

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	石塚はる菜		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	竹山雅夫	教授		小林 覚	准教授
	審査員	西方 篤	教授	審査員	上田光敏	准教授
		木村好里	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

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AI部品製造コストの低減が必要であり、そのためにはダイカスト等で使用される金型の長寿命化が不可欠であることを指摘している。金型には耐摩耗性および耐AI溶損性が求められ、従来その長寿命化には軟窒化処理後の酸化処理が有効であること、一方、最近、酸化も同時に生じる塩浴酸軟窒化処理が注目され、更なる長寿命化にはその処理の金型への適用が期待されている現状を述べ、本論文の意義、目的および構成を示している。

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(ON)処理により形成される表層組織とその成長挙動を、従来法(軟窒化+酸化処理(N+O))と比較検討している。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、従来法の酸化層は Fe_3O_4 単層であるのに対し、ON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2層となること、また、N+O材の窒素化合物層にはボイドが存在するのに対し、ON材のそれは緻密であることを明らかにしている。

第3章「酸軟窒化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、ON材の耐摩耗性および耐AI溶損性を評価し、N+O材の結果と比較検討している。その結果、ON材の耐摩耗性および耐AI溶損性はN+O材よりも優れることを見出している。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みの増加に伴い向上することを明らかにしている。したがって、金型のさらなる長寿命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ている。

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-C二元系合金を用いてON処理を施し、酸化層の形成過程を調べている。その結果、表面組織の構成は、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ている。

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、ON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ている。その結果、いずれの元素添加においても、表面組織の構成は、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SiO₂が分散した組織、一方、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ている。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ている。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、最表層に形成するLiを含むFeOがNの内方拡散を抑制するためと述べている。

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およびその耐摩耗性を評価している。その結果、Alの添加は酸化層内層の形成を促し、その厚みは添加量の増加に伴い増加すること、一方、Si、Crの場合、その厚み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の場合は厚み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ている。また、酸化層内層の耐摩耗性におよぼす効果はSi添加の場合に最も増大する。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(1.0 mass%)を約半分程度に低減し、且つ、塩浴酸軟窒化処理条件を母層軟化の生じない範囲で高温化し、酸化層内層の厚みを増大させることが重要であると述べている。

第7章「結論」では、各章で得た知見を総括している。

以上要するに、本論文は、熱間工具鋼における酸軟窒化組織の優れた耐摩耗性および耐溶損性が酸化層の内層に起因することを明らかにし、その組織の形成および成長挙動にはSi元素が強く影響することを見出し、さらなる特性の向上のための表層組織設計手法を提案したものであり、工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値のあるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にて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。