

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 機械構造用快削鋼の被削性に対する介在物の作用機構に関する研究  |
| Author(s)    | 渡里, 宏二  |
| Citation     | 大阪大学, 2012, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/59908">https://hdl.handle.net/11094/59908</a>   |
| 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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

本研究では、新たな鉛フリー快削鋼の開発を目指すことを前提に、各種快削鋼の被削性改善機構について検討し、その作用機構を明確にすることを目的とした。まず、鉛快削鋼における鉛介在物の作用機構を、高速度カメラによるその場観察やSEM内での切削加工によって、切りくず形成や鋼中の鉛介在物の変形機構に着目して検討した。次に、硫黄快削鋼中に含まれる介在物MnSの被削性改善効果を先の鉛の効果と比較し、MnSが鉛を代替しうる可能性について検証した。また、Ca脱酸鋼特有の被削性改善効果であるペラージの形成について、その形成メカニズムを超硬工具材質による差異から検証し、加えてペラージ形成能を高めるための快削鋼中の酸化物系介在物の物性について検討した。以下に各章で得られた結論を要約する。

第1章では、快削鋼における歴史と近年までの研究内容をまとめ、快削鋼について明確になっている点と課題について整理した。

第2章では、鉛の被削性改善効果について、切削速度1m/minの低速二次元切削における切りくず生成挙動と切削抵抗の変化を、鉛の有無による切りくず生成挙動を高速度カメラによるその場観察と、切削中の鉛介在物におけるせん断域での変形挙動を調査すべくSEM内切削実験によって検討した。その結果、一次せん断域で鉛介在物がせん断変形方向に沿って引き伸ばされ、またこれを起点にしたき裂が観察されたことから、鉛介在物の作用機構が、せん断変形抵抗を抑制し切りくず形態を変化させていると結論づけた。

第3章では、切削速度100m/minでの高速二次元切削において、鉛とMnSの被削性改善効果について検討し、第1章の知見と比較した。切りくず内の介在物の変形挙動を様々な断面方向から観察することで3次元的に検討し、変形能の低いMnSの周辺で変形能の高い鉛が、土星状に拡がりを持って延伸されていることを明らかにした。両介在物の被削性に対する作用機構は、一次せん断域でのせん断変形抵抗の抑制効果が主であり、鉛とMnSの作用機構の差は、各々の変形能の差によって現れるものと結論づけた。

第4章では、前章までで得られた知見から、MnSで鉛の改善効果を補える技術について検討した。具体的にはS含有量を揃えた上で、MnSの数密度を溶製条件と铸造後の鍛錬比を変化させて、その被削性への効果を見極めた。MnSの総量が同じ場合には、共晶MnSのように、高変形能のMnSの数密度を高めることで、加工中の一次せん断域に供給される介在物の頻度を高め、その結果、せん断力抑制の頻度を上げ、せん断角が連続的に小さくなることで切りくず厚さの変動を抑制できると結論づけた。

第5章では、Ca脱酸鋼のBelag形成機構について、工具材質の影響を検討した。特に超硬工具と付着物の界面構造を精緻に観察することでTiC成分を含むP種超硬工具特有のBelag形成機構を検討した。(Ti・W)CとWCの2種の炭化物で構成されているP種超硬合金では、WCより(Ti・W)Cのほうが耐摩耗性に優れることから、摩耗部の表面は(Ti・W)Cが出っ張り、WC部が凹んでいるような凹凸状態が形成される。この凹部にCa系介在物(ゲーレンナイト)が溜まり易くなり、最終的に工具摩耗部をBelagで覆い、保護膜として機能していることが明確になった。

第6章では、鋼中の酸化物系介在物および工具付着物をTEMにより詳細に観察するとともに、介在物組成相当の合成酸化物を作成することでBelagの形成能について検討した。Ca脱酸鋼中の酸化物系介在物もBelagも、ともに結晶化したゲーレンナイトであった。またゲーレンナイト組成及び結晶状態を再現した合成酸化物によって、切削温度相当の600~800℃近傍ではHV200と軟化していた。ペラージ形成能は、酸化物組成と結晶状態による適正な高温硬さが必要であると結論づけた。

この本研究によって得られた知見は、更に被削性の優れた鉛フリー快削鋼の材料開発や種々の被削性を改善させるための切削条件の選定にも有効に活用することができる。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、新たな鉛フリー快削鋼の開発を目指すことを前提に、各種快削鋼の被削性改善機構について検討し、その作用機構を明確にすることを目的としている。まず、鉛快削鋼における鉛介在物の作用機構を、高速度カメラによるその場観察やSEM内での切削加工によって、切りくず形成や鋼中の鉛介在物の変形機構に着目して検討する。次に、硫黄快削鋼中に含まれる介在物MnSの被削性改善効果を先の鉛の効果と比較し、MnSが鉛を代替しうる可能性について検証する。また、Ca脱酸鋼特有の被削性改善効果であるペラージの形成につい

[190]

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 渡 里 宏 二   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)  |
| 学位記番号      | 第 25648 号   |
| 学位授与年月日    | 平成24年9月25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      | 機械構造用快削鋼の被削性に対する介在物の作用機構に関する研究                          |
| 論文審査委員     | (主査)<br>准教授 藤原 順介<br>(副査)<br>教授 高谷 裕浩 教授 榎本 俊之 教授 荒井 栄司 |

て、その形成メカニズムを超硬工具材質による差異から検証し、加えてベラーグ形成能を高めるための快削鋼中の酸化物系介在物の物性について検討する。以下に各章で得られた結論を要約する。

第1章では、快削鋼における歴史と近年までの研究内容をまとめ、快削鋼について明確になっている点と課題について整理している。

第2章では、鉛の被削性改善効果について、切削速度1m/minの低速二次元切削における切りくず生成挙動と切削抵抗の変化を、鉛の有無による切りくず生成挙動を高速度カメラによるその場観察と、切削中の鉛介在物におけるせん断域での変形挙動を調査すべくSEM内切削実験によって検討している。その結果、一次せん断域で鉛介在物がせん断変形方向に沿って引き伸ばされ、またこれを起点にしたき裂が観察されたことから、鉛介在物の作用機構が、せん断変形抵抗を抑制し切りくず形態を変化させる効果が大い。

第3章では、切削速度100m/minでの高速二次元切削において、鉛とMnSの被削性改善効果について検討し、第1章の知見と比較している。切りくず内の介在物の変形挙動を様々な断面方向から観察することで3次元的に検討し、変形能の低いMnSの周辺で変形能の高い鉛が、土星状に拡がりを持って延伸されていることを明らかにしている。両介在物の被削性に対する作用機構は、一次せん断域でのせん断変形抵抗の抑制効果が主であり、鉛とMnSの作用機構の差は、各々の変形能の差によって現れると結論づけている。

第4章では、前章までで得られた知見から、MnSで鉛の改善効果を補える技術について検討している。具体的にはS含有量を揃えた上で、MnSの数密度を溶製条件と鑄造後の鍛錬比を変化させて、その被削性への効果を見極めている。MnSの総量が同じ場合には、共晶MnSのように、高変形能のMnSの数密度を高めることで、加工中の一次せん断域に供給される介在物の頻度を増やしている。その結果、せん断力抑制頻度を上げ、せん断角が連続的に小さくなることで切りくず厚さの変動を抑制できることを明確にしている。

第5章では、Ca脱酸鋼のBelag形成機構について、工具材質の影響を検討している。特に超硬合金工具と付着物の界面構造を精緻に観察することでTiC成分を含むP種超硬合金工具特有のBelag形成機構を検討している。(Ti·W)CとWCの2種の炭化物で構成されているP種超硬合金では、WCより(Ti·W)Cの方が耐摩耗性に優れることから、摩耗部の表面は(Ti·W)Cが出っ張り、WC部が凹んでいるような凹凸状態が形成される。この凹部にCa系介在物(ゲーレンナイト)が溜まり易くなり、最終的に工具摩耗部をBelagで覆い、保護膜として機能することを明確にしている。

第6章では、鋼中の酸化物系介在物および工具付着物をTEMにより詳細に観察するとともに、介在物組成相当の合成酸化物を作成することでBelagの形成能について検討している。Ca脱酸鋼中の酸化物系介在物もBelagも、ともに結晶化したゲーレンナイトである。またゲーレンナイト組成及び結晶状態を再現した合成酸化物によって、切削温度相当の600~800℃近傍ではHV200と軟化している。ベラーグ形成能は、酸化物組成と結晶状態による適正な高温硬さが必要であると結論づけている。

以上のように本論文は各種快削鋼の被削性改善機構に関する多くの知見を得ており、更に被削性の優れた鉛フリー快削鋼の材料開発や、種々の被削性を改善させるための切削条件の選定にも有効に活用することができると考えられる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。