ピーニング向け高強度，長寿命 アモルファス合金投射材「アモビーズ」の開発

奥村 潔¹⁾ 黒崎 順功²⁾ 西村 一敏³⁾
木村 久道¹⁾ 井上 明久²⁾*

1. はじめに

ショットピーニングの最も重要な用途の一つとして，自動車用ギヤならびにバネの疲労強度の向上がある．近年この分野では部品の軽量化，高強度化に対する要求が益々高まってきたおり，各種浸炭焼き入れ，窒化処理などの表面処理による部材の高硬度化が図られている⁽¹⁾．

このため，ショットピーニングに関してより高硬度の投射材(ショット)が求められるようになってきており，その一例として，超硬合金製ショットを自動車用弁バネのショットピーニングに適用した事例が報告されている⁽²⁾．

しかし，従来の結晶材料では硬さが高くなると，耐衝撃性が急速に低下し消耗量が増大するとともに，安定したピーニング条件を維持することが難しいという問題があった．

そこで，高硬度且つ高靱性である特徴を有するアモルファス合金の適用を検討した．従来のアモルファス合金は急速に冷却しないと生成することができないため，バルク化が困難であった．しかし，近年東北大学金属材料研究所の井上らのグループが，アモルファス形成能の大きな合金(バルク金属ガラス)を次々と見いだしており⁽³⁾，この研究成果をベースに，新しい鉄基のバルクアモルファス合金の開発を試みた．

その結果，結晶構造を持つ従来の金属材料やセラミックス材料では実現できなかった高硬度，高靱性，長寿命を兼ね備えたはるかに高機能的な投射材の開発に成功し，「アモビーズ」として商品化した．図1に従来の結晶材料で製造された投射材の硬さと寿命および開発当初の狙い(アモルファス合

図1 従来の商用結晶合金投射材の特性と開発を目指したアモルファス合金投射材の位置づけ．

金投射材の位置づけ)を示す．

2. 材料の開発

コスト的に有利であり且つ高硬度のアモルファス相が得られる鉄基合金に焦点を絞り，組成探索を進めた．アモルファス形成能は，回転水中に細い溶湯流を噴出する方法によって作製した粒子の断面組織を観察して評価した．その結果，Fe-Co-Ni-Si-B-Mo系合金において，高いアモルファス形成能が得られる組成領域を特定した．図2にSi, BおよびMoの量を一定とした場合の $(\text{Fe}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Ni}_y)_{75}\text{Si}_8\text{B}_{14}\text{Mo}_3$ (at%)合金のアモルファス相形成の最適組成範囲を示す．

上記のアモルファス形成能結果に基づいて得た鉄基アモルファス合金の機械的特性を単ロール法で作製したリボン形状合金を用いて評価した．その結果を従来の汎用材料と比較して図3に示す．従来の結晶材料と比較して，引張り強度は高く，ヤング率は低く，弾性限界伸び(2.2%)は大きいというアモルファス合金特有の特性が確認された．従って，この合金は高強度(高硬度)且つ靱性(高弾性限エネルギー)に優れており，開発目標とした投射材の要求に十分対応可能であると推定された．

* 新東ブレーター株式会社開発部門：1)主任技術員

2)グループマネージャー 3)常務取締役

** 東北大学金属材料研究所：1)助教授 2)教授

Development of Long Life Shot Amorphous Material “AMO-Beads” with High Strength for Peening; Kiyoshi Okumura*, Junko Kurosaki*, Kazutoshi Nishimura*, Hisamichi Kimura**, Akihisa Inoue** (*Sintobator, LTD. **Institute for Materials Research, Tohoku University)

2003年11月5日受理

図2 (Fe, Co, Ni)₇₅Si₈B₁₄Mo₃ 合金におけるアモルファス相生成のFe, Co および Ni の最適組成範囲。

図3 開発した鉄基アモルファス合金の機械的性質と汎用材との比較。

3. 鉄基アモルファス合金投射材「アモビーズ」の特性

開発した (Fe, Co, Ni)₇₅Si₈B₁₄Mo₃ アモルファス合金を用いた投射材「アモビーズ」の耐食性、硬さおよび衝撃破砕に対する寿命特性を以下に示す。

(1) 金属組織

アモビーズの断面を硝酸、塩酸および酢酸の混合液中で室温で20秒間腐食後の光学顕微鏡写真を図4に示す。結晶相のコントラストは全く見られず、極めて均一なアモルファス組織が形成されており、耐食性も良好であると判定される。

(2) 硬 さ

アモビーズの Hv 硬さを従来の高硬度をもつ投射材料と比較して図5に示す。硬さは Hv900~950 程度であり従来の結晶系の高硬度型投射材の硬さ値を大きく上回っている。また、組織の均一性が高いためにアモビーズの硬さのバラツキは小さく、安定で且つ大きなピーニング処理効果の発現が期待される。

図4 「アモビーズ」の組織写真。

図5 アモビーズおよび商用投射材(サイズ100 μm)の Hv 硬さ。

図6 エアー式投射材寿命試験装置の模式図。

図7 エアー投射方式によるアモビーズおよび結晶合金投射材の寿命比。

(3) 寿命特性

粒子の耐衝撃破砕性で表される投射材の使用寿命は、圧縮エアにより粒子を加速し高Cr 鋳鉄(27%Cr, Hv600)のタ

図8 重力方式によるアモビーズのピーニング特性.

ターゲット材に衝突させ破碎程度を比較する方法で評価した。実験に用いた装置の模式図を図6に、また寿命結果を図7にまとめている。従来の高硬度投射材と比較して、耐衝撃性が大幅に改善され、寿命が4~10倍も長くなることが確認された。

4. ピーニング特性

被投射用試験片としてSKD11を用い、従来の商用投射材として最高の特性を持つWC-Co系超硬合金およびジルコニアセラミックスの高級投射材とピーニング特性を比較した。試験は、圧縮エアーを用いる投射法で代表的な重力方式ならびに加圧方式により行った。

(1) 重力方式による比較

重力方式によって処理されたSKD11の残留応力分布と表面粗さの投射材による差異を図8にまとめている。硬さは超硬合金ショットではHv1400であり、ジルコニアではHv1200であり、いずれも「アモビーズ」を大幅に上回っている。しかし、図8に示すように、アモビーズによっても超硬合金ショットやジルコニアに匹敵する高い圧縮残留応力を付与することが可能であるのみならず、表面粗さを最も低く抑えることができ、従来の如何なる結晶投射材においても両立し得なかった優れたピーニング特性を有している。

(2) 加圧方式による比較

次に、加圧方式におけるSKD11の残留応力分布を高速度鋼(SKH55相当, Hv850)投射材と比較して図9に示す。アモビーズのHv硬さは同程度であるが、アモビーズを使用し

図9 加圧投射方式によるアモビーズのピーニング特性.

た場合には高速度鋼投射材を上回る高圧縮残留応力が表面から長距離域まで形成されている。また、高速度鋼投射材と比較して図7に示すように極めて長寿命であることから、ピーニング処理費の大幅なコストダウンおよび処理時間の短縮化が期待される。

5. 実用化状況と今後の展開

今回、投射材としては全く新規な素材であるバルク金属ガラス型の鉄基合金を適用することで従来の結晶材では得られなかった特徴ある優れたピーニング用投射材を開発できた。本格的な実用化を開始した段階にあるが、すでに高硬度鋼対用として採用されており、今後省エネルギー、廃棄物削減などの広範な市場ニーズに対応できると考えている。また自動車関連のギヤならびにバネさらには微細精密分野などへの適用も図られている。

6. 特 許

国内: 特願2000-185742号, 特願2000-230317号
 特願2000-271615号などを出願

文 献

- (1) 小島芳彦, 三輪能久, 柴田伸也, 有見幸夫: 自動車技術, 42(1988), 755-760.
- (2) 伊藤俊朗, 長島悦一, 石川裕二, 伊沢佳伸: ばね論文集, No. 43(1988), 23-30.
- (3) 井上明久: 機能材料, 116, No. 5(1996), 5-13.