

【273】

氏名	加藤剛志
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第67号
学位授与の日付	昭和40年12月14日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	鋼中非金属介在物の調整に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 盛利貞 教授 足立正雄 教授 村上陽太郎

論文内容の要旨

この論文は鋼中に含有される非金属介在物の挙動を調査し、その成因を探究するとともに積極的調整方法を研究したもので序言4章および結言からなっている。

序言ではこの研究の目的を述べている。

第1章は鋼中非金属介在物の例として快削鋼の硫化物ならびに一般鋼材中のB系介在物について実態調査を行ない、硫黄—鉛系の超快削鋼を素材とする点火プラグのねじ転造加工時に発生する割れと硫化物および酸化物との関係を調べ、MnS/FeS比が大であると硫化物は加工方向に引き伸ばされるが、この比が小になると硫化物は変形しにくくなり数個に切れ、後者の場合には割れが発生しにくいこと、またAl₂O₃、SiO₂など酸化物介在物含有量の異なる材料は割れやすいことを見出した。次に赤熱脆性と硫化物との関係については割れ発生部を電子顕微鏡で詳細に観察し、MnSの効果を確認するとともにマンガン含有量の異なる場合に発生する亀甲状のヒビ割れの原因に言及している。さらに一般鋼材中のB系介在物は必ずしもAl₂O₃系に限らずMnOあるいはSiO₂系の化合物も存在することをX線マイクロアナライザおよび電子回折法で確認している。

第2章では快削鋼中の硫化物および一般鋼材中のB系介在物の成因をさらに詳細に追究するために高硫黄含有鋼を溶製し、硫化物の形状、加工時の変形の仕方および組成に及ぼすマンガン、アルミニウム、けい素、酸素の影響を調査し、キルド鋼よりはむしろセミキルド鋼で酸素量が多く、アルミニウム、けい素量が少なく、またマンガンもMn/Sモル比で1.5~2.0程度が適当であり、快削鋼としてはアルミニウム、けい素などで完全に脱酸したものは、割れ防止の点でむしろ好ましくないと述べている。さらにB系介在物の成因については、一次脱酸生成物および注湯時の空気酸化がネスト状介在物を作り、これが高温加工によってB系介在物となりうることを示している。

第3章は鋼中の非金属介在物の悪影響を軽減しあるいは除去するため、積極的に介在物を調整することを試みた多数の実験結果を述べたものである。まず硫黄快削鋼中の硫化物の調整にはジルコニウムの添

加に着目し、Fe-Zr-S 3元系試料についてジルコニウム硫化物の挙動を基礎的に研究したのち、快削鋼中のマンガンの一部をジルコニウムで置換し、ジルコニウム含有量と生成介在物の種類との関係を求め、ジルコニウムを添加した快削鋼は赤熱脆性が認められず、硫化物は高温加工によって延伸せず、材料の方向性が小となり、とくに横方向の靱性が改善され切削性もすぐれた材質のものが得られることを明らかにした。

次に4種類の合成スラグで溶鋼（肌焼鋼）を処理し、介在物の組成を制御する実験を行ない、添加剤としてアルミニウムの代りにジルコニウム（0.07%）、バナジウム（0.15%）、ニオブ（0.03%）のいずれかを用い、溶鋼中の酸素、介在物の組成、量および形状の変化、一次脱酸生成物の浮上性などを調べた結果、CaO-Al₂O₃系スラグの存在下でジルコニウムを添加すると、介在物は微細でしかも浮上分離しやすく、溶鋼中の酸素、硫黄量がともにきわめて小となり、粒度調整用鋼の溶製に好適であることを見出した。

次に酸性スラグを使用する均質造塊法についても、アルミニウムの代りにバナジウムあるいはニオブを添加して肌焼鋼のB系介在物の低減をはかり、鋼材の地キズおよびマクロ試験成績が良好でオーステナイト結晶粒も細粒が得られることを明らかにしている。

さらに2tの電弧炉によって軸受鋼を溶製し、短時間の酸性スラグ処理によって介在物を調整すると、B系介在物は生成せず、SiO₂-FeOを主成分とするA系介在物となり、この場合球状セメンタイトは小粒で、とくにCa-Siを脱酸剤として使用するとセメンタイトの分布も良好で、優秀な軸受鋼が得られることを圧壊試験と寿命試験とによって確かめている。

次に合成粉末スラグによって溶鋼を処理し、脱硫、脱酸を簡便な方法でしかも迅速に進行させることを目的として、6kgの溶鋼（肌焼鋼）を高周波炉で溶解し、CaO、Al₂O₃、SiO₂、CaF₂、Na₂CO₃の粉末を適量混合した合成スラグ4種類を1～3%添加して介在物および溶鋼の組成変化を調べ、硫化物系の介在物が顕著に低下するとともに、鋼材の靱性がいちじるしく改善されることを明らかにした。さらに25kgの溶鋼（肌焼鋼）についてもCaOを主成分とする塩基性粉末スラグで短時間処理し、上記と同様の好結果を得ている。

第4章では合成スラグ処理による介在物の調整をさらに多数の鋼種に適用し、また現場の電弧炉による溶鋼製錬に応用し、大気溶解法によって低硫黄、低酸素含有量の優良鋼材を溶製することを目的とした実験結果を述べている。すなわち肌焼鋼および3種類のステンレス鋼を対象として迅速製錬に適した粉末合成スラグの組成を検討し、CaO-Al₂O₃、CaO-B₂O₃、CaO-BaO、Na₂CO₃-Al₂O₃系の2元系スラグを主成分とするものがよく、これらはその溶融点がかかなり低いことが重要で、MgOを含有するスラグはよくないこと、とくにすぐれた脱硫、脱酸効果はSiO₂を5～10%以下に押えた場合に得られること、ライニングはMgO系の耐火物がAl₂O₃系のものよりすぐれていることなどを明らかにし、スラグの製錬効果が認められるステンレス鋼材は耐食性試験結果が良好で、高温加工性もすぐれていることなどを示し、これらの合成スラグの脱硫、脱酸作用に対して熱力学的考察を加え、これらが妥当な組成を有し合理的な方法であると説明している。

次いで100kgおよび2tの実用溶解試験をステンレス鋼4種類について実施し、実験室的試験結果が

工業生産規模においても同様に成立することを明らかにし、この研究成果を確認している。

結言においては以上の結果をまとめ、合成スラグ処理によって介在物を調整する方法をステンレス鋼および軸受鋼の現場生産に利用していると述べている。

論文審査の結果の要旨

鋼中に含有される非金属介在物は鋼の材質に悪影響を与えるので、できる限りその含有量を低下させる方法が従来考えられ、真空溶解、真空鑄造などの技術が開発されたのであるが、経済面から見ればこれらはすべてコスト高とならざるを得ず、そのためにこれらの適用範囲は高級鋼に限定されている。

この論文は介在物の実態を詳細に調査し、これを無害化あるいは積極的に組成、形態などを調整することを目的として多数の鋼種について一連の研究を行なった結果をまとめたものである。

まず快削鋼中の介在物と加工時に発生する割れとの関係を調べ、切削性を害せずしかも割れの発生を防止するのに有効な対策を見出し、さらに一般鋼材中のB系介在物は必ずしも Al_2O_3 系に限らず、MnOあるいは SiO_2 系の化合物も存在することをX線マイクロアナライザなどで確認し、B系介在物の成因を追求して多くの基礎的知見を得ている。

次に介在物の無害化あるいは積極的活用を目的とした多数の実験室的溶解を行ない、硫黄快削鋼の溶製に対するジルコニウム添加法、 $CaO-Al_2O_3$ 系合成スラグ処理とジルコニウム添加とを併用する粒度調整用肌焼鋼の溶製法、酸性スラグを使用する均質造塊法ならびに軸受鋼溶製時の介在物調整法、 CaO を主成分とし Al_2O_3 、 B_2O_3 、 BaO などを配合した合成粉末スラグ処理による簡便な迅速脱硫脱酸法などを、介在物の調整という見地から検討開発し、さらにこれらの結果を現場生産規模の電弧炉溶製に適用して、通常の方法と比較して材質のすぐれた鋼材が得られることを軸受鋼および多数のステンレス鋼について証明している。

これを要するにこの論文は非金属介在物の溶鋼および鋼材中における組成、形態あるいは鋼材加工時の挙動などについて最新の研究手段によって多くの基礎的知見を明らかにし、これらにもとづき介在物の低減、無害化、積極的利用などの調整方法を検討し、効果的な新処理法を開発したものであって学術上にもまた工業上にも貢献するところがすくなくない。

よってこの論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。