

Title	高硬度・長寿命を有する新規微粒子ショットピーニング用投射材の創製と評価
Author(s)	澤田, 俊之
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26198
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

〔題名〕 高硬度・長寿命を有する新規微粒子ショットピーニング用投射材の創製と評価

学位申請者 澤田俊之

本論文では、高硬度・高密度・高靱性を有し、かつ安価な原料と量産性に優れる製造方法により実現可能な微粒子投射材の開発を目的とし、その創製および評価を行なった。

第1章の序論では、研究の背景、ショットピーニングの概要を示すとともに、高硬度投射材の開発に関する従来の研究を記述し、本開発の目標とする投射材の特性を示した。

第2章では、新規微粒子投射材に適した製造方法および合金設計を行なった。製造方法として、 $100\mu\text{m}$ 程度の粒径の球形状粒子を効率よく製造でき、微細マイクロ組織を有する粒子が製造できることに着目し、ガスアトマイズ法を採用した。合金として、安価な原料からなり高硬度を有しながらガスアトマイズ法で製造可能な程度の低融点を有するFe系硼化物を延性の高い αFe を含む共晶組織で結合するマイクロ組織を狙ったFe-Fe₂B系過共晶組成に着目した。最適B量を検討した結果、ビッカース硬さ1200HV級、密度 $7.4\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ を有し、かつ靱性にも優れる新規微粒子投射材としてFe-8%Cr-6.5%B投射材を新しく開発した。

第3章では新規FeCrB投射材によるショットピーニング効果に及ぼす投射圧の影響を評価した。3水準の投射圧でショットピーニングした結果、全投射圧において比較の粉末ハイス製投射材の場合より高い圧縮残留応力が付与された。この実験結果はOgawaらにより提案された被加工材に与える最大圧縮残留応力の予測式とよい一致を示した。

第4および5章ではFeCrB投射材をSCM420ガス浸炭材に一段および二段ショットピーニングし、疲労特性に及ぼす影響を評価した。SCM420ガス浸炭材は高強度部品に用いられる代表的な肌焼鋼であり、その表面強化ならびに疲労特性の改善は極めて重要な技術課題である。SCM420ガス浸炭材を被加工材としたショットピーニングにおいて、FeCrB投射材を用いることで粉末ハイス製投射材を用いた場合よりも、被加工材表面に大きな圧縮残留応力と加工硬化を与えることができ、その結果、被加工材の疲労強度が大幅に向上した。

第6章では冷間工具鋼へのFeCrB投射材を用いたショットピーニング効果を評価した。代表的な冷間工具鋼であるSKD11にFeCrB投射材をショットピーニングし、表面硬度、疲労特性、シャルピー衝撃値ならびに低速での耐摩耗性が改善することを明らかにした。

第7章ではFeCrB投射材の寿命特性を評価した。投射材寿命はランニングコストに関わる重要な特性である。一般に結晶材料を投射材として用いると、硬度の上昇にともない靱性が低下するため、高硬度投射材は寿命に劣ると考えられてきた。しかしながら、FeCrB投射材は延性の高い αFe を結合相として持つ投射材であり、高い靱性も兼備するよう設計した微粒子投射材である。SCM420ガス浸炭材をターゲットとして実施した投射材寿命評価の結果、FeCrB投射材は粉末ハイス製投射材よりも寿命特性に優れることを明らかにした。

第8章ではCuを添加した硬質微粒子投射材を用いたショットピーニングによる被加工材の表面改質について検討した。FeCrBCu投射材を用いることにより、被加工材として用いたSUJ-2焼鈍材表面に残留応力付与のような通常のショットピーニング効果以外に、Cu移着を同時に実現できるハイブリッド効果を検討した。その結果、被加工材表面は加工硬化し圧縮残留応力が導入されるとともに、SUJ-2焼鈍材の母相である αFe の固溶限を大きく上回るCuが移着していた。X線回折、TEM観察の結果、被加工材表面はナノ結晶粒化しており、この領域にCuが過飽和固溶していることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (澤 田 俊 之)			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教授	掛下知行
	副 査	教授	荒木秀樹
	副 査	教授	宇都宮裕
	副 査	准教授	福田 隆
	副 査	講師	寺井智之
論文審査の結果の要旨			
<p>高強度材料における疲労特性の向上は、自動車の軽量化につながる基幹技術である。この疲労特性を向上させる方法として、ショットピーニング法が近年に注目されはじめたことにともない、高硬度・長寿命を有し、かつ廉価原料からなるショットピーニング用投射材の開発が急務な課題となっている。本論文では、必要とされる特性を有する投射材の合金設計ならびにその製法を検討して、新規微粒子ショットピーニング用投射材（以下、新規投射材）の創製を行うとともに創製した新規投射材による被投射材の加工表面の改質挙動および疲労特性を系統的に評価したものである。以下に、得られた知見を示す。</p>			
<p>(1) 廉価な原料のみからなり、高硬度を有するショットピーニング用の投射材を、その製法ならびに合金設計の両面から検討することで、ビッカース硬さ 1200HV 級、密度 $7.4\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ を有し、かつ靱性にも優れる新規投射材 Fe-8%Cr-6.5%B(mass%)のガスアトマイズ法による創製に成功している。この新規投射材は、Fe-Fe₂B 系過共晶を利用したものである。すなわち、硬度が高くかつ比較的融点の低い Fe₂B の初晶と延性の高い α-Fe ならびに Fe₂B の共晶組織を有する。</p>			
<p>(2) 新規投射材と従来の投射材である粉末高速度鋼製微粒子投射材による被投射材に与える残留応力を比較すると、新規投射材は被投射材に高い圧縮残留応力を付与できることを、被投射材としてガス浸炭肌焼鋼(SCM822, SCM420)ならびに冷間工具鋼(SKD11)の焼入焼戻し材を用いて確かめるとともに、その理由を投射材の硬度が被投射材の残留応力に与える影響を考慮して説明をしている。また、新規投射材をショットピーニングすることで、被投射材の疲労特性、シャルピー衝撃値、耐摩耗性が向上することを実証している。</p>			
<p>(3) 新規投射材は、従来の投射材である粉末高速度鋼製投射材と比べ、破碎の進行が遅く、投射材寿命に優れることを見出し、その理由を、衝突による投射材の塑性変形量ならびに構成相安定性から説明している。</p>			
<p>(4) 新規投射材にさらに Cu を添加した微粒子投射材を SUJ-2 焼鈍材（被投射材）に投射すると、被投射材表面がナノ結晶化すると同時に投射材から被投射材に Cu が移着し、Cu が過飽和に固溶した表面が得られることを見出している。このような表面改質は、被投射材に潤滑性をはじめとした機能性を付与するための新技術として、今後の展開が期待できる。</p>			
<p>以上のように、本論文は、高硬度・長寿命を有する新規微粒子ショットピーニング用投射材を創製するとともに、同材を用いた各種実用鋼へのショットピーニングによる被投射材の表面改質挙動を系統的に評価したものであり、学術的にも、また各種高強度部品にショットピーニング法を適用する上でも有用な知見を多く含んでおり、材料工学の発展に寄与するところが大きい。</p>			
<p>よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>			