

Title	表面に傾斜硬化層を持つ刃物材料の研究
Author(s)	山田, 修司
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42724
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	山田 修 司
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 15735 号
学位授与年月日	平成12年9月29日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	表面に傾斜硬化層を持つ刃物材料の研究
論文審査委員	(主査) 教授 山本 雅彦
	(副査) 教授 馬越 佑吉 教授 弘津 禎彦

論文内容の要旨

本論文は、電気かみそりのように軽い負荷で切る刃物用材料の開発を狙いとし、表面にアルミナを形成する FeCrNiAl 合金、および Al と 13Cr ステンレスとをクラッドし拡散して得られる材料についての研究結果をまとめたもので、以下の7章より構成されている。

第1章では、本研究の背景、研究の目的および研究で取り上げた材料の狙いについて述べている。

第2章では、FeCrNiAl 合金の組成を幅広く変化させ、組織、表面へのアルミナの形成状態、母材の硬度、圧延圧力と組成との関係を調べ、刃物材料として適する大まかな組成範囲が Cr+Al: 33~39mass%、Ni: 21mass%、Al: 4.6~6.7mass%であると決定した。この組成の合金は、高温では伸びが大きく加工しやすい反面、常温では伸びが2~3%しかなく、冷間加工がむずかしいことを明らかにした。

第3章では、FeCrNiAl 合金の硬度を大きくする組成に絞り込み、更に詳しく特性を調べた。その結果、母材硬度を大きくするための α 相となる組成範囲を絞り込み、また、NiAl 系粒子を母材に微細に均一に分散させ、母材硬度を大きくするメカニズムを明らかにした。アルミナ層の厚さは、熱処理時間の1/2乗に比例し放物線則に従うことがわかった。刃物としての性能を発揮するアルミナ層を形成させるには、1523Kで1ks以上の熱処理時間が必要であると結論した。

第4章では、冷間での圧延が難しい点を考慮し、急冷凝固による薄帯化の可能性を検討した。単ロール法で幅0.6mm、厚さ30 μ mのFeCrNiAl合金の薄帯を造るのに成功し、刃先となるアルミナ層も形成させることができた。薄帯の母材硬度は、非常に高くなるが反面脆く、加工性が改善されないことが明らかになった。

第5章では、イオン窒化すると低温で表面を硬化出来るため、窒素と水素の混合ガス中でイオン窒化を行い、表面近傍にCr, Fe, Alの窒化物を形成した。窒化させた材料の表面硬度は高い値を示し、内部に行くに従い傾斜的に硬度が低下した。しかし、耐食性が極端に悪くなり、筆者の狙いとする電気かみそりへの用途にはむずかしいことがわかった。

第6章では、最終的にAlと13Crステンレスをクラッドし、拡散させる材料を考案した。表面から20 μ mの深さまでFeとAlの化合物が形成され、傾斜的に硬度を低下させることが出来た。表面硬度、Alとステンレスの加工性および耐食性も良好であった。電気かみそりに応用したところ鋭利な刃先が形成でき、疑似髭の切断負荷も従来のものに比べ2/3に下がり、実用に結びつけることができた。

第7章は、本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

刃物材料は (a) 硬い (b) 鋭利な刃がついている (c) 刃欠けがしないという主要な要素の他に、熱処理後の歪が取り易い、研削などの加工が容易である、錆びにくいなどの要素が必要である。刃物の硬さについては、切るものより硬くなければ切れないという基本的特性の他に、研削で刃先を作るとき刃材が十分に硬くないと研削だれのため鋭利な刃先が形成されにくいという問題があり、刃先部には硬い材料が必要である。また、靱性、伸びが大きく加工性が良いという金属の利点を生かした特性が必要である。しかし、金属の刃物では焼入れの硬さに限界があり、刃先部の硬度を十分大きくできない。またセラミックの刃物では、刃先の硬度は十分であるが、靱性、伸びが殆どないため刃の欠け、割れが生じるという欠点があった。

このような状況において、表面に硬い層が形成され鋭利な刃先をつくることができると共に、下地材となる材料、母材が金属のような靱性と伸びを持ち、欠け、割れがなく加工が容易な刃物材料の開発が要求された。本論文では、主として電気かみそり用の刃のように小さな負荷で切る刃物を対象とし、上記要求を解決するために、組成の選択、硬化層の解析、材料特性の明確化などの研究を行い、表面から傾斜的に硬度が変化する刃物材料を開発することに成功している。この研究で得られた成果を要約すると、次の通りである。

- 1) FeCrNiAl 合金の Cr、Ni、Al 濃度を幅広く変化させ、組織、アルミナ層の形成、母材の硬度、圧延圧力の組成依存性を調べ、刃物材料として適する合金組成を決定している。母材を α 相となるように、また、母材に 10nm 以下の NiAl 系粒子を微細に分散させるようにし、母材硬度を大きくして、高温では伸びが大きく加工しやすい材料を得ることに成功している。
- 2) 熱処理としては、高温に保持して母材に存在する NiAl 系粒子を一度固溶させ、高速急冷することにより再び NiAl 系粒子が微細に均一に分散させる方法がよいとし、母材硬度が大きくなるメカニズムを明らかにしている。NiAl 系粒子の分散により母材硬度を大きくし、刃物として性能を発揮するアルミナ層を形成させるには、1523K で 1ks 以上の熱処理が必要であることを、また、アルミナ層の厚さは、熱処理時間の 1/2 乗に比例し放物線則に従っていることを見出している。
- 3) 冷間での圧延が困難である点を解決するために、急冷凝固による薄帯について検討し、母材に平均 10nm の NiAl 系粒子を均一に分散させることに成功しているが、母材硬度は高くなる反面脆く、加工性が改善されなかったことを述べている。
- 4) 低温で表面硬度を増すため、イオン窒化の検討も行い、表面近傍に Cr、Fe、Al の窒化物の形成に成功しているが、耐食性が悪く、実用化には至っていない。
- 5) 最終的に、Al と 13Cr ステンレスをクラッドし、表面から 20 μ m の深さまで Fe と Al の化合物を形成させ、傾斜的に硬度を低下させ、表面硬度約 12GPa を達成させることに成功し、母材に 13Cr ステンレスを使用して加工性を良くし、耐食性も改善して、電気かみそりの実用化に成功している。

以上のように、本論文は、電気かみそりのように軽い負荷で切る刃物用材料として、表面に硬度の高い層を形成させ、母材に金属並みの靱性を持たせた材料の開発を行い、実用化に成功しており、材料工学の発展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。