



Title	Formation of Thick Coatings of Intermetallic Compound Al <sub>3</sub> Ti and its Composites by Powder Metallurgical Techniques
Author(s)	松原, 敏夫
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3184480">https://doi.org/10.11501/3184480</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	松原 敏夫
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16277 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	Formation of Thick Coatings of Intermetallic Compound $Al_3Ti$ and its Composites by Powder Metallurgical Techniques (粉末冶金法による金属間化合物 $Al_3Ti$ とその複合材料の厚膜形成)
論文審査委員	(主査) 教授 小林紘二郎
	(副査) 教授 西本 和俊 教授 宮本 鈴生

### 論文内容の要旨

本論文は、粉末冶金的手法を用いて金属間化合物  $Al_3Ti$  およびその複合材料の表面改質層としての形成に関して、そのプロセスの最適化と作製した層の特性評価を目的に論じたものである。

第1章「緒論」では表面改質の必要性および金属間化合物  $Al_3Ti$  の特性を示し、この材料を表面改質層として形成した従来の研究を概説した上で、本研究において新たに提案する粉末冶金法による表面改質プロセスの概念とその利点を述べている。

第2章「燃焼合成法(SHS)による  $TiAl$  および  $Cu$  基材への  $Al_3Ti$  厚膜形成」では、基材上で  $Al$  と  $Ti$  の混合粉末を用いて SHS 法により  $Al_3Ti$  を合成し、同時に基材への接合を行うプロセスを提案している。その結果、 $Al$  と  $Ti$  の SHS 反応では  $Al$  の溶融が反応の開始となっていること、また  $Cu$  基材上への表面層形成では  $Al$  と  $Cu$  が共晶反応を生じ、その共晶点において反応が開始することを明らかにしている。そしてこのようにして得られた  $Al_3Ti$  層は未反応およびボイドを含んだ不均一組織であるものの、バルク材並の耐摩耗性を有することを示している。

第3章「メカニカルアロイング(MA)法による均一  $Al_3Ti$  層形成」では、SHS 反応により導入される元素の未反応について MA 法を用いた微細混合による解決プロセスを提案し、実験および解析的検討を行っている。 $Al$  と  $Ti$  の反応について球核モデルを適応して必要粒子径を計算し、実際に MA 法によりその粒子径を有する微細混合粉末が作製できることを示している。この MA 粉末は加工硬化、結晶粒微細化等により硬化していることからホットプレス法による緻密化は困難となったが、バルク材並の耐摩耗性を有する均一  $Al_3Ti$  層が形成できることを示している。

第4章「反応性パルス通電焼結(PECS)法による  $Ti$  基材への  $Al_3Ti$  形成」では PECS 法を用いることによって、緻密かつ均一な  $Al_3Ti$  層形成を目的として検討を行っている。表面層の緻密化速度を塑性流動によるものと仮定して、その見かけの活性化エネルギーを求めた結果、保持過程では従来のホットプレス法と大きな差がなく、加熱過程においてその優位性があることを示している。また表面  $Al_3Ti$  層と  $Ti$  基材との界面に形成される反応層について同定およびその成長速度について調査し、表面層からの  $Al$  の拡散が律速していることを明らかにしている。そして作製した表面  $Al_3Ti$  層はバルク材並の耐酸化性および耐摩耗性を有することを示している。

第5章「セラミックス粒子分散  $Al_3Ti$  層の形成」では、強化相としてセラミック粒子  $TiB_2$  および  $Al_2O_3$  を  $Al_3Ti$  マトリックス中に分散させることによる耐摩耗性の向上を目的としている。セラミックス粒子を添加することによっ

て表面層における緻密化の進行、基材間に形成される反応層の成長は抑制される、のいずれの粒子でも耐摩耗性は著しく向上することを示している。耐酸化性については  $TiB_2$  分散では劣化し、 $Al_2O_3$  による分散強化が有効であることを示している。

第6章「結言」では、第2章から第5章までの研究成果を総括している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、次世代の軽量耐熱合金として期待される金属間化合物  $Al_3Ti$  およびその複合材料の表面改質層としての形成に関して SHS 法、MA 法および PECS 法といった粉末冶金法を用いて、検討を加えようとするもので、そのプロセスが表面改質層の組織および耐摩耗、耐酸化特性におよぼす影響を調査している。

まず、 $Cu$  および  $TiAl$  基材上で  $Al$  と  $Ti$  の混合粉末を用い SHS 法により  $Al_3Ti$  を合成し、同時に基材への接合を行うプロセスを提案している。 $Al$  と  $Ti$  の SHS 反応について調査した結果、 $Al$  の溶融が反応の開始となっており、 $Cu$  基材上への表面層形成では  $Al$  と  $Cu$  が共晶反応を生じ、その共晶点において反応が開始することを示している。そして得られた  $Al_3Ti$  層は未反応およびボイドを含んだ不均一組織であるものの、バルク材並の耐摩耗性を有することを示している。

このような不均一組織を改善するため、MA 法による微細混合粉末を用いた表面層の形成について実験および解析の両面から検討を行っている。 $Al$  と  $Ti$  の反応に球核モデルを適応して必要粒子径を計算し、実際に MA 法によりその粒子径を有する微細混合粉末の作製に成功している。この MA 粉末を用いることにより加工硬化、結晶粒微細化等による粉末自体の硬化から緻密な表面層の形成は困難となったが、バルク材並の耐摩耗性を有する均一  $Al_3Ti$  層が形成できることを示している。

この表面  $Al_3Ti$  層の完全緻密化を達成するために、PECS 法による MA 粉末の固化成形について調査している。緻密化速度を定量的に評価するために塑性流動により緻密化が進行すると仮定した見かけの活性化エネルギーを求めた結果、等温保持過程では従来のホットプレス法と大きな差がなく、加熱過程でその優位性があることを示している。また表面  $Al_3Ti$  層/ $Ti$  基材間に形成される反応層の同定を行い、その成長速度については表面層からの  $Al$  の拡散が律速していることを示している。このように作製した表面  $Al_3Ti$  層はバルク材並の耐酸化性および耐摩耗性を有することを示している。

セラミックス粒子  $TiB_2$  および  $Al_2O_3$  を  $Al_3Ti$  マトリックス中に分散させることによる耐摩耗性の向上を目的として、 $Al-Ti-B$ 、 $-TiB_2$  および  $-Al_2O_3$  系の MA 粉末を用いた表面層の形成について検討を行っている。セラミックス粒子を添加することによって緻密化の進行、基材間に形成される反応層の成長は抑制されるものの、いずれの粒子でも耐摩耗性は著しく向上している。耐酸化性については  $TiB_2$  分散では劣化し、 $Al_2O_3$  による分散強化が有効であることを示している。

以上のように、本論文は金属間化合物  $Al_3Ti$  およびその複合材料の表面改質層としての形成に関して新たに粉末冶金法を提案し、そのプロセスが表面改質層の組織および耐摩耗、耐酸化特性に及ぼす影響について、多くの新しい知見を得ている。さらには金属間化合物の作製法および金属基材との接合法や、粉末焼結法を用いた表面改質プロセスの可能性を拓くもので、基礎および応用の両面にわたって工学的に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。