

報告番号 ※ 甲第 1259 号

主論文の要旨

題名 鉄合金の溶融アルミニウムによる溶損
に関する研究

氏名 新 冢 光 雄

主論文の要旨

報告番号	※甲第 1259 号	氏名	新家光雄
<p>Al の溶解並びに鑄造に際し Al 溶湯との接触部に用いられる鉄鋼材料は、その侵食が著しく種々の問題が生じているので本研究では、鉄合金の溶解 Al 中への溶解現象の解明並びに表面処理による鉄合金の耐溶解 Al 性の改善方法の検討を行なった。</p> <p>本論文は 9 章からなり以下のよう に要約される。</p> <p>第 1 章は序論であり、鉄合金の耐溶解 Al 性の研究を展望し本研究の目的とその位置づけを行なった。</p> <p>第 2 章では、鉄合金の静止溶解純 Al 浴中への溶解時に鉄合金に形成される合金層について調べた。工業用純鉄および Cr, Ni, Cu, Mn, Si あるいは C を含有する鉄合金と溶解純 Al との反応により生成する合金層は $FeAl_3$ および Fe_2Al_5 より成</p>			

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	新家光雄
<p>り Al 側に $FeAl_3$ が多く、母材側に近づくると $FeAl_3$ の割合が減少し、さらに母材側に近づくると $FeAl_3$ は存在しなくなる。それに対し、Fe_2Al_5 は合金層の広範囲を占めており、Fe-C および Fe-Cu 合金以外の鉄合金では、Fe_2Al_5 のさらに鉄側に Fe-Al 固溶体が存在することが認められた。また、本研究で鉄合金の合金層厚さは純鉄に比べて減少し、特に、Si, Ni および Cu は合金層厚さを著しく減少させる。また、工業用純鉄および Si, Cr, Ni, Mn および Cu を含む鉄合金に生成する合金層は舌状を呈するが、Fe-C 合金では帯状である。ただし、Fe-C 合金でも浸漬温度が低い場合には、やや舌状を呈することがわかった。</p> <p>第 3 章では、前章での合金層組成ならびに合金層厚さの変化につ</p>				

報告番号	※甲第	号	氏名
			新家光雄
<p> いての結果を基として鉄合金の溶損量を調べ、静止した溶融純Al中への溶解過程について合金層の影響も考慮して検討した。この場合、Fe-Si合金の溶損が最も大きく、Fe-C合金の溶損が最も少なかった。そこで、各鉄合金で、溶解の律速段階について調べた結果、700°CでのCr, Cu, Niを含む鉄合金および700, 750および800°CでのFe-Si合金の溶融純Al中への溶解は、溶融純Al中でのFe原子の拡散によって律速されており、750および800°CでのCr, CuおよびNiを含む鉄合金の溶解では、浸漬時間が長くなると合金層中の化学反応抵抗あるいは物質移動抵抗が無視できなくなるこゝがわかった。また、工業用純鉄およびFe-Mn合金の溶解では、いずれの温度(700, 750および800°C)でも合金層中 </p>			

報告番号	※甲第	号	氏名
			新家光雄
<p> の化学反応抵抗あるいは物質移動抵抗は無視できない。さらに、最も耐溶融Al性の高いFe-C合金の溶解は、合金層中の化学反応あるいは物質移動によって律速され、この原因としてセメントライト(Fe_3C)の存在が有効であると考へた。 </p> <p> 第4章では、上述の結果に基づき、セメントライトを安定化し、さらに鉄合金の溶損の抑制を計るため、セメントライト安定化元素であるMn, Cr, MoあるいはVをCとともに鉄合金中に複合添加し、鉄合金の耐溶融Al性を調べた。Mnを除くCr, Mo, およびVをCとともに鉄合金中に複合添加することにより、鉄合金の耐溶融Al性の改善が認められセメントライト安定化が有効であるこゝがわかった。また、炭素は黒鉛として存在しても耐溶融Al </p>			

報告番号	※甲第	号	氏名	新家光雄
------	-----	---	----	------

性が改善されるがセメントタイトとして存在するほうが耐溶融Al性の改善により有効である。合金層組成に関してはFe-C合金を静止純Al浴中へ浸漬した場合と同様であるが、ねずみ鑄鉄では Fe_2Al_5 のさらに鉄側にFe-Al固溶体と見られる相が存在する。合金層厚さは、Cr, MoあるいはVとCを複合添加することによって減少するがMn添加ではほとんど影響を及ぼさない。また、Cは黒鉛として存在するよりもセメントタイトとして存在するほうが合金層の成長を抑制する。

前章までは、溶融純Alによる鉄合金の溶損を取り扱った。しかし、実際のAlの溶解および鑄造現場ではAl合金溶湯を用いることが多い。

したがって、第5章では、実際

報告番号	※甲第	号	氏名	新家光雄
------	-----	---	----	------

に現場で用いられている実用Al合金による鉄合金の溶損について研究した。すなわち、Al鑄物用合金(JIS AC4C)およびAlダイカスト用合金(JIS ADC12)溶湯による各種鉄合金の溶損について検討した。その結果、各鉄合金の溶損量は純Al浴で最も少なく、AC4C浴、ADC12浴の順に大きくなることがわかった。合金層の厚さは純Al浴の場合と比較してAC4C浴およびADC12浴では、さらに薄く5~20 μm 程度で一定値になる。しかし、Fe-C合金では、これらよりも厚く40~60 μm であり、浸漬時間とともにその厚さの増加する傾向が認められた。AC4C浴およびADC12浴ともに鉄合金試料に生成する合金層組成は、 $FeAl_3$ が合金層の大部分を占めていたのと異なっている。ただし、AC4C浴でのFe-C合金に生成する合

報告番号	※甲第	号	氏名
			新家光雄
<p>金層には、Fe_2Al_5がかなり存在している と推定された。</p> <p>実際の現場では、流動するAl溶湯と鉄鋼材料が接触する場合もきわめて多いことから、第6章では、流動するAl溶湯による鉄合金の溶損について検討した。すなわち、溶融純Al浴中で鉄合金試料を回転する方法によって実験した。いずれの鉄合金も回転数の増加とともに溶損が増大する。この場合、耐溶融Al性は、Fe-C合金が最も良好でFe-Si合金が最も悪く、静止浴での傾向と一致した。各鉄合金の溶解の律速段階を調べると、工業用純鉄とCrおよびSiを含む鉄合金の溶解は、回転により合金層が薄くなるため、その中の物質移動によって律速され、さらに低回転域では自然対流および合金層のはく</p>			

報告番号	※甲第	号	氏名
			新家光雄
<p>離により、高回転域では、合金層のはく離およびAl溶湯によるエロージョン、あるいは試料表面の凹凸箇所における乱流状態の形成により溶解が促進されることと推定できた。また、Fe-C合金でも回転により合金層が薄くなりその物質移動抵抗がかなり減少するが、なお合金層中の物質移動抵抗あるいは化学反応抵抗がかなり存在する。合金層組成は静止浴の場合と同様であるが、回転数が高くなるとFe-Al固溶体は認められなくなる。合金層厚さは回転数の増加とともに薄くなり、浸漬時間に関係なくほぼ一定である。合金層形状は、静止浴で舌状であった工業用純鉄、Fe-CrおよびFe-Si合金の場合、回転数の増加とともに帯状に近づく現象が認められた。</p>			

報告番号	※甲第	号	氏名	新家光雄
<p>第2章から6章までの研究でFe-C合金の耐溶融Al性が純Al浴およびAl合金浴のいずれにおいても最も良好であることがわかったがこの合金でも溶融Alとの反応は避けられないため第7章および8章では、その実際的な対応策として酸化物表面処理を考えた。すなわち、新しい酸化物表面被覆法である溶射法ならびに著者の開発した酸化物被膜形成法によって鉄合金表面に酸化物被膜層を形成させ、鉄合金の耐溶融Al性の改善を計った。</p> <p>このうち、第7章では、最近注目されている溶射による酸化物被覆処理を施した鉄合金の耐溶融Al性について検討した。すなわち、ZrO_2、$\alpha-Al_2O_3$、TiO_2 および Cr_2O_3 などの酸化物を炎溶射により鉄合金表面に溶着させ、鉄合金の耐溶融Al性が改</p>				

報告番号	※甲第	号	氏名	新家光雄
<p>善されるか否かを検討した。その結果、すべての酸化物で無処理に比べ著しく耐溶融Al性が改善された。また、これらの酸化物層の厚さの増加とともに鉄合金の耐溶融Al性の改善効果が向上する。しかし、TiO_2 および Cr_2O_3 では、被膜層厚さが約75μm以上になると浸漬途中ではく離が頻繁に発生する。ZrO_2 が鉄合金の耐溶融Al性の向上に最良と思われるが炎溶射では溶融に十分な熱が得られず溶射しにくい。一般に$\alpha-Al_2O_3$ が最も溶射しやすく鉄合金の耐溶融Al性の改善効果も良好である。</p> <p>このように、炎溶射によれば、たやすく酸化物を鉄合金表面上に溶着させることができ無処理に比較して著しく鉄合金の耐溶融Al性を改善することができると判明し</p>				

主論文の要旨

11

報告番号	※甲第	号	氏名	新家光雄
<p>た。しかし、はく離が発生する可能性があり、酸化物と母材間の接着性に問題がある。</p> <p>第8章では、新しく開発した上記のような欠点がなく非常に容易に鉄合金表面上に酸化物を形成できる方法について述べた。すなわち、鉄合金を溶融Al中へ浸漬し付着Al層を形成させ高温酸化することにより耐溶融Al性酸化物被膜に変成する方法である。この方法によれば溶融Al処理時に付着Al層が厚く形成される炭素量の高いSK4、白鑄鉄、ぬずみ鑄鉄およびAl鑄鉄では800ないし900°Cの酸化で著しく耐溶融Al性の高い酸化物被膜層が形成される。その場合、各鉄合金について最適な酸化時間が存在することがわかった。この酸化物層は灰白色をしており、主としてAl_2O_3</p>				

主論文の要旨

12

報告番号	※甲第	号	氏名	新家光雄
<p>によって構成されている。また、概して酸化物層が厚い程高い耐溶融Al性を示す傾向が認められた。このように、高い耐溶融Al性を示す酸化物被膜では、酸化物溶射被覆による方法より良好な結果が得られた。しかし、工業用純鉄およびS45Cのように炭素含有量が低く、付着Al層が薄い鉄合金では、溶融Al処理後の酸化により表面が黒色となり、被膜の耐溶融Al性が低い。</p> <p>以上の様に、実際的な鉄合金の耐溶融Al性の改善策として新しい酸化物被覆処理を鉄合金表面に施し、鉄合金の耐溶融Al性を無処理に比べて著しく向上させることができた。特に、溶融Al処理鉄合金を高温酸化し、酸化物被膜を形成させる方法は、費用も安く、容易に作業ができ、実際の溶解および鑄造現場での使用が期待できる。</p>				