

(討20) 加熱炉雰囲気中の鋼材におよぼす影響

住友原子力, 宝塚放射線研究所 遠藤道雄

住友金属, 和歌山製鉄所

○石井清二 山本哲也

1 緒 言

加熱炉雰囲気中の二酸化イオウの加熱された鋼材に及ぼす影響については昔より種々論議された処であるが, 雰囲気ガスの硫黄成分がどの程度に鋼材に吸着, 化学反応に浸入してゆくものが明らかにされていない。

そこでわれわれは, 放射性亜硫酸ガス ($^{35}\text{S O}_2$) をトレーサーとして, 加熱炉雰囲気中のイオウ成分がどの程度鋼材中に含有されてくるかを検討した。更にこれに対する亜硫酸ガス濃度, 加熱温度, 加熱時間, および雰囲気組成などの影響, 等調査のため一連のモデル実験を行なった。

2 実 験

2-1 放射性亜硫酸ガスの合成

放射性硫酸 ($\text{H}_2^{35}\text{S O}_4$) を原料として次式により合成した。 $2\text{H}_2^{35}\text{S O}_4 + \text{Cu} \xrightarrow{150 \sim 200^\circ\text{C}} \text{Cu}^{35}\text{S O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + ^{35}\text{S O}_2$ 発生する亜硫酸ガスを五酸化リンで乾燥後, ドライアイスで冷却したトラップ中に捕集し, これを随時使用した。

2-2 雰囲気ガスの調整および鋼材の加熱

Fig. 1 に示すような装置を使用した。鋼材サンプルを磁製炉芯管中の定位置に置き, 一定温度の加熱下に一定組織の雰囲気ガスを流した。ガスの流速はすべて 0.34 ml/sec で, 加熱温度の調節は $\pm 20^\circ\text{C}$ 以内でおこなわれた。雰囲気ガスの調整は容量法でおこない, 特に記す場合を除いて, 亜硫酸ガスの稀釈は, 全て窒素ガスでおこなった。

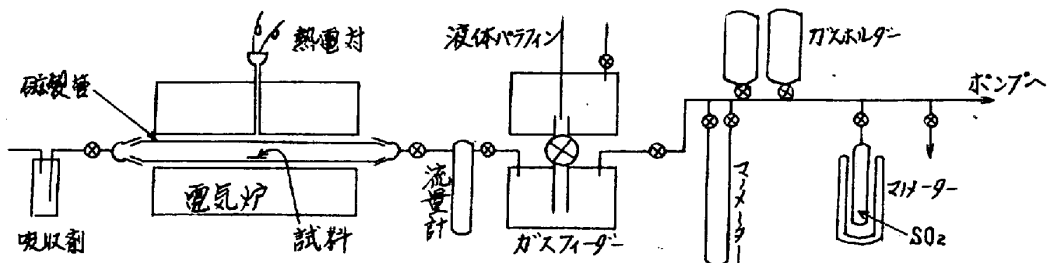


Fig. 1 加熱装置と雰囲気ガスの準備

2-3 加熱鋼材サンプル

次のような組成の低炭素リムド鋼 (1.01 mm 厚, 24 mm 中の円板状) を用いた。
C: 0.06%, Si: 0.01%, Mn: 0.28%, P: 0.014%, S: 0.031%。

2-4 測定

a. スケール中のイオウの測定

加熱した鋼材の放射能をそのまま、GM計数装置で測定した。自己吸収およびスケール下の鉄層からの放射能についての補正をおこなった。

b. 鉄中に拡散したイオウの測定

加熱した鋼材を、濃アンモニア水10ml, 25%クエン酸アンモン40mlの溶液中で30分間煮沸する事により、スケール層を除いたのち、試料を半円形に切り、その断面について、オートラジオグラフィーをおこなった。同時に、放射能既知のサンプルについて、オートラジオグラムをとり、両者の黒化度より、鋼材中の放射能を計算した。更にこのオートラジオグラムをマイクロフォトメーターで走査し、その結果より、イオウ成分の拡散の深さを測定し、この両方よりイオウの量を求めた。(Fig. 2)

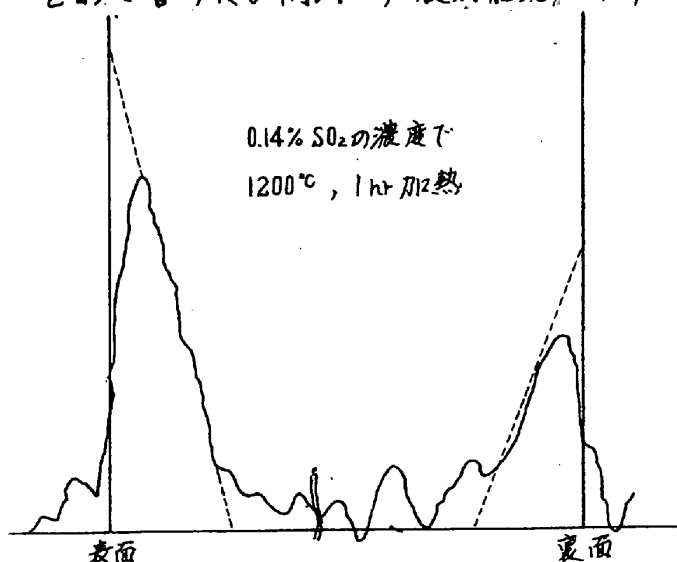


Fig. 2 オートラジオグラムによる黒化度曲線 (断面, アンモニア水+クエン酸アンモン処理後)

a, b いずれについても、必要に応じて減衰補正および散乱の補正をほどこした。

3 結 果

3-1 雰囲気中の亜硫酸ガス濃度の影響

雰囲気中の亜硫酸ガス濃度とスケールおよび鋼中に移行したイオウ量との関係をFig. 3に示す。スケール中のイオウ含有量はガス中の亜硫酸ガス濃度に比例して変化している一方、鋼中のイオウ量は亜硫酸ガス濃度と共に増加するが飽和する傾向にある。Fig. 4にこのスケール中および鋼中のイオウ含有率を示すが、亜硫酸ガス濃度に対する傾向はイオウ含有量と同じである。鋼中のイオウ侵入深さは亜硫酸ガス濃度と関係なくほぼ一定で、その平均深さは0.142mmであった。

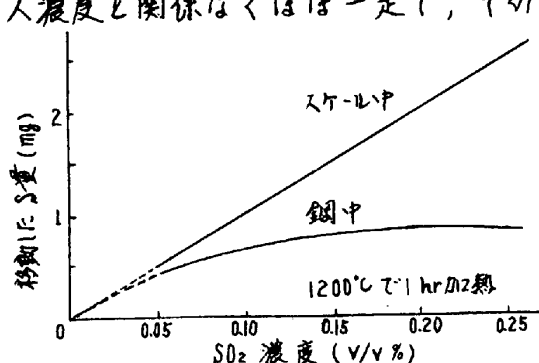


Fig. 3 鋼中に移動したSとSO₂濃度

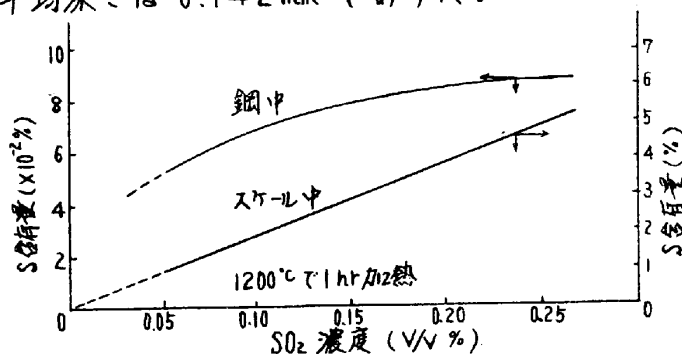


Fig. 4 鋼表面のS含有量の増加. SO₂濃度の影響

3.2 加熱温度の影響

Fig. 5 にスケールおよび鋼中のイオウ含有量に及ぼす加熱温度の影響を示す。スケール中のイオウ量は温度に逆比例し、鋼中のイオウ量は温度に比例する。スケールと鋼中のイオウ量の和はほぼ一定である。スケールおよび鋼中のイオウ%の温度変化は Fig. 6 に示す。鋼中へのイオウ侵入深さは Fig. 7 に示すごとく温度と共に著るしく増大する。また鋼の極く表面のイオウ%も増している。

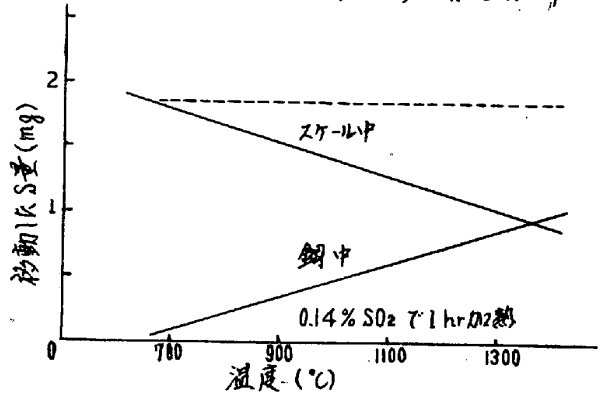


Fig. 5 鋼中に移動したSと加熱温度

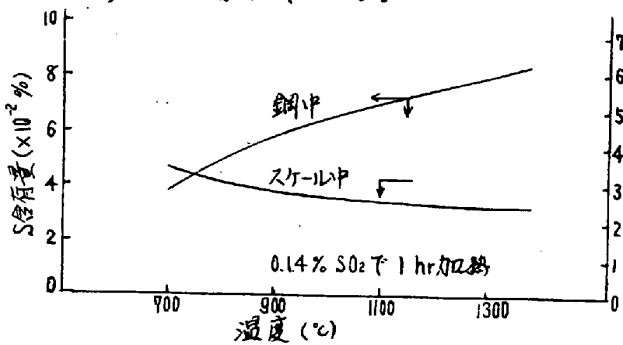


Fig. 6 鋼表面のS含有量の増加と加熱温度

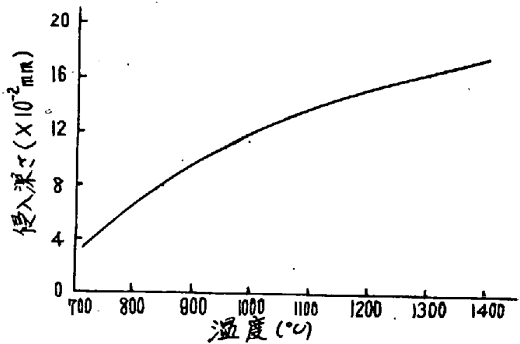


Fig. 7 温度と侵入深さ

3.3 加熱時間の影響

Fig. 8 にスケールおよび鋼中のイオウ量と加熱時間の関係を示す。イオウ量は両者共加熱時間と共に増加するが、鋼中のイオウ量の方はあまり変わらない。加熱時間0のイオウ量は昇温時に移行したイオウ量に当る。Fig. 9 にイオウ含有率に及ぼす加熱時間の影響を示す。鋼中へのイオウの侵入深さと加熱時間の関係は Fig. 10 に示すごとく時間と共に侵入深さがほぼ直線的に増大する

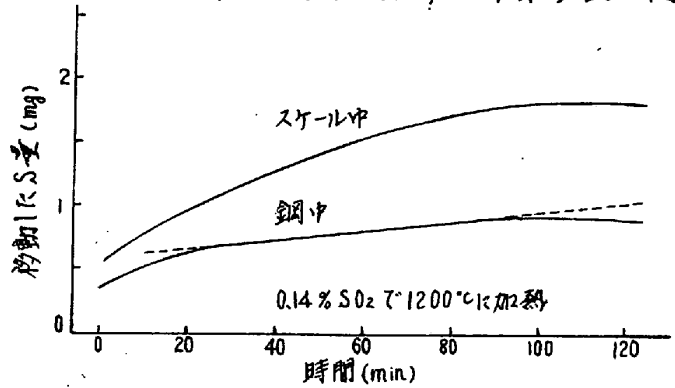


Fig. 8 鋼中に移動したSと加熱時間

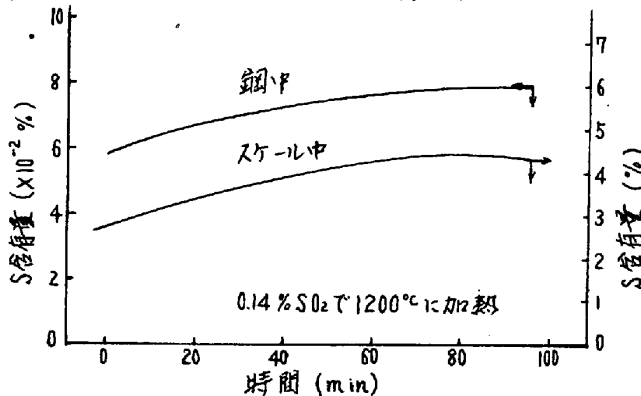


Fig. 9 鋼中のS含有量の増加と加熱時間

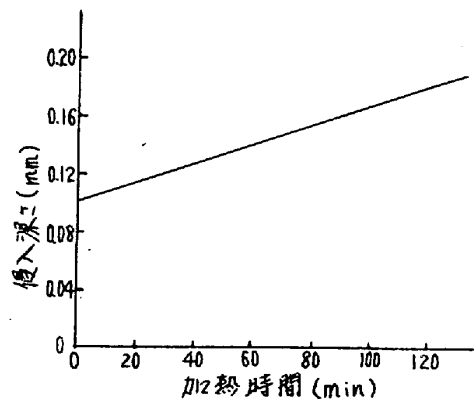


Fig. 10 侵入深さに及ぼす加熱時間の影響

3.4 雰囲気中の酸素の影響

スケール中および鋼中に移行するイオン量は Fig. 11 に示すごとくほとんど雰囲気中の酸素の影響をうけない。ガス中の酸素濃度が増加するとスケール量が急激に増大する。また Fig. 12 に示すごとくスケール中のイオン量は酸素が 2% 以上含まれるとほぼ一定となり、低い値を示している。鋼中のイオン侵入深さは雰囲気中の酸素濃度にかかわらずほぼ一定で、約 0.14 mm である。鋼中のイオン量は酸素濃度によらずほぼ一定である。

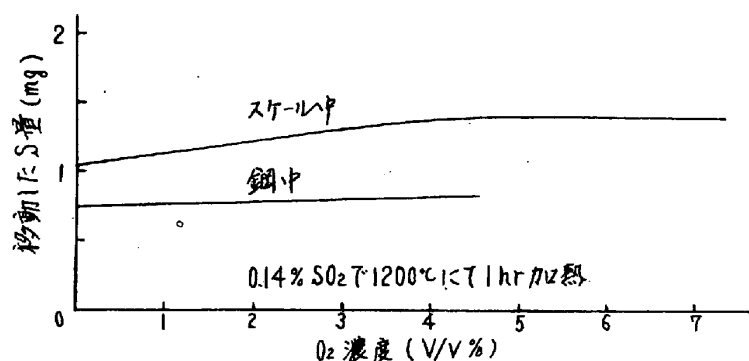


Fig. 11 鋼中に移動したS量とO₂濃度

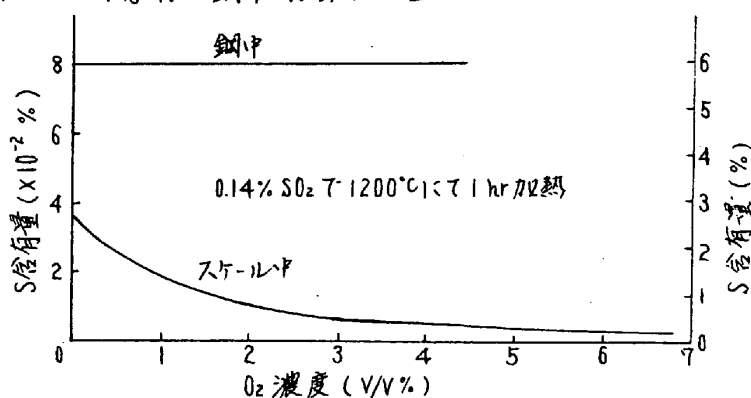


Fig. 12 鋼表面のS含有量とSO₂濃度

4 結 言

実験の結果、加熱雰囲気中の亜硫酸ガス濃度が増すと発生するスケール量やスケールおよび鋼中のイオン含有率は増大するが、鋼中へのイオン侵入深さは変わらない。加熱温度が上昇すると鋼中のイオン%およびイオン侵入深さは著るしく増大する。加熱時間が長くなると発生するスケールの量や、スケール中および鋼中のイオン%および鋼中のイオン侵入深さが増す。加熱雰囲気中の酸素濃度が増すと発生するスケール量は著るしく増し、スケール中のイオン%は減少するが、鋼中のイオン%や侵入深さは変化しない。などの結論を得た。