

(59) 鋼のスケールの固着性について

住友金属工業, 和歌山製造所

小 野 通 夫

Adherence of Scales on Steel.

Michio Ono.

I. 緒 言

鋼を加熱した場合に表面に形成されるスケール (加熱スケール) および熱間加工後の鋼材の表面に形成されるスケール (圧延スケール) についてはこれらのスケールの鋼表面に対する固着性を調査することはスケール除去という点から意味があると考えられる。しかしこの種の研究, 実験はあまり行われていないようである。

そこで鋼の高温酸化に関する研究の一つとしてスケールの地金に対する固着性を調査することとした。調査対象としては加熱スケール, 圧延スケールがありまたその内でさらに加熱温度, 冷却条件, 鋼の組成, そのほかスケールの固着性に影響を与えると思われる要素がいくつか考えられる。しかし今回報告するのは空気中で加熱した場合に生成するスケールの地金に対する固着性について鋼の組成, 加熱温度の影響を調査した結果である。

II. 実 験 方 法

以前にも固着性についての研究があるが, スケールを鋼表面より剝離するのに必要な力の測定を行つて固着性を直接判断したものは 1, 2 が目に留るのみである。

この実験で使用した装置方法は, Fig. 1 に概略的に示す。スケール剝離のためにスケールの付着した板状試験片上に底面積 0.785cm^2 (径 1.0cm) の鋼製円柱をエポキシ樹脂接着剤で接着させた。接着円柱とスケール表面は前以つて脱脂し円柱端面はわずかに粗面とした。この円柱を接着せしめたスケール試片を Fig. 1 の装置を介して抗張試験機 (400 kg) にかけてスケールを地金表面より剝離せしめての時の所要応力でもつて固着性を判断した。

III. 実験材料

この実験で使用した材料は下表に示す組成を有する鋼を溶製してこれを鍛造してこれより寸法 $25 \times 20 \times 5\text{mm}^3$ の長形試片を作成し表面を研磨, 脱脂後電気加熱炉内で 2 h, $700 \sim 1200^\circ\text{C}$ に加熱して生成したスケールの付着した試片を使用した。なお加熱後の冷却は空中放冷である。

IV. 実験結果

実験は上記のごとく 8 種の鋼について行つたのであるがここでは省略して試料番号 1, 2 および 3 の鋼についての結果のみを記す。

試料 No. 1 は純鉄に近い組成のものであり No. 2, 3 はそれに Si が添加されたものであり, したがつてスケールの固着性に対する Si の影響が判る。

固着力測定結果は Fig. 2 に示すごとくである。図中の各点はそれぞれ同一条件下で約 30 個以上の測定を行つた結果えられたものである。

Fig. 2 によれば試料 No. 1 は $700 \sim 900^\circ\text{C}$ で生成したスケールが地金に対していちじるしい固着力を示すが 1000°C 以上と成ると極端に低下している。試料 No. 2 は 1000°C で最高の固着力を示し 900°C 以下で徐々に低下した 1100°C 以上で極端に低下している。また試料 No. 3 は 900°C で最高の固着力を示しその前後

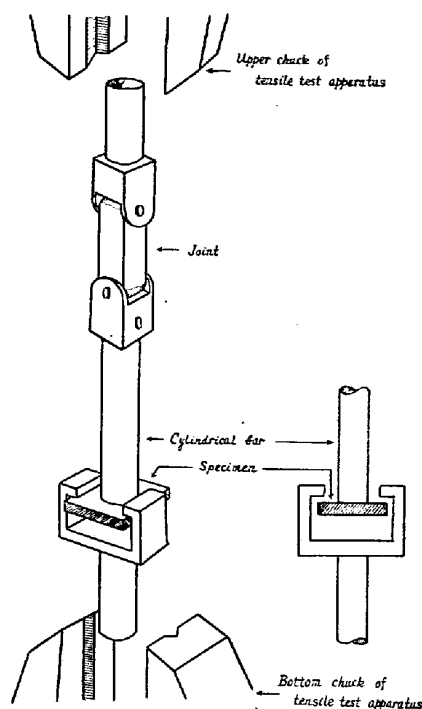


Fig. 1. Experimental arrangement for the measurement of adhesive strength.

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Specimen No.	Chemical composition (%)							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Al
1	0.01	0.01	0.02	0.007	0.007	Tr.	Tr.	Tr.
2	0.02	0.25	0.02	0.006	0.006	//	//	//
3	0.01	0.71	0.03	0.009	0.024	0.01	//	//
4	0.02	0.05	0.03	0.009	0.008	Tr.	//	0.63
5	0.01	0.04	0.06	0.005	0.007	0.01	//	1.087
6	0.01	0.01	0.10	0.006	0.007	0.01	//	Tr.
7	0.01	0.01	0.43	0.004	0.005	Tr.	//	//
8	0.01	0.01	0.01	0.006	0.005	0.45	//	//

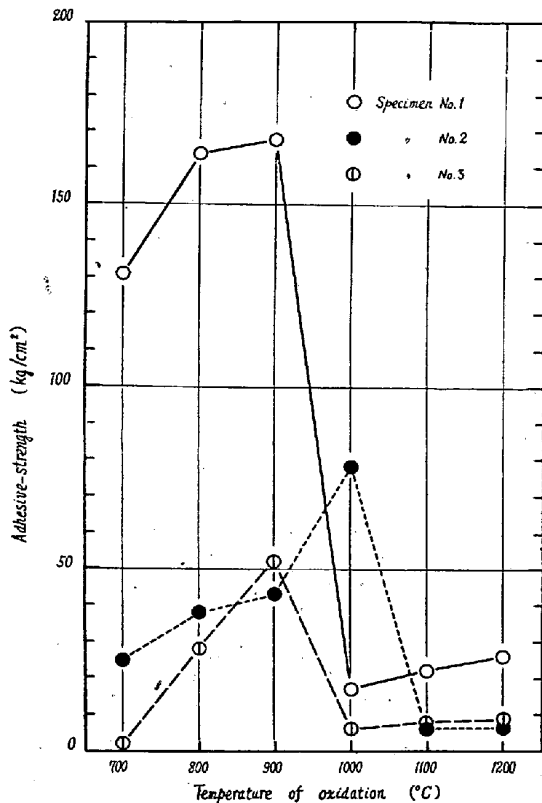


Fig. 2. Relation between adhesive strength and scaling temperature.

では低下している。ここで明瞭に判ることは試料 No. 1 が No. 2, 3 と比較していちじるしく固着性が大であることおよびより多くの Si を含有する試料 No. 3 が No. 2 よりもさらに固着性が減少していることである。この Si 含有による固着性低下の理由としては Si を含有する鋼の酸化によって金属と Wüstite (FeO) との間にある種の間層が形成されその間層が脆いためであろうと考えられる。この場合は $\text{SiO}_2 + 2\text{FeO} \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{SiO}_4$ にしたがって間層として Fayalite (Fe_2SiO_4) が大部分存在するのであると考えられる。

このことは Photo. 1, 2 に示されている試料 No. 1,

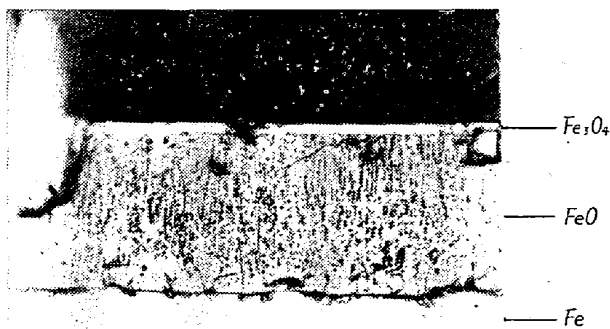


Photo. 1. Microstructure of scales formed at 900°C (2 h). Specimen No. 1.

2 のスケール断面の顕微鏡組織から明瞭である。すなわち Photo. 1 は試料 No. 1 を 900°C × 2 h の加熱を行

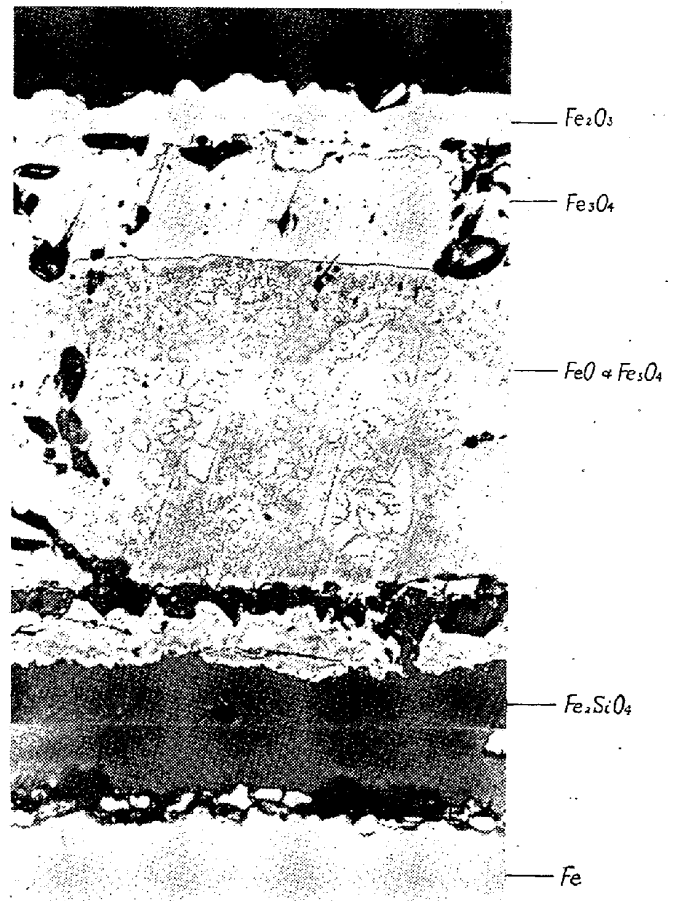


Photo. 2. Microstructure of scales formed at 1100°C (2 h). Specimen No. 2.

ったもので FeO 層が地金 Fe に密着していることがよく判る。ここで Fe_2O_3 層が認められないのはそれがきわめて薄く研究の際に剝離脱落したと想像される。 Fe_2O_3 層が存在することは X 線回折によつて確認された。つぎに Photo. 2 は試料 No. 2 を 1100°C × 2 h の加熱を行つたもので Fe_2O_3 , Fe_3O_4 および FeO 層以外に地金 Fe と FeO 層との間にさらに一層存在することが認められる。これが Fe_2SiO_4 層であることは X 線回折により確認された。この Fe_2SiO_4 層は非常に危くしたがって Si を含有する鋼に生成されたスケールの地金に対する固着力が減少すると考えられる。

つぎに同一試料でありながら酸化温度の差異によつて固着力に差異が生ずる理由、とくに 1000°C 付近より上の温度で固着力が急激に低下する理由であるが現在はずきりと原因をつかんでいない。ただ試料が酸化温度に在る時はスケールの固着力に大きい変化はないがそれが冷却の途中で地金に起る $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態のため、冷却中での地金とスケールとの収縮度の差異あるいは酸化温度が高く成るにしたがつてスケールの厚さも増大しその肉厚の差によるためとも考えられる。しかしこの点については今後さらに検討してみる積りである。

V. 結 言

以上純鉄に近い組成を有する鋼およびこれに Si を含有する鋼を高温に加熱して生成するスケールの常温時での地金に対する固着性を測定した結果を記したがそれによれば Si を含有することにより地金 Fe と FeO との間に脆い Fe_2SiO_4 層が形成されこのためにスケールの地金に対する固着性が減少することがわかった。

なお本概要では紙面の都合上 Si 含有の影響をのべたが他の元素含有の影響についても述べる予定である。

(60) 純鉄の熱間加工について

東京工業大学

工博作井誠太・○佐藤公子

On the Hot Working of Pure Iron.

Seita Sakui and Kimiko Sato.

I. 結 言

熱間加工における金属の変形機構は明らかでない部分が多い。クリープにおけるそれは辛じて知られているが普通の変形速度あるいは衝撃におけるそれは未知のままである。その原因はいろいろ考えられるが、高温では塑性変形に再結晶が重なってくることが最大の原因であろう。普通にわれわれが観察するのは再結晶後の組織であつて、塑性変形による変化そのものでない。この点が明らかにならぬ限りは熱間加工の研究は、ただ技術的な調査の域を脱しないであろう。

われわれは在来から高温にて試料を延伸した直後、1/200~1/100 秒後に水冷し、以つて熱間加工後の再結晶を防止し、高温における金属の変形機構自身を調べることに努力してきた。在来は変態のない試料について実験してきたが、今回は純鉄について行つた。

II. 実 験 装 置

本実験では試料の加熱、冷却、加工などの諸操作が始めから終りまで全部オシログラフに自記させた。すなわち加熱曲線、加工温度、加工温度における荷重—伸曲線、冷却曲線がオシログラフに自記されている。とくに注意

したのは熱間で延伸した試料を水冷する時に、熱歪が入らぬようにした点である。試料の寸法は巾1.5mm、厚さ0.3mm、長

さが10cmのリボンである。

III. 実 験 結 果

本実験で問題にしたのは次の諸項である。

- (1) 熱間加工においても加工硬化、加工歪が生ずるか。
- (2) 常温と高温における変形機構の相違、高温では α 領域と γ 領域を区別して観察する。
- (3) 熱間加工材では歪時効と焼入時効が重複して生ずるのでないか、これは熱間加工たたとえば熱間圧延せる極軟鋼の焼入後の常温時効に大きな参考となろう。
- (4) γ 領域における変形後急冷して再結晶を防いだ試料の $\gamma \rightarrow \alpha$ 後の試料の諸性質および $\gamma \rightarrow \alpha$ の温度。
- (5) γ 領域における変形後再結晶せしめさらに $\gamma \rightarrow \alpha$ を行わしめた試料の諸性質および $\gamma \rightarrow \alpha$ の温度。これらについて詳細な結果を述べる紙面はないが(1)を例にとれば Fig. 1 のごとく普通に熱間加工と称せられている温度範囲でも顕著な加工硬化が認められ、これ

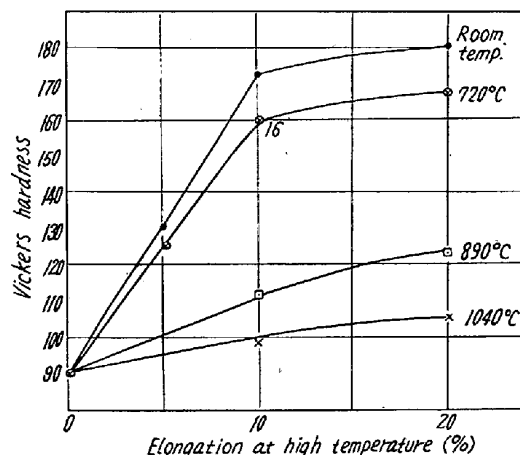
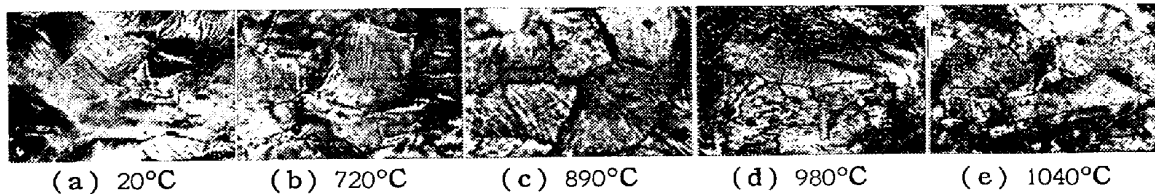


Fig. 1. Strain hardening measured at room temperature on hot-tensile specimens.

をX線で調べても加工歪がいちじるしい。A₃点以上の1040°Cの延伸でも弱いながら加工硬化がある。これは結晶粒の微細化にもよろうがX線で依然として弱い歪がある。

Photo. 1 は各温度でそれぞれ20%ずつ延伸した時の



(a) 20°C (b) 720°C (c) 890°C (d) 980°C (e) 1040°C

Photo. 1. Microstructure of the surface of pure iron elongated at various temperatures (Elongation 20%).