

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	鋼の赤熱脆性における銅濃化液相の浸潤抑制法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	浦田健太郎
Author(English)	Kentarou Urata
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10762号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小林 能直,須佐 匡裕,熊井 真次,林 幸,上田 光敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10762号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

論文要約

平成30年2月27日

専攻:	材料工学	専攻:	指導教員 (主):	小林能直
Department of			Academic Supervisor(main)	
学生氏名:	浦田健太郎		指導教員 (副):	須佐匡裕
Student's Name			Academic Supervisor (sub)	

博士論文の全文公表に代え、要約したものを公表いたします。

論文題目

鋼の赤熱脆性における銅濃化液相の浸潤抑制法に関する研究

鋼の表面赤熱銅脆性は、スクラップ鉄のリサイクルの際に混入する銅が引き起こす製鋼プロセスの問題であり、鉄鋼生産の歩留を低下させる原因の一つである。その問題解決に向けて、鋼中への銅濃化液相の浸潤抑制法に着目した。本研究では、銅濃化液相の浸潤抑制法の「固体鉄中の銅硫化物の析出現象」、「溶融硫化物中への銅濃化液相の分散化現象」、そして「マグネタイト相中でのCu固溶現象」について、それぞれの脆性抑制条件と抑制効果を明らかにすることを目的とした。最終的にこれらの脆化抑制法を複合的に用いた製鋼プロセスにおける、脆性抑制効果と条件を推測し、その製鋼プロセスに適した鋼種を提案した。

第1章「緒論」では、産業的背景から本研究の目的に至る経緯を述べた。日本の鉄鋼産業の現状として、スクラップ鉄のリサイクルの関心が高まる一方で、スクラップ鉄に混入する銅が引き起こす鋼の表面赤熱脆性が懸念されている。この銅の表面赤熱脆性について、これまでに多様な脆化抑制法の研究がおこなわれてきた。その研究の中でも銅濃化液相の鋼中への浸潤抑制法は、製鋼プロセスの実用化に適していることが考えられる。本研究はこの銅濃化液相の浸潤抑制法の抑制条件と機構を明らかにし、最終的に銅濃化液相の浸潤抑制法を複合的に活用した製鋼プロセスの提案をすることを目的とした。

第2章「固体鉄中の銅硫化物の析出機構」では、固体鉄中の銅と硫黄の溶解度測定とミクロ偏析による銅硫化物の析出の検証を行った。固体鉄中の銅と硫黄の溶解度測定では、化学平衡法を用いて1073 K～1573 Kにおける固体鉄中の銅と硫黄の溶解度を測定した。その結果、実際に銅硫化物が析出する銅と硫黄濃度は、その平衡溶解度積の銅と硫黄濃度よりも低いことが明らかになった。ミクロ偏析の影響の検証では、急速冷却铸造まま材と均質化熱処理材の低炭素鋼を用意し、その銅硫化物の析出有無の確認と銅硫化物の析出量を画像解析した。それぞれの結果から、銅硫化物の析出は铸造凝固による銅のミクロ偏析が影響していることを推測した。

第3章「固体鉄中の銅硫化物の成長機構」では銅硫化物の成長速度を決定した。1273, 1423, 1573 Kの熱処理における微細な銅硫化物の粒径変化をSEMで観察した。この粒径変化からオストワルド成長モデルを用いることで成長速度を決定することができた。また、ここで得られた銅硫化物の成長速度定数についてアレニウスの式を用いていることで、拡散の活性化エネルギーを導出することができ、銅硫化物の成長速度は銅の拡散に

律速することが明らかになった。

第4章「ホウ素含有酸化物中への銅濃化液相の分散」では、地鉄とスケール界面でのホウ素分布と $\text{FeO-B}_2\text{O}_3$ 溶融酸化物の銅液相の分散現象を検証した。ホウ素に対する固体鉄相での活量係数は文献値から導出し、銅液相での活量係数は化学平衡実験を用いて決定した。その結果、銅液相中に固溶するホウ素量は固体鉄相に比べて低いことが明らかになった。また、ホウ素含有溶融酸化物相中への銅液相の取り込み現象を模擬し、ホウ素含有溶融酸化物中のホウ素濃度が増加するにしたがって銅液相の取り込み量が増加することがわかった。

第5章「マグネタイト相中での酸化銅の固溶」では、マグネタイト相に酸化銅が固溶する条件を明らかにするために、 $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Fe}_3\text{O}_4$ 固溶体の CuFe_2O_4 の活量係数とその酸素分圧を調べた。 Fe_2O_3 飽和の $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Fe}_3\text{O}_4$ 固溶体試料を作製し、化学平衡法を用いて固溶体組成に対する Ag 中の Cu 濃度を測定した。この結果をギブス反応自由エネルギーとギブスデュッフュムの関係式に適用することで、 CuFe_2O_4 の活量係数と酸素分圧の関係を明らかにした。その結果、 $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Fe}_3\text{O}_4$ 固溶体中の CuFe_2O_4 の活量係数が 1 より小さいことから、酸化銅がマグネタイト相中に固溶しやすいことが明らかになった。

第6章「銅濃化液相の浸潤抑制法を適用した製鋼プロセス」では、これまでの銅濃化液相の浸潤抑制法について、その脆性抑制効果またはその条件を考察した。また、これらの銅濃化液相の浸潤抑制法を一つの製鋼プロセスにおいて複合活用的に活用することで、0.3mass%Cu の銅を含む鋼でも銅の表面赤熱脆化を抑制できることを推測し、その際に最も適当な鋼種がボロン鋼の線材であることを提案した。

第7章「結論」では、本研究により得られた知見を総括した。