

刃物鋼の諸性質に及ぼすSの影響(第3報)

Effect of S Content on the Properties of Cutlery Steel
(The 3rd Report)

小柴定雄* 菊田光男**

Sadao Koshiba

Mitsuo Kikuta

内 容 梗 概

高炭素鋼の耐酸耐食性に及ぼす微量Sの影響を調べるため、初めに試験法について検討し侵食度測定法の採用および簡易計算方式を求め、さらにガス発生方式による試験法を定めた。

各試料の熱処理および腐食液を変えて試験した結果、5%塩酸水に対する耐食性は焼入の場合最も大きく、焼鈍および焼戻の場合はS量を増すほど著しい低下を示す。その侵食速度は浸漬時間に従い漸増する。5%硫酸水に対しても同様のことがいえるが焼入試料の耐食性は塩酸の場合よりやや小で、S 0.04%付近に極小値を示す。5%硝酸水に対しては焼戻試料が最も耐食性を有し焼鈍試料がこれに次ぎ焼入試料は最も溶解されやすい。溶解量は各腐食液中で最も大であるがS量による耐食性の変化は最も少ない。5%食塩水に対しては腐食量最も少なく正確を期しがたいが、焼鈍、焼戻および焼入の順に耐食性を増し長時間でS量多いほどやや耐食性を減ずる傾向がある。

なおこれまでにを行った各種微量元素を添加した場合の耐酸性と比較検討した結果、Sは微量でもPとともに耐硫酸性を害し、特に耐塩酸性を低下せしめるが焼入状態ではほかの元素と同程度であることを明らかにした。

第1表 試料の化学成分

試料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W, Mo V	Ti	Cu
S-1	1.17	0.20	0.25	0.008	0.004	Nil	0.04	Nil	0.08	0.02
S-2	1.18	0.24	0.28	0.007	0.016	Nil	0.06	Nil	0.05	0.02
S-3	1.19	0.23	0.21	0.008	0.031	Nil	0.06	Nil	0.03	0.02
S-4	1.20	0.21	0.23	0.008	0.051	Nil	0.05	Nil	0.05	0.02
S-5	1.23	0.28	0.22	0.010	0.061	Nil	0.05	Nil	0.08	0.02

1. 緒 言

筆者らはこれまで高炭素鋼の諸性質に及ぼす微量Sの影響について報告し、変態点生起状況、熱処理組織および硬度⁽¹⁾のほか機械的性質など⁽²⁾について述べた。本報は高炭素鋼の化学的性質究明の一環として耐酸耐食性に及ぼす微量S含有率の影響につき述べたものである。元来、砂鉄系原料鉄から造られた高級刃物鋼は一般屑鉄製の同種高炭素鋼に比し耐酸耐食性が比較的にすぐれているのであるが⁽³⁾、この原因に対してもまだ科学的に証明されていない。本研究はこの意味からも不純元素としての微量Sの腐食性に対する影響を明らかにする目的から行ったものである。

2. 試 料

本研究に用いた試料の化学成分を第1表に示す。試料の履歴そのほかに関しては前報⁽¹⁾に述べたから省略する。腐食試験試料は14mmφの圧延素材より10φ×20lに旋削加工し、各試料についてそれぞれ800°C水焼入、同焼入後200°C焼戻および750°C焼鈍の3種の熱処理を行いエメリーペーパーで仕上研磨をした。ただしS-1は素材の関係で試料がとれなかったため割愛した。

3. 実 験 方 法

3.1 侵食度測定法

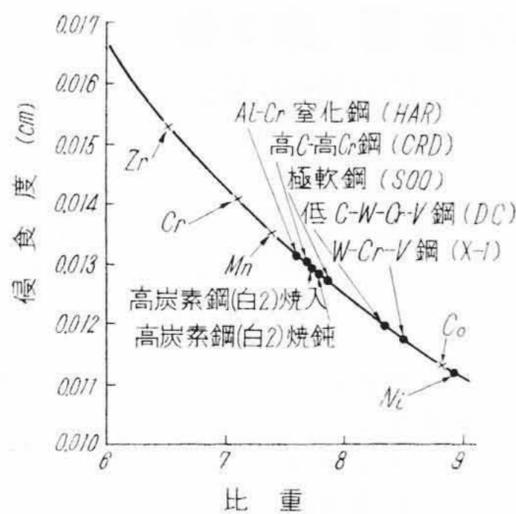
従来の実験室的腐食試験における方法はE. Heyn; O. Bauer およびW. S. Calcott氏らによって行われた

方式のものが多く、すなわち円柱状あるいは円板状、矩形状に小孔を付した試料をガラス製フック上に乗せ、またはつるして腐食液を満たしたビーカーその他の容器中に入れ、一定時間ごとに腐食減量を求めるのである。この場合、金属試料の腐食程度を示すに腐食前の単位面積あたりの重量減(g/cm²)をもってするのが普通である。しかしこの表現法では比重を異にする金属間あるいは鋼種間の比較を行う場合に不合理である。また同一鋼種でも熱処理により当然組織を異にし、厳密にいうならば焼入のmass-effectなどによる差異も考慮に入れねばならぬ。

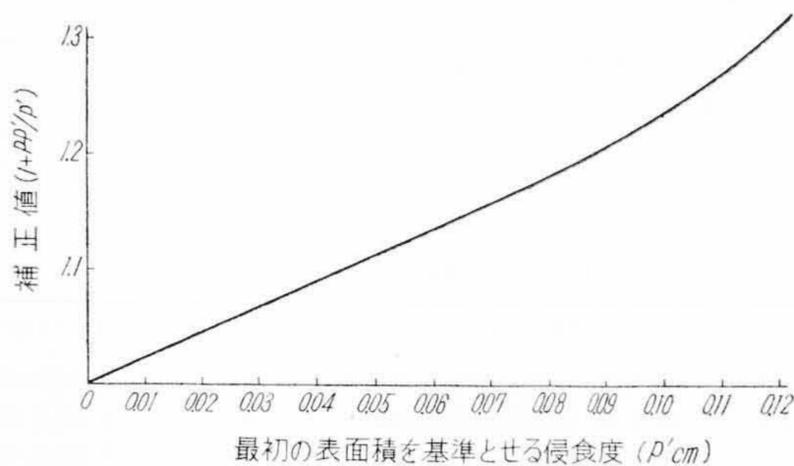
第1図は単位面積あたりの重量減が全部等しい場合の比重を異にする特殊鋼、金属数種と高炭素鋼の焼入および焼鈍状態の場合の比重と侵食度との関係を示したものである。ここにいう侵食度とは金属体が大体に一様にかつ全面的に侵食される場合、すなわちその表面が均一厚さで減っていく場合に減った金属体の厚さを指すものである。換言すると従来の単位面積あたりの重量減をさらに試料の比重で除した数字である。F. N. Speller⁽⁴⁾氏はこれを平均侵食度(average penetration)とし金属体の腐食の割合を示すものとして提議した。さらに山本博士⁽⁵⁾は腐食が進めば試料の全表面積が減じ最初の表面

* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

** 日立金属工業株式会社安来工場



第1図 腐食減量 0.1 g/cm² における各鋼種および金属と侵食度との関係



第2図 r=0.5 cm, l=2 cm 円柱状試料の補正曲線

積で除した場合より実際には侵食度の大きなることを指摘して、真の侵食度 P と平均侵食度 P' との関係を次式で示した。

$$P' = \frac{\pi r^2 l - \pi (r - P)^2 (1 - 2P)}{2\pi r (1 + r)}$$

上式において r は試料の半径、 l は円柱の長さである。すなわち P' は P より小でかつその差は P の大きなるに従い著しくなる。腐食試験においては簡単な形状でまた腐食による形状変化は大體相似とみなされるから、真の侵食度 P とそれに対応する最初の表面積を基準とした P' との関係式

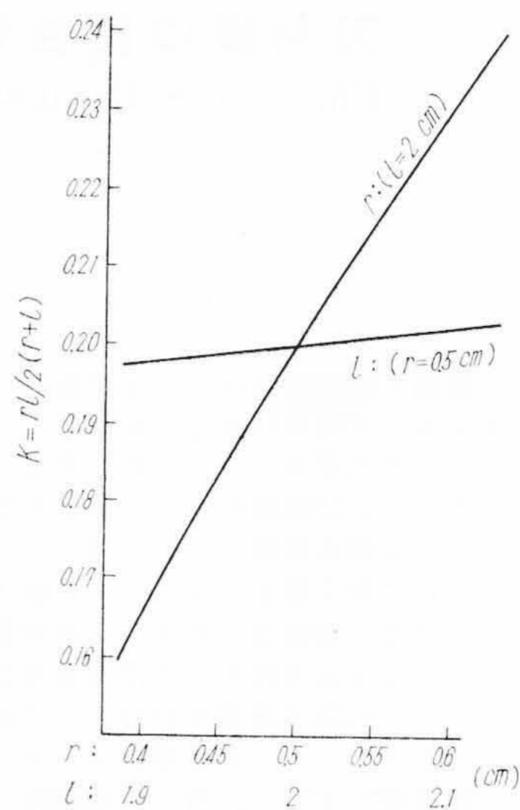
$$P = P' \times \left(1 + \frac{P - P'}{P'}\right)$$

により平均侵食度 P' を補正して真の侵食度 P を求めることができる。第2図は半径 $r=0.5$ cm 長さ $l=2$ cm の円柱状試料における P' の値とこれに相当する補正值との関係曲線である。ここに最初の重量を W 、腐食後の重量を W' 、最初の表面積を S 、比重を ρ で現わせば

$$P' = \frac{W - W'}{S\rho}$$

$$\therefore P = \frac{W - W'}{S\rho} \left(1 + \frac{P - P'}{P'}\right) \dots\dots\dots(1)$$

(1)式によれば比重を異にし相当腐食損耗した場合で



第3図 r, l と K との関係曲線

も腐食の割合を比較するに適しているが試料の表面積を計算することは従来と変りない。さらに精密な比重の測定も必要である。

筆者らは上述の難点を除くため、次のような簡易計算法を誘導した。

W, S をそれぞれ r, l および ρ で現わすと

$$W = \pi r^2 l \rho, \quad S = 2\pi r(r + l)$$

$$\therefore W = \frac{r, l, S, \rho}{2(r + l)} \dots\dots\dots(2)$$

また $S = \frac{2W(r + l)}{\rho r l} \dots\dots\dots(3)$

$$\therefore P' = \frac{W - W'}{W} \cdot K \dots\dots\dots(4)$$

あるいは

$$P = \frac{W - W'}{W} K \left(1 + \frac{P - P'}{P'}\right) \dots\dots\dots(5)$$

ここに $K = \frac{rl}{2(r + l)}$

すなわち侵食度 P' は重量減を最初の重量で除したものの(腐食減量の割合)に試料の寸法比から求める定数 K を乗ずることにより決定される。また侵食度 P' が大きく補正を要する場合は(5)式によればよい。

いま半径 r と長さ l をおのおの単独に変えた場合の K の値の変化は第3図のようになる。すなわち半径 r を一定(0.5 cm)とし、長さ l のみ変えた場合は K はあまり増減しない。いま試料の長さを 20 ± 0.5 mm の精度で仕上げた場合 K 、したがって侵食度 P に及ぼす変化は1%以内である。これに反し半径 r の変化が K 値に大きく影響すること図のとおりである。

試料の長さを 0.5 mm の公差内に仕上げることは容易でありまた計算結果には 1% 以下の誤差しか与えないからこれを無視し、長さ $l=2\text{ cm}$ として直径のみ測定すれば第 3 図よりただちに K を求められる。測定による r の誤差が 0.1 mm あったと仮定すると (4) および (5) 式の計算結果に対して約 1.5% となる。これに対し従来の方法すなわち表面積を計算して単位面積あたりの重量減を現す方法および (1) 式によると約 2.5% の誤差を及ぼす。実際には π あるいは ρ は近似値が用いられるから絶対値としてはさらに誤差を増す機会が多いといえる。

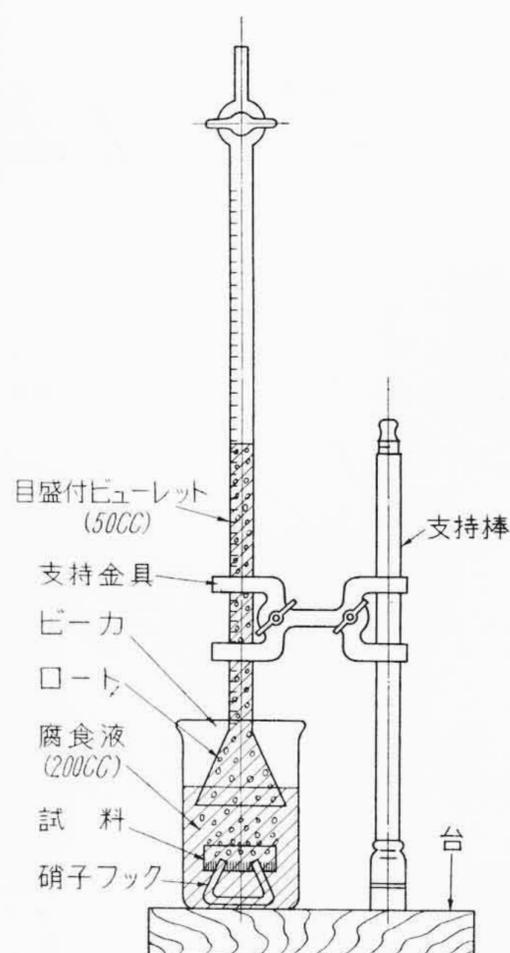
本研究試料は成分的には比重による差異を考慮する必要はないが、熱処理による比重の変化および実際の測定ならびに計算上で簡便確実なのでこの方式を採用した。実際の計算にあたっては最初の表面積からの侵食度 P' の値が 0.01 cm 以下のときは真の侵食度 P との誤差は 1% 以下であるから (4) 式を用い、 P' がこれより多いときは (5) 式を用いた。

試料の腐食状態によっては全面的な凹凸がはなはだしく、またはファイバー方向に著しく孔食を受ける場合がある (硫酸試験においては試料の両端面が粗鬆となる) この場合は孔食系数 (pitting factor) を決める必要があるが測定困難であるから、腐食がはなはだしく P' が 0.01 cm 以上のときも全表面積の増減はある程度相殺されるものと考え (4) 式により計算した。

3.2 発生ガス測定法

一般に酸性水溶液中に金属を浸漬すれば液中で電離した水素イオンと置換した金属が液中に溶け込み、その溶解量に相当する水素ガスが浮上する。また試料表面で局部電池の構成される場合も陰極部から放出する水素ガス量は陽極部のイオン化に基く溶解当量となる。しかしてこの発生ガス中には金属中の不純物の水素化合物や酸類そのものの分解生成成分の混入あるいは酸性水溶液中の溶解酸素による水素酸化などにより発生ガス量に増減を伴う場合がある。したがってこれを鋼の腐食試験に利用する場合、腐食液の種類、濃度と試料成分を吟味しなければならないが、連続的に腐食状況を観測し得られその間手順を要しない利点がある。

本研究では硫酸、塩酸、硝酸および食塩水の各 5% 水溶液に対する耐食性を比較するのであるが、硫酸ならびに塩酸の場合は前述の水素ガス発生量が試料溶解量を決定する例と考えられ、硝酸の場合は水素イオンの置換と同時に直接酸化により溶解する試料表面より硝酸第 1 鉄が生じ、硝酸の分解により生ずる NO の大部分がこれに吸われ錯塩を生ずるから発生ガスは NO が主成分でそのほか N_2 , NH_3 などとなり試料の腐食量とは比例的に変化しない。また食塩水の場合は液中の溶解酸素により試



第 4 図 腐食試験装置

料表面に生成する酸化物がさらに水と作用して水酸化物となることにより腐食を進行するものと考えられる。

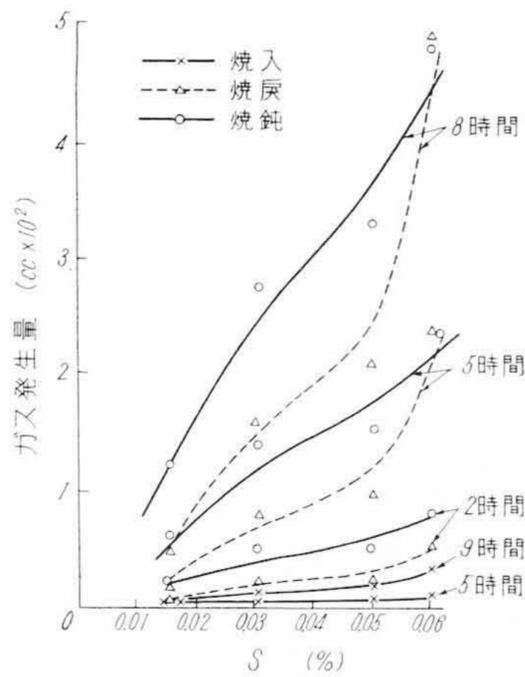
以上の理由により、硫酸、塩酸に対しては第 4 図に示す装置により各時間における試料溶解量を求めた。実験に際しては装置のリークの有無を厳密に調べ、あらかじめベンゾール、アルコールおよびエーテルの順に洗滌した試料を浸漬し、ただちに水柱の高さを所定位置に調整後、毎時間における水柱の読みを記録した。水素ガス発生量の多いものは急速に水柱の高さを低下しスケールオーバーするから数回これを繰り返す必要がある。水柱の高さは厳密には気圧および温度の補正を要するが、その補正值は無視しうる程度であったから省略した。なお実験中のリークそのほかの誤差を明らかにするため、腐食試験前後における重量差も測定し、前述の侵食度を算出しこれとガス発生量とを比較検討した。

硝酸および食塩水溶液の場合はもちろん前項の侵食度測定法によった。各腐食液はみな 200 cc としたが、この場合約 25 cc/cm^2 の割合になる。なお侵食度を従来の重量法による単位面積あたりの減量値と比較したいときは、侵食度とその比重を乗ずればよい。

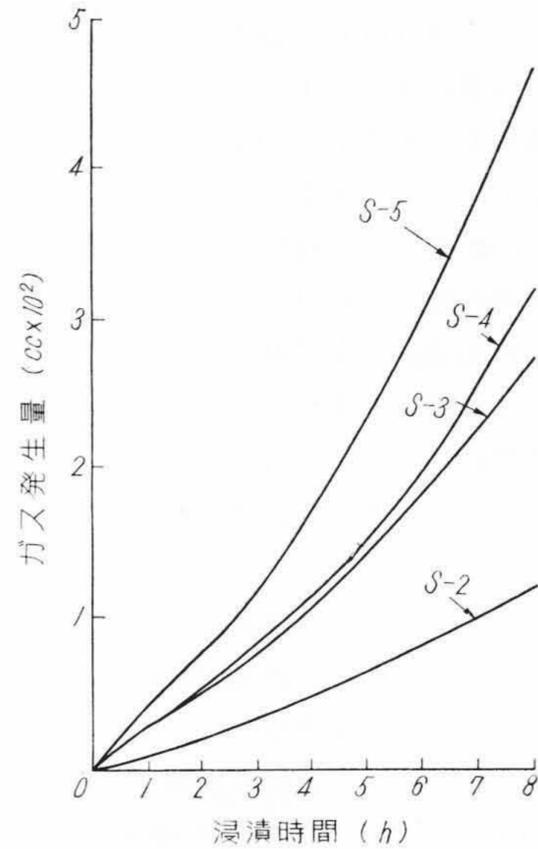
4. 実験結果

4.1 塩酸腐食試験

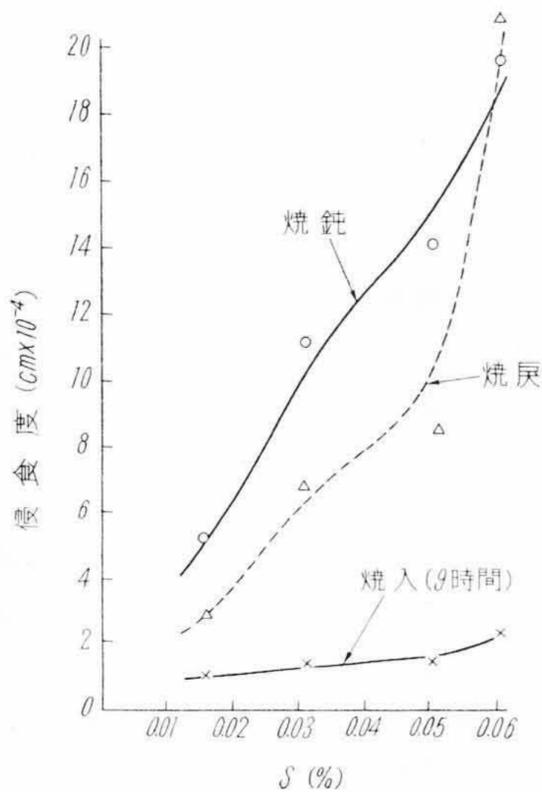
第 5 図は 5% 塩酸水溶液に対する耐酸性をガス発生量により比較した場合である。すなわち焼入試料は最も耐酸性を示し、9 時間浸漬後もガス発生量少なく、わずか



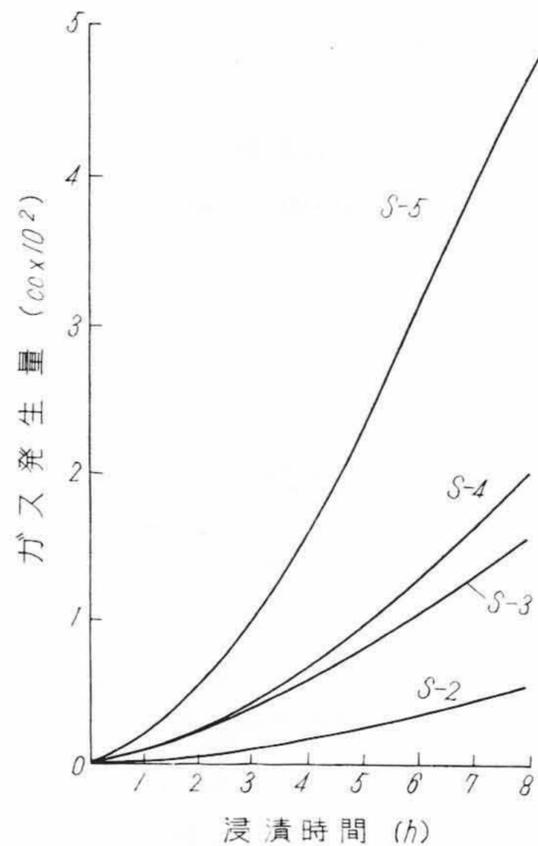
第5図 5% HCl(12°C)の場合のガス発生量とS量との関係



第7図 5% HClにおける焼鈍試料のガス発生状況



第6図 5% HCl(12°C)の場合、8時間浸漬後の侵食度とS量との関係



第8図 5% HClにおける焼戻試料のガス発生状況

にS量の多いものがやや耐酸性を減ずる傾向がある。これに対し焼戻試料は浸漬時間とともにガス発生量が著しく増大しS量の多くなるほど急激に耐酸性を減少する。焼鈍試料についても同様のことがいえるが耐塩酸性は最も悪く各熱処理法中、最大のガス発生量を示した。

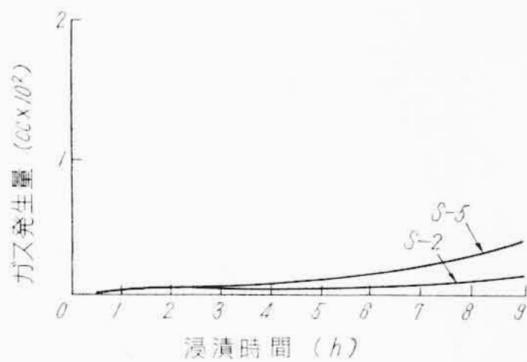
第6図は上述の腐食浸漬試験後の重量減より表面の侵食度を計算した結果で従来の重量法による場合と照合できる。また各熱処理試料ともに最大浸漬時間に対応するガス発生量とまったく同傾向の侵食度を示し、ガス発生法の塩酸腐食試験に対する適合性を裏付けるものである。要するに本実験結果より高炭素鋼を焼入すれば最も耐塩酸性を有したSによる影響も小になることが明らかである。

かである。

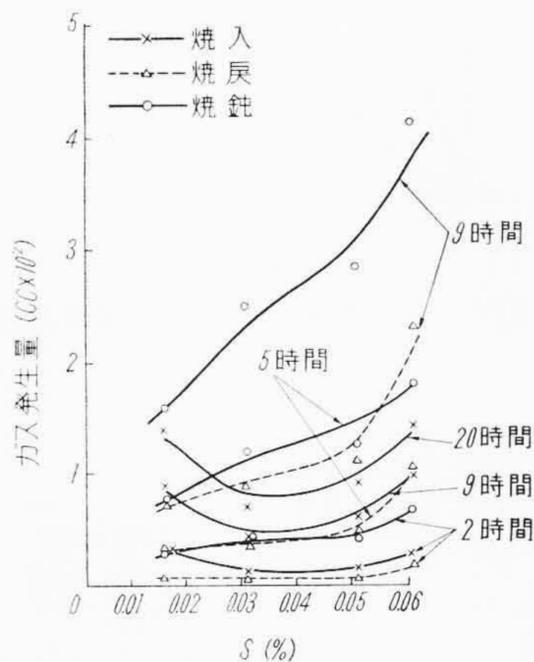
第7~9図は各熱処理試料中、代表的なものについてそのガス発生量と浸漬時間との関係を示したものである。すなわち第7~8図より焼鈍および焼戻試料は浸漬時間が長いほどそのガス発生速度を漸増することがわかる。これに対し焼入試料はわずかにこの傾向が認められるが耐塩酸性大なるため浸漬時間との関係は明らかでない。

4.2 硫酸腐食試験

第10図は5%硫酸水溶液に対する各熱処理試料の耐酸性とS含有量との関係を示す。焼入試料はS0.04%付



第9図 5% HClにおける焼入試料のガス発生状況

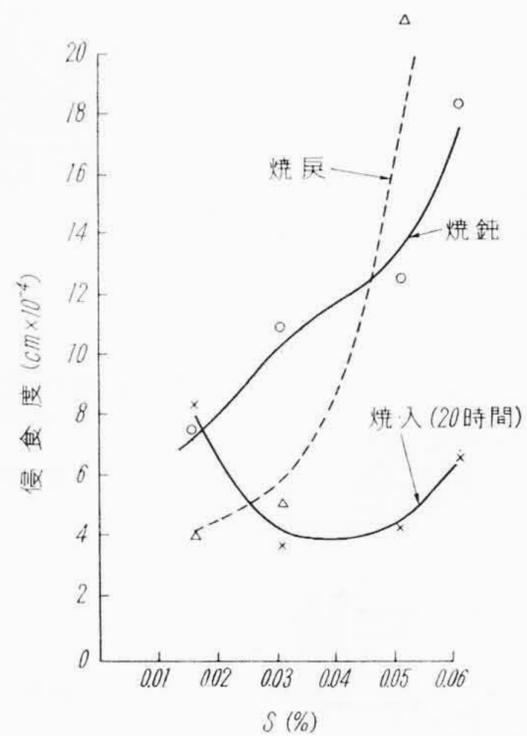


第10図 5% H₂SO₄ (12°C) の場合のガス発生量とS量との関係

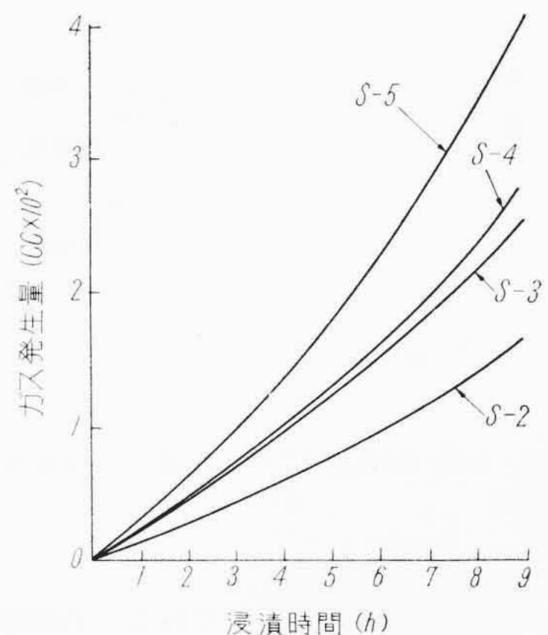
近までガス発生量を減じ耐酸性を示すが、これ以上Sがふえると耐酸性を再び減じ、この傾向は浸漬時間の長いほど明らかとなる。なお焼入試料のみはほかの熱処理試料に比しガス発生量が少ないため特に20時間の浸漬を行っている。したがって9時間までの浸漬における焼入試料のガス発生量はS量特に低位のものを除けばほかの熱処理試料に比し最も少ない。焼戻試料の場合はS0.04%までは耐酸性を漸減し、これ以上Sが含有すると耐酸性を急減する傾向があり浸漬時間の長いほどその傾向が著しい。焼鈍試料の場合もほぼ同傾向を有するがガス発生量は最も多い結果を示した。

第11図は9時間浸漬後(焼入試料のみは20時間後)の侵食度とS含有量との関係を示す。前図と比較するに各試料ともにその傾向は変りないが、焼戻試料の場合のみはやや高S側の侵食度がガス発生量の場合に比し多い。この場合は浸漬前後の重量差は相当大きいから重量測定誤差の影響は少ないといえる。また発生ガスのリークなどを考慮すれば一応第11図の方が正しいと思われる。すなわちS0.04%以下では焼鈍試料の方が耐酸性低く、これ以上では逆に焼戻試料の方が悪いことになる。

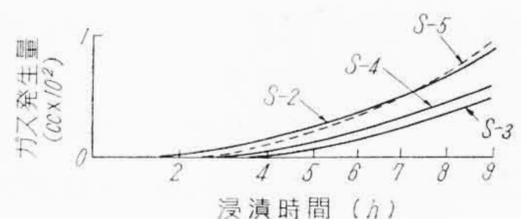
第12~14図は浸漬時間とガス発生量との関係を示し



第11図 5% H₂SO₄ (12°C) の場合、9時間浸漬後の侵食度とS量との関係



第12図 5% H₂SO₄における焼鈍試料のガス発生状況

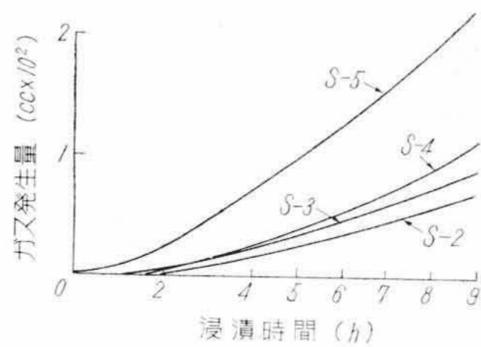


第13図 5% H₂SO₄における焼入試料のガス発生状況

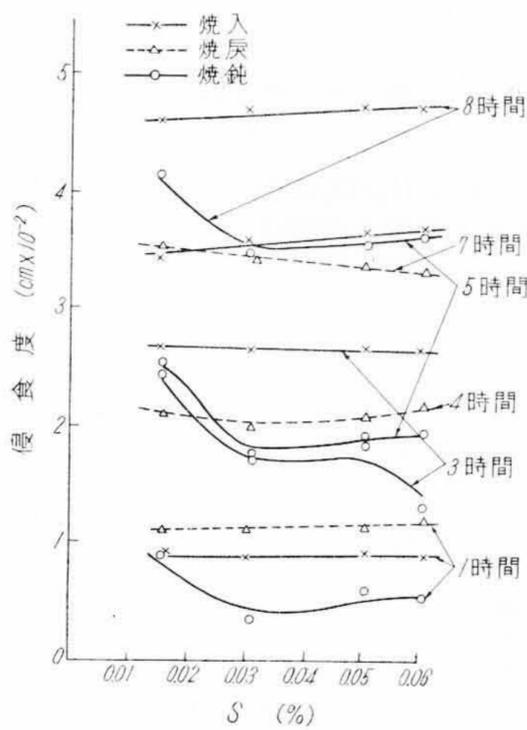
たもので各熱処理試料のガス発生速度に大小の差はあるが、浸漬時間とともに漸増の傾向にあることは塩酸の場合と同様である。これは試料、特に圧延方向と直角端面において腐食がファイバーに沿って進行し、腐食液との接触面積が大きくなることも一つの原因とみられる。

4.3 硝酸腐食試験

第15図は5%硝酸水溶液に対する各試料の侵食度と



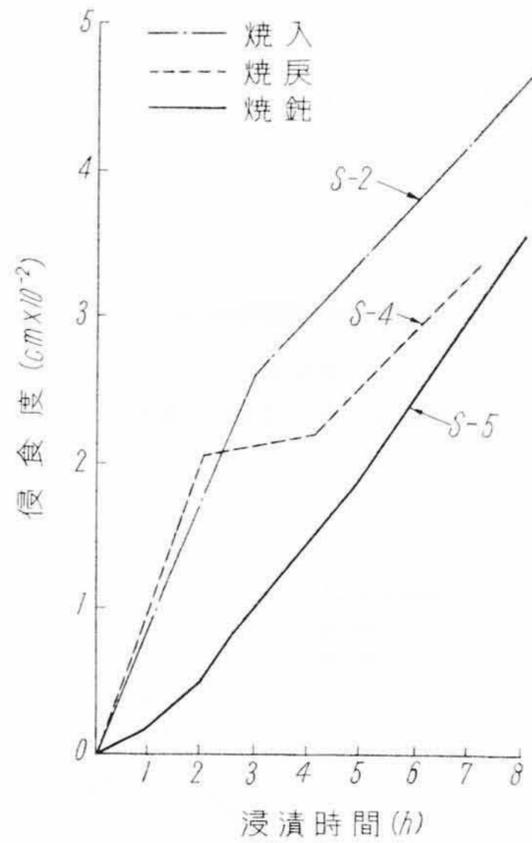
第14図 5% H₂SO₄における焼戻試料のガス発生状況



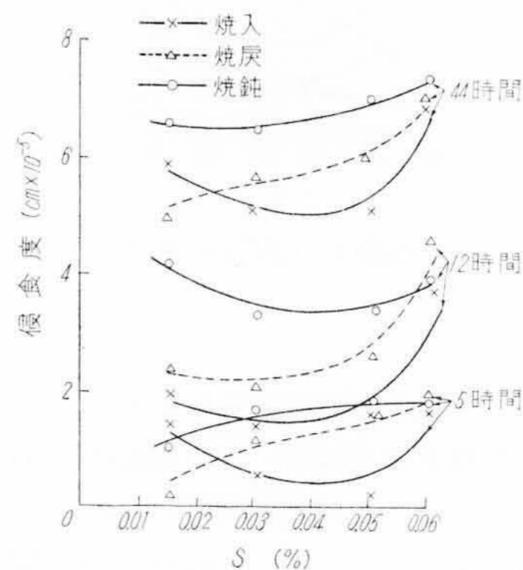
第15図 5% HNO₃(12°C) の場合の侵食度とS量との関係

S含有量との関係を示したものである。硝酸の場合はガス発生量と腐食重量とは比例しないから普通の重量法によっている。焼入試料の場合は浸漬一時間でもかなり侵食されS量による変化はないが浸漬時間が長くなるとややSの多いほど耐食性を減ずる傾向を示す。塩酸や硫酸の場合と異なり重量減は最も多い。これに対し焼戻試料の場合も浸漬時間の短い間はS量による差異はなく、重量減は焼入試料の場合よりむしろ多いが浸漬7時間ではS量の多いほどややその耐食性を増す傾向を示した。この場合の腐食量は平均して3種の熱処理中最も少ない。焼鈍試料の場合は浸漬3時間付近に受働態化現象を示しほかの熱処理試料との比較は困難であるが全般的にはS量多いものほど耐食性を高める傾向にあると思われる。

第16図は代表的な試料について侵食度と浸漬時間との関係を示したもので一部の試料に受働態化が生じ腐食が途中で進行しなかったことが認められる。硝酸水溶液の場合には溶解速度が最も大きくかつ焼入試料の耐食性が最も低いのが特長といえる。すなわち硝酸は各熱処理試



第16図 5% HNO₃における侵食状況

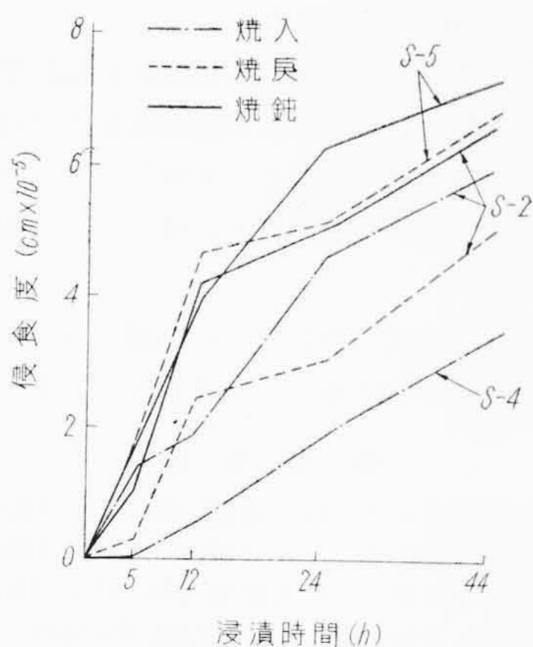


第17図 5% NaCl (12°C) の場合の侵食度とS量との関係

料に対する溶解度は本腐食試験液中最大であるが、特に焼入試料に対しては応力腐食が強く行われるものと考えられる。

4.4 食塩水腐食試験

第17図は5%食塩水溶液に対する侵食度とS含有量との関係を示す。食塩水の場合には各種酸溶液に比しきわめて腐食による重量減が小なるため、短時間の浸漬ではその耐食性を比較することは困難である。本実験では44時間まで行ったのであるが焼入試料の場合にはかなりばらつきを示している。最大浸漬時間経過後では各熱処理試料ともにS含有量の高いほどその耐食性を減ずる傾向にある、また熱処理上の差としては焼入試料が最も耐食性を示し以下、焼戻、焼鈍の順となっているがS量が多くなると三者ともあまり変りがなくなる傾向を示す。



第18図 5% NaClにおける侵食状況

第18図は浸漬時間と侵食度との関係を示したもので塩酸や硫酸の場合と異なり、浸漬時間の長くなるほど侵食速度を漸減する傾向がある。

試験終了後の各試料の腐食状況を略述すると、硝酸の場合が最も溶解減量多く、また変形しているが受働態化した試料は当然寸法変化も少なく、表面状況もほかの試料とやや異なっている。硫酸腐食の場合は焼入試料の大部分が耐食性を有しなお金属光沢をとどめているのに対し、焼鈍および焼戻試料はファイバー方向したがって端面の孔食が著しい。塩酸の場合も焼入試料の全部と焼戻試料の一部は金属光沢を残し耐食性のあることを示している。食塩水試験後の試料表面は若干腐食生成物そのほか発錆が認められたが大部分はなお金属光沢を保っておりS含有量による差は明らかでない。

5. 考 察

高炭素鋼の耐酸性に及ぼす微量Sの影響については従来ほとんど研究例を見受けないが、遠藤博士⁽⁵⁾らの0.5%鋼の焼鈍状態における耐酸試験では、塩酸、硫酸、硝酸いずれの場合もS含有量の高いほど耐酸性を減ずる結果を得ている。またこれに対する理由としてMnSが比較的融点を有するため偏析を生じ部分的に組織を異にし局部電流を発生するためであるとしている。もちろんこの場合はS含有量が数%に及ぶものであり、本研究試料の場合と条件が異なるが、少なくとも低S側では受働態現象を生じた硝酸試験のほかは一致しているとみてよい。焼鈍組織は前報⁽¹⁾に述べたようにS含有量がわずかに変わっても確かに差が認められるが、この場合は基地に晶出したMnS(+FeS)固溶体によるもので上述のような電池作用が正しいものとすれば一応説明される。また焼入試料は組織的にもS含有量による変化はほとんど認められないから硫酸試験の場合を除き耐酸性にも大なる

変化を生じないものと考えられるが、焼戻試料はその組織にあまり差がないにもかかわらず焼鈍組織の場合とほぼ同様な腐食傾向を示すからやはり正確な理論的裏付けはなお検討を要する。

最後にこれまで実施したほかの微量元素を含有する場合の耐酸耐食性⁽⁷⁾⁻⁽¹⁰⁾との比較を参考までに略述するに、Sの場合はPの場合よりさらにその含有量は少ないが耐塩酸性を最も減ずる不純元素といえる。PはSに次いで悪影響を及ぼす。Mnも耐塩酸性を減ずる元素であるがその程度ははるかに少ない。Cu, Siなどは同程度に耐酸性を増加せしめる。以上は焼鈍試料の場合で、厳密には液温も多少異なるが一応比較したものである。焼入試料の場合は大略して各元素間の耐食性に著しい差はないといってよい。焼戻試料の場合は大体焼鈍の場合と同傾向かつ同程度である。

硫酸試験の場合はPが最も耐酸性を害し、Sはこれに次ぐ(焼鈍試料)、その程度はわずかであるがCuおよびMnがやはり耐酸性を減ずる。耐硫酸性を増加する傾向を示すのはSiのみであるが、これも1%以上でやはり減少の傾向が認められる。焼戻の場合も大体において焼鈍の場合と近似している。焼入試料ではPおよびCuのほかはいずれもあまり変化がない。この場合もPのみははなはだしく耐硫酸性をそこなう。

硝酸試験では各元素間に著しい耐食性の差はないが一応順序を記せば、焼鈍の場合Cuが最も低く、P, Mn, SiおよびSの順となる。またCuの場合を除き含有量による変化も少ない。焼戻試料の場合はやはり焼鈍の場合と同程度であるがPとSiのみは最も耐食性を示した。焼入試料ではいずれの場合も耐食性を減ずるが元素含有量による変化はまちまちである。

食塩水試験の場合はCuが最も悪く、Si, Mnが同程度でありSとPはその配合率も低いためか耐食性は最も大であった。ただし本試験は重量減もほかの酸溶液に比しはるかに少なく実験誤差も大きいからそのまま比較することに難点がある。

以上の結果はSがPとともにほかの元素と比較して硫酸、特に塩酸に対する耐食性をはなはだしく低下せしめるが、強酸化能を有する硝酸に対してはあまり差のないことを示している。またこの事実は焼鈍および焼戻した場合にのみいえるのであって、焼入状態ではほかの元素と同様あまり変化のないことが認められる。

本研究ではさらに実用的と考えられる自然腐食試験は都合により実施できなかったが、砂鉄系原料鉄から造った鋼が錆びにくい一つの原因としてPとともにきわめて耐酸性を減ずるSの含有量が低いという成分上の特長もあげられるのではあるまいか。

6. 結 言

以上の実験結果を要約すれば次のごとくである。すなわち C 1.17~1.23%の高炭素鋼の5%各種腐食液に対する耐酸耐食性に及ぼす S 0~0.06%の範囲内における影響は

- (1) 耐塩酸性は焼鈍試料の場合 S の多いほど急激に減少する。焼戻の場合も同傾向でこれに次ぐが焼入状態ではかなり耐食性を示しかつ S による影響は少ない。
- (2) 耐硫酸性も焼鈍、焼戻試料では S の多いほど低下する。焼入試料のみはやや耐酸性を示し S 量による変化も少ない。
- (3) 耐硝酸性は焼入の場合最も低く、焼鈍試料がこれに次ぎ焼戻の場合が最も大きい。受働態化現象を除けばいずれも S 含有による変化はないといつてよい。
- (4) 耐食塩水性は焼鈍の場合最も低く、焼戻、焼入の順にやや大となる。またいずれも S の多いほど耐食

性を減ずる傾向が認められた。

なおこれまでの研究結果と比較検討した結果、SはPとともに耐硫酸性および特に耐塩酸性をはなはだしく低下せしめる不純元素であることを明らかにした。ただし焼入のままではほかの諸元素と同様かなりの耐食性を示す。

終りに本研究に対し終始熱心に実験に従事された塩谷、守谷両所員の労に謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) 小柴, 菊田: 日立評論 40, 549 (1958)
- (2) 小柴, 菊田: 日立評論 41, 109 (1959)
- (3) 小柴, 原田: 安来研報 No. 410 (1948)
- (4) F. N. Speller: A.S.T.M. Report of Committee A-5 On Corrosion of Iron & Steel
- (5) 山本: 金属の腐食および防食 (下) 592(1938)
- (6) 遠藤, 中川: 金属の研究 5, 301 (1928)
- (7) 小柴, 菊田: 安来研報 No. 817 (1954)
- (8) 小柴, 菊田: 安来研報 No. 636 (1950)
- (9) 小柴, 菊田: 安来研報 No. 837 (1955)
- (10) 小柴, 菊田: 安来研報 No. 927 (1956)

日立製作所社員社外寄稿一覧

(その1)

(昭和34年2月受付分)

寄稿先	題 目	執筆者所属	執 筆 者
電気書院 電気書院 技術社	最近の製鉄用圧延電動機	日立工場	田 附 修
	同期機の乱調の話	日立工場	渡 辺 博
	無接点スイッチ	日立工場	平 川 克 巳
日本機械学会 日本学会議	ペ ル ト ン 水 車	日立工場	小 森 谷 享
	BWR 原子炉容器の熱設計に関する考察	日立工場	安 島 賢 亮
		"	守 田 孝 邦
		"	浜 田 雄 一
日本学会議	間接サイクルBWRと直接サイクルBWRの制御特性比較	日立工場	大 木 新 彦
		"	青 木 直 司
熔接ニュース出版局	特急“あさかぜ”について(主として鋼体製作法について)	日立研究所	鈴 木 日 出
		笠 戸 工場	矢 部 満 夫
日本機械学会 日本機械学会 コロナ社	「最近のポンプの動向」のうち低揚程ポンプ	亀有工場	本 多 孝 一
	水力による固形物の輸送について	亀有工場	寺 田 進
	空気コンベヤ	川崎工場	西 岡 富 士 夫
本荘耐酸化学機械株式会社	フ ラ ン 樹 脂 に つ い て	多賀工場	横 山 亮 次
日本電気協会 日本事務能率協会	電気工事における作業分数の考え方と実際	亀戸工場	菅 静 正
	資材管理に関する規程の作り方	亀戸工場	相 馬 謙 太 郎
電気学会 日本放送出版協会	接点閉成時の放電とその抑制	戸塚工場	三 谷 正 一
	日立テレビリモコン(ワイヤー式, ワイヤレス式)について	戸塚工場	杉 本 士 郎
オーム社 自動制御研究会 幸書房 American Society for Metals	電子機器用有機絶縁材料	絶縁物工場	古 賀 弥 夫
	非線形制御理論の展望	中央研究所	三 卷 達 夫
	デジタル計算機	中央研究所	高 田 昇 平
	珪素鉄合金熱腐食表面の電子顕微鏡写真	中央研究所	岩 田 篤 篤

外2名

(第134頁へ続く)