

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	塩浴酸軟室化処理した鋼の表層組織とその機能特性
Title(English)	
著者(和文)	石塚はる菜
Author(English)	Haruna Ishizuka
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11557号, 授与年月日:2020年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:竹山 雅夫,小林 覚,西方 篤,木村 好里,上田 光敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11557号, Conferred date:2020/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)

Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of Graduate major in	材料 系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	( 工学 )
学生氏名： Student's Name	石塚 はる菜	指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	竹山 雅夫
		指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	小林 寛

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は「塩浴酸軟窒化処理した鋼の表層組織とその機能特性」と題し、7章から構成されている。

第1章「緒論」では、我が国の産業基盤の根幹をなす自動車産業の国際競争力の維持にはさらなる製造コストの低減が必要であり、そのためには金型の長寿命化が有効であること、そのアルミ鋳造金型には耐摩耗性および耐アルミ溶損性が求められ、その特性の向上に向けて酸軟窒化処理による鋼の表層組織の改質の適用が期待されている背景を述べ、本論文の意義、目的および構成を示した。

第2章「酸軟窒化処理した熱間工具鋼における表層組織」では、金型材料として代表される熱間工具鋼 SKD61 を用い、酸軟窒化処理により形成される表層組織とその成長挙動を、従来 (軟窒化+酸化) 処理と比較検討した。その結果、いずれの処理においても、表面から酸化層、窒素化合物層および窒素拡散層が形成されるが、従来材の酸化層は  $Fe_3O_4$  単層であるのに対し、酸軟窒化材の酸化層は、Li を含む FeO からなる外層とその FeO 中に Si 酸化物が分散した内層の二層となること、また、従来材の窒素化合物層にはボイドが存在するのに対し、酸軟窒化材のそれは緻密であることを明らかにした。

第3章「酸軟窒化処理した熱間工具鋼における表層組織の特性評価」では、前章と同様、酸軟窒化材の耐摩耗性および耐アルミ溶損性を評価し、従来材と比較検討した。その結果、酸軟窒化材の耐摩耗性および耐アルミ溶損性は従来材よりも優れることを見出した。この原因を調べるため、表層の除去により各層の耐摩耗性を調べた結果、優れた耐摩耗性は酸化層内層に起因すること、また、耐溶損性は酸化層の厚さの増加に伴い向上することを明らかにした。したがって、金型のさらなる高性能化には酸化層内層の組織制御が重要であることを指摘した。

第4章「Fe-0.4mass% C 合金の酸軟窒化組織」では、酸化層内層の形成過程を明らかにすることを目的に、合金元素を排除した Fe-0.4% C 二元系合金に酸軟窒化処理を施し、酸化層の形成過程を調べた。その結果、表層組織の構成は、酸化層、窒素化合物層、窒素拡散層となるが、その形成過程は、酸化層の形成に先立って窒素化合物層が形成すること、また、酸化層は Li が固溶した FeO 単層となり、酸化層内層は形成されないことを明らかにし、酸化層内層の形成には合金元素が強く影響することを指摘した。

第5章「Fe-0.4mass% C 合金の酸軟窒化組織に及ぼす合金元素の影響」では、SKD61 に含まれる合金元素を単独で添加した Fe-0.4% C-2%M (M: Si, V, Cr, Mn, Mo) 三元系合金を用いて、酸軟窒化処理により形成される酸化層に及ぼす合金元素の影響を調べた。その結果、いずれの元素添加においても、表層組織の構成は、酸化層、窒素化合物層、窒素拡散層となり、その形成過程は二元系合金と同様となる。しかし、Si および Cr の添加は酸化層の二層構造をもたらし、いずれも外層は Li が固溶した FeO、一方、内層は、前者の場合には FeO 中に  $SiO_2$  が分散した組織、後者の場合には FeO に Cr が固溶した組織となることを明らかにした。この酸化層内層の形成の有無は、合金元素と酸素との結合エネルギーの大小に起因すると推察した。なお、いずれの場合にも窒素化合物層中にボイドが生成されず、これは、最表層の形成する Li を含む FeO が N の内方拡散を抑制するためと述べた。

第6章「金型の高性能化に向けた表層組織設計手法」では、前章までの知見より、酸化層内層の形成を促進する Si および Cr に加えて酸素との結合エネルギーの強い Al の組織形成におよぼす合金添加量の影響およびその耐摩耗性を評価した。その結果、Al の添加は酸化層内層の形成を促し、その厚さは添加量の増加に伴い増加すること、一方、Si, Cr の場合、その厚さは添加量の増加に伴い減少すること、また、耐摩耗性は Si, Cr の場合は厚さの増加に伴い向上するものの、Al の場合には低下することを明らかにした。また、酸化層内層の耐摩耗性の向上に及ぼす効果は Si 添加の場合に最も増大することを見出した。以上のことから、金型のさらなる長寿命化は、既存鋼の Si 量を約半分程度に低減し、且つ、酸軟窒化処理条件を母相の軟化の生じない範囲で高温化し、酸化層内層の厚さを増大させることが重要であることを示した。

第7章「結論」では、各章で得た知見を総括した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).