エンジン２レースイベント連続使用とストレートエンド 19000 rpm 性能向上を達成した．

参考文献

（1）http://www.yamatogokin.co.jp, 2009/03/27
（2）特許第 3563315 号「抵抗溶接用銅合金電極材料及びその製造方法」
（3）町田恭一，高橋伸一，上嶋英夫，藤木賢治：新しい軸受シミュレーション装置によるエンジン軸受評価法の提案と高効率化，Honda R&D Technical Review, Vol.18, No.2, p.131-139

謝　　辞

本材料開発にあたり，御協力を頂きました三芳合金工業株式会社，大和合金株式会社に対し，紙面を借りて厚く御礼申し上げます．

■著　者■

伊藤　清

阿左美　誠

肥沼　博