

特殊含油軸受け材の開発

Development of New Materials for Special Oil-Impregnated Bearings

田中 義清
Yoshikiyo Tanaka
植山 将宜
Masanori Ueyama
高山 武盛
Takemori Takayama

近年、イーザーメンテナンス化が油圧ショベルの機能向上のひとつとして取り上げられている。当社においても、PC200-7、PC300-7型、およびPC400-7型向けに、作業機ブシュの給脂間隔延長用ブシュ材料の研究を実施し、BMRC（銅系しゅう動材料）、OMRF（鉄系しゅう動材料）を開発したので、報告する。

In recent years, facilitating the maintenance of hydraulic excavators is generally considered a means of enhancing their functions. At our company too, with the aim of prolonging the greasing interval for the work equipment bushings of Model PC200-7/PC300-7/PC400-7 hydraulic excavators, we carried out research on new materials for the bushings. As a result, we could develop two types of new materials — a copper-based material (BMRC) and an iron-based material (OMRF) for oil-impregnated, self-lubricating bearing. This paper describes the newly-developed materials.

Key Words: Oil-Impregnated, Self-Lubricating Bearing, Copper Alloy, Ferrous Alloy, BMRC, OMRF, Greasing Interval, Maintenance

1. はじめに

油圧ショベルの作業機連結部においては、高面圧、高偏荷重で使用されることから、高強度性を重視した高周波焼き入れおよび浸炭焼き入れ作業ブシュが長らく使用されてきた。しかし、作業機ピンとの焼き付きや、鳴きと称する不快なしゅう動音の発生を防止するために、作業前のグリース給脂（メンテナンス）が不可欠なものであったが、建機のイーザーメンテナンス化のニーズが高まるにつれ、作業機連結部への給脂間隔の延長化を可能とする作業機ブシュの開発が注目されてきた。

この様な背景に基づいて、PC200、PC300、PC400 GALEO シリーズの開発過程で、我々は、耐焼き付き性が特に優れた銅系BMRCと耐摩耗性に優れた鉄系OMRFの二種類の作業機ブシュを開発・実用化したので、その概略を報告する。

2. 作業機ブシュの使い方と開発方針

図1には、作業機ブシュの装着位置、図2には、PC200の掘削と、ダンプへの積み込み作業を行った時にかかる作業機ブシュの面圧としゅう動速度の関係を示した。また、図2には、汎用の含油軸受け材料の使用条件も示した。

しゅう動速度が小さくなる領域では、含油された油の潤滑が十分でなくなり、また、高面圧化することによっても、さらに潤滑性の維持が確保できずに、焼き付きを発生しやすくなる。このことから、作業機ブシュの使用条件は、汎

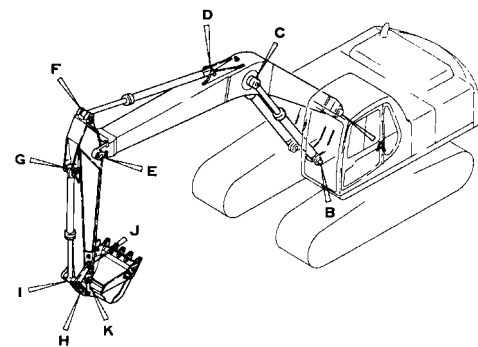


図1 各ブシュの装着位置

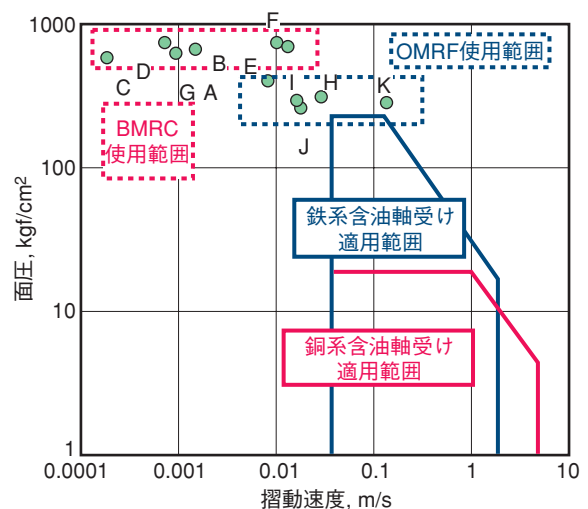


図2 作業機ブシュの作業条件

用の含油軸受けが適用できる条件より、はるかに潤滑条件の厳しい使用条件であることがわかる。さらに、作業機ブシュの使われ方としては、

- ① ブームフートの作動に参与するA, B, C, およびDの位置のブシュにおいては、極めて高面圧であって、かつ、しゅう動速度が遅いことから、潤滑性が悪く、特に耐焼き付き性が必要な部位。
- ② その他E~Jのように、ある程度の潤滑性が期待されるが、しゅう動距離が長く、耐摩耗性が必要な部位。に区別されることがわかる。

この様な状況から、本開発においては、特にA, B, CおよびDの部位に適用できる耐焼き付き性を最も重視した銅系BMRCブシュと、F~Jの部位に適用可能な耐摩耗性を重視した低コストな鉄系OMRFブシュの二種類のブシュ材料を開発した。

3. BMRC 材料の開発

3-1 BMRC 材料について

写真1にBMRC材料の顕微鏡組織を示す。

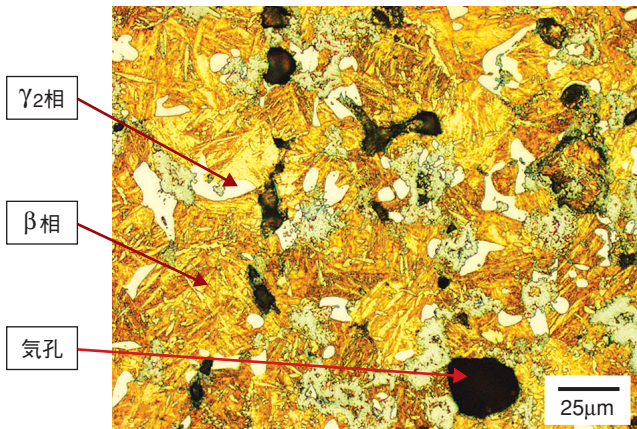


写真1 BMRC材料の顕微鏡組織

写真中、黒い部分は、気孔の部分で、この部分に油を保持し、しゅう動時に潤滑面へ油を供給する機能を持たしている。マトリックス組織は、銅-アルミニウム系の β 相よりなり、内部に、 γ_2 相などの硬質粒子を含んでいる。

従来の銅系含油軸受け材料は、青銅ベースのマトリックスと気孔と黒鉛などの潤滑成分より構成されており、BMRC材料の基本的組織構造は、従来材料と変わらないが、大きな相違点は、マトリックス材料が銅系の高硬度(Hv; 250)な β 相組織であることである。

以下に、銅系 β 相導入にいたった基本的な考え方を示す。従来材である銅系 α 相を有する青銅は、柔らかく(Hv; 110)凝着摩耗しやすい傾向があり、この相をマトリックス材料とした場合、低速度で、高面圧の使用条件では、十分な耐焼き付き性能を有していない。

一方、同じ銅系でも、Cu, Alの原子が規則的に配列した β 相は、金属間化合物的挙動を示しやすく、凝着摩耗しにくい傾向があることを明らかにした結果、我々はCu-Al-Sn

系を基本とした高耐摩耗性に優れたBMRC材料を開発した。(米国特許; 6613121号)

高強度で高硬度な β 相を持つこのしゅう動材料は、Cu-Al系焼結合金の難焼結性を克服したものであることで注目されるが、さらに、高剛性な鋼管内周側に焼結接合するコマツ独自の技術で開発された作業機ブシュである。

3-2 BMRC 材料の特性

BMRC材料の基本組成を表1に、主な機械的特性を表2に示した。

表1 BMRC材料の基本成分系(wt%)

成分	Cu	Al	Sn	特殊添加材料
割合	残部	8~12	4~8	5~7

表2 BMRC材料の機械的特性

項目	BMRC 材料	従来材料(Cu-Sn)
引っ張り強度	130~180MPa	100MPa
硬さ	HRB; 70~90	HRB; 30~40
含油量	12%~18%	12%~18%

BMRC材料は、従来材料に比較して、硬さ・強度とも優れた値を示している。

3-3 鋼管内周への接合焼結

写真2に、裏金の鉄材との接合部分の顕微鏡組織写真を示した。

写真中、上の部分がBMRC材料であり、下の部分が鉄材の部分である。

BMRC材料のAl成分が鉄材に拡散して、接合境界部分には、鉄 α 相が形成されており、十分接合していると考えられる。

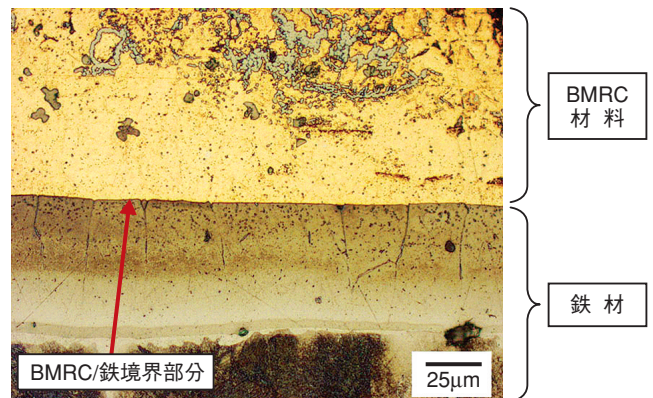


写真2 BMRC材の鉄材との接合部分

3-4 BMRC材料のしゅう動特性

しゅう動特性の一例として、図3にIQT材(高周波焼き入れ焼戻し材)と鳴き防止用材料としての高力黄銅材との耐焼き付き性の比較を示した。試験条件は、しゅう動面に十分グリースを塗布した後、しゅう動角160度(しゅう動速度は0.013m/s)で、階段状に荷重を増加させていき、焼き付き発生までの荷重の大きさにより、耐焼き付き性の評価を行った。耐焼き付き性の判定は、摩擦係数が0.3以上、若しくは、摩擦係数の異常挙動、鳴きの発生を持って焼き付きと判定した。

図3によると、BMRC材料は、含油機能を有したことにより、IQT材および高力黄銅材(a+b相)に比較して、優れた耐焼き付き性を有していることが明らかである。

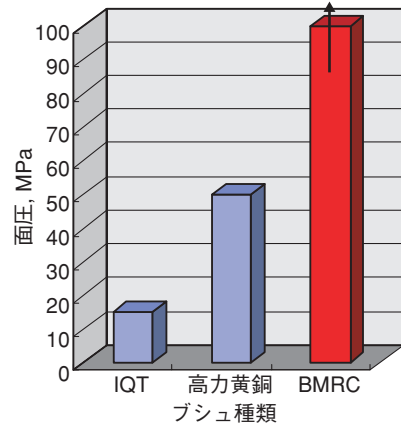


図3 耐焼き付き性

3-5 実車テスト結果

図4にBMRC材料をPC200にて、実車試験をした際のブシュの摩耗量を示す。装着場所は、ブームシリンダのボトム(場所B)で、IQT材は、100時間ごとに給脂を行った場合である。

図中には、100時間相当の摩耗量を指数で表しているが、BMRC材料は、IQT材および高力黄銅材に比較して、優れた耐摩耗性を有しているといえる。

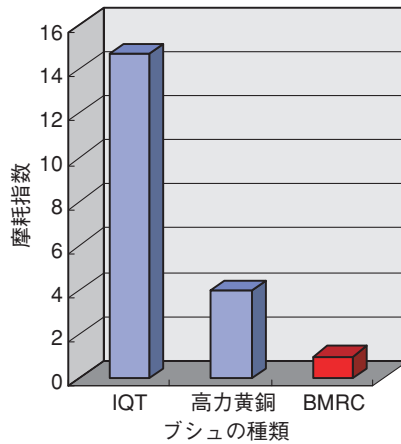


図4 耐摩耗性比較

3-6 BMRC材料の製造プロセス

図5にBMRC材料の製造プロセスを示す。所定の配合に粉末材料を混合した後、プレスで円筒状の粉末成形体を作成する工程と、機械加工により、あらかじめ準備した円筒状裏金の中に成形体を挿入し、組み立てる工程、さらに、これを焼結することにより、しゅう動部分を裏金に接合する工程よりなる。焼結品は超音波により接着検査(UT検査)の後、機械加工により最終成品となる。

写真3にBMRCブシュの完成品外観を示す。銅管内部にBMRC材料が接合している状況がわかる。



写真3 BMRCブシュ完成品外観写真

3-7 まとめ

BMRCブシュは、PC200-7, PC300-7, PC400-7 GALEOのブームフット、およびブームシリンダに採用され、発売後長いもので、約2年半を経過しているが、ブシュに起因する鳴きは報告されておらず、良好なしゅう動特性を示している。

開発ブシュ製造工程模式図

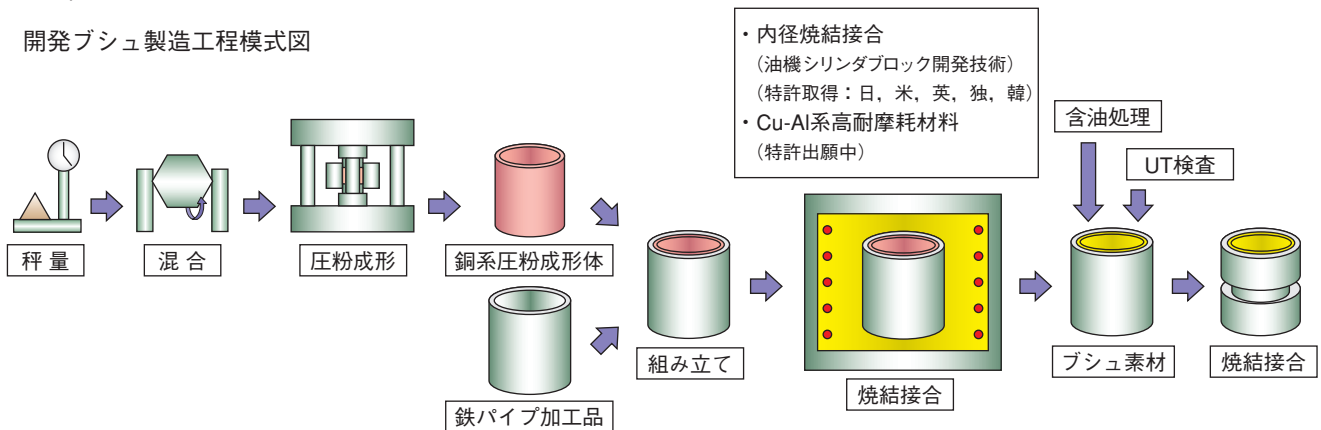


図5 BMRC材料の製造プロセス

4. OMRF 材料の開発

4-1 OMRF 材料について

写真4にOMRF材料の顕微鏡組織を示す。

写真中、鉄系マトリックスに銅がネットワークを組み、一見して、Fe-Cu-C系の高強度焼結組織をベースとしていることがわかる。

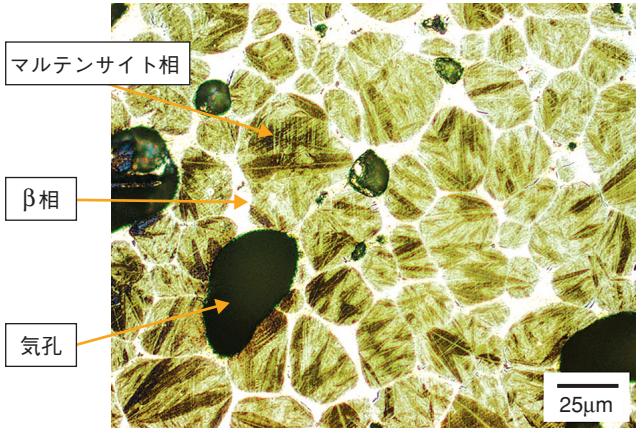


写真4 OMRF材料の顕微鏡組織

OMRF材はこの様な高硬度の規則変態性を持ったマルテンサイト鉄合金相と、これら鉄合金粒子をCu-Al系の合金相(β相)がネットワークを形成している。

この様な高強度な組織をベースとして、しゅう動特性を画期的に高めたのがOMRF材料であって、その方策は、前記BMRC材料と同様に

- ① 規則変態性を持たせたマルテンサイトでしゅう動特性を向上させる。
 - ② 銅系接合材が高強度で、高硬度なBMRC材とする。
- である。

また、BMRC材料と同様に、鋼管内周面に焼結接合することも可能であるが、それ自体が高硬度、高強度であるため、裏金構造でなくとも使用でき、安価に製造できる。

写真5にOMRFブシュの外観を示す。



写真5 OMRFブシュ外観

4-2 OMRF 材料の特性

OMRF材料の基本組成を表3に、機械的特性を表4に示した。

OMRF材料は、従来焼結材(Fe-Cu-C)に比較して、硬さ・強度とも優れた値を示している。

表3 OMRF材料に基本成分系

材料	Fe	Cu	Al	特殊添加材
割合	残部	20～25	5～10	5～7

表4 OMRF材料の機械的特性

項目	OMRF材料	Fe-Cu-C系焼結材
引張り強度	300～350MPa	150MPa
硬さ	HRB；70～95	HRB；30～40
含油量	15%～20%	18%以上

4-3 OMRF 材料のしゅう動特性

図6にOMRF材料とIQT材および、Fe-Cu-C系焼結材について、ベンチテスト結果を示した。試験方法は、BMRC材料を測定した場合と同じである。BMRC材料に比較して、耐焼き付き性に少し劣るが、IQT材などに比較して優れた耐焼き付き性を有している。

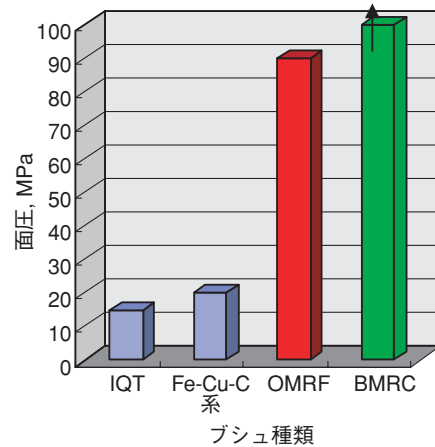


図6 OMRF材料の摺動特性

5.まとめ

建機の機能向上の一つの手段として、メンテナンス性の向上が採り上げられ、作業機ブシュの給脂間隔もより長いことが要求される様になった。この様な要求にこたえるために、自己潤滑性を有する含油軸受け材料をメインに研究を行った結果、給脂時間500時間の要求に対応できる作業機用ブシュ材料を開発することができた。

具体的には、しゅう動速度が小さく、特に耐焼き付き性の必要な部位には、銅系のBMRC材料、耐土砂摩耗性の必要な部位には、鉄系のOMRF材料と、2種類の作業環境に対応できるブシュ材料を開発した。2種のブシュ材料は、PC400-7型において、それぞれのしゅう動条件に適した場所に全面適用されている。

筆者紹介



Yoshikiyo Tanaka

たなか よしきよ
田中義清 1978年、コマツ入社。
現在、コマツ 生産本部 生産技術開発センタ所属。



Masanori Ueyama

うえ やま まさのり
植山将宜 2002年、コマツ入社。
現在、コマツ 生産本部 生産技術開発センタ所属。



Takemori Takayama

たか やま たけもり
高山武盛 1981年、コマツ入社。
現在、コマツ 生産本部 生産技術開発センタ所属。

【筆者からひと言】

メンテナンス・フリー化の流れは、人間を主人公として作業を行うといった時代の流れを端的に表した例といえる。今後もこの流れに遅れることなく、技術を磨いてゆきたい。