

Table 1. Results of chemical analysis.

Mark	Material	Chemical composition (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Sn	
A-1	Rimmed steel (by open hearth f.)	Sash	0.07	0.017	—	—	0.046	0.20	0.04
A-2		Billet	0.07	0.016	0.38	0.024	0.034	0.20	0.04
B-1	Killed steel (by open hearth f.)	Sash	0.07	0.063	—	—	0.031	0.32	0.04
B-2		Billet	0.08	0.080	0.46	0.016	0.036	0.30	0.06
B-3		Billet	0.10	0.088	0.41	0.012	0.026	0.34	0.07
C-1	Killed steel (by arc furnace)	Sash	0.07	0.072	—	—	0.018	0.23	0.05
C-2		Billet	0.09	0.084	0.41	0.020	0.008	0.28	0.04

マイクロおよび電子顕微鏡により結晶粒界の状態につき比較したがA, B, C間に顕著な差は認められなかった。フェライトの結晶粒はABCの順で細かくなっていた。

#### (g) 過熱敏感性試験

試料を 1000~1300°C に加熱し急激な衝撃値の変化によりグレンクロスを起す温度を測定比較した所、試料間には顕著な差は認められなかったがB材中熱間加工性の悪い方は 1000°C で低下を始めたがA, CおよびBの良い方は 1100°C で低下を始めておりB材の悪い方はグレンクロスを起しやすい傾向にある。

#### IV. 結 言

本試験の結果、異形形鋼（窓枠用サツシュ材）の圧延時発生するひび割れ疵は圧延工場の加熱作業の適不適よりも素材の熱間加工性の本質的な差に起因しており、熱間における振り、曲げ、圧延の試験時 1050~1250°C において明瞭な疵の発生するものはサツシュ材として不適当であることが判った。

さらに熱間加工性に差を生じる原因について調査すべくABC3種の試料に対して材質試験を行った結果、明瞭な疵を生ずるB材はCu, Snの分析値が他に比べて僅かであるが高くグレンクロスも低い温度で起し材質的に劣っていた。この他硫黄貼写試験で硫黄の偏析状態、鋼中における化合物の種類（反応濃度と分析値の関係より推定）が密接な関係のあることが判った。

### (29) 異形形鋼の熱間加工性に関する研究(II)

(Cu および Sn の影響)

#### Study on the Hot Workability of Special Shapes Steel

(Effect of Cu and Sn)

A. Suseki, et alius.

東都製鋼

浅野栄一郎・〇須関 昭二

#### I. 緒 言

第1報において異形形鋼に発生するひび割れ疵 (hot-shortness) の発生は素材の熱間加工性にいちじるしく影響されることが判ったので本報では疵と密接な関係にあるCu, Snの脆化作用について平炉鋼および電炉鋼につき試験した。すなわちCu, Snの含有量が増加するにしたがって疵の発生状態がどう変化するか、異形形鋼ではどの程度の含有まで疵の心配はないか、電炉鋼と平炉鋼ではCu, Snの含有量には大差がないのに疵の発生状態に差が生ずるか、Cu, Snの脆化作用に顕著な相異があるのか、Cu, Snの脆化作用の原因としてこれらが加熱中スケール直下に濃化しオーステナイト粒界を浸蝕すると言われているが、これら現象はどの程度Cu, Snが含有した場合に顕微鏡的に認められるか、また一般にCu, Snの脆化作用は1,000~1150°Cにピークがあると言われているがそれ以上の温度ではCu, Snの濃化はどのように変化するのかにつき実験調査した。

#### II. 試料および実験方法

試料は製鋼工場において出鋼時、熔鋼をサンプリングし所定のCuまたはSnを添加して小形鋼塊(4kg)を作りこれを鍛造して試料とした。

なおCuおよびSnの偏析状況に関してはあらかじめ上記小形鋼塊を縦割して分析試験を行い均一であることを確認した。

実験方法は第1報と同じ要領で熱間曲げおよび特殊熱間圧延試験を行いCuおよびSnの含有量と疵の発生状況の関係、電気炉鋼と平炉鋼の差につき調査しさらに高温酸化させた試料の直角研磨面および15°Cの傾斜をつけた研磨面につき金属顕微鏡によりCuおよびSnの濃化状況およびオーステナイト粒界侵蝕状況につき観察した。

III. 実 験 結 果

(a) 熱間曲げ試験

Cu および Sn の含有量を異にする試料 7 種 28 個を 950~1250°C の熱間で曲げ、試験片彎曲部に発生する疵の状況を調査した。その結果 Cu および Sn の含有量は疵と密接な関係にあり加熱温度、割れ疵の関係は一般に Fig. 1 に示すごとく (A) 950~1250°C で割れ疵は発生しないかまたは毛割れ程度にとどまっているもの (B-1) 1050~1150°C では割れ疵が発生するが1250°C では疵が出なくなるか (B-2) またはいちじるしく減少するもの (C) 加熱温度に比例して疵がひどくなるもの

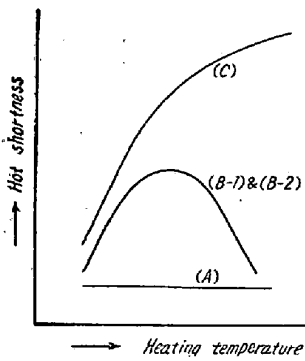


Fig. 1. Relation between testing temperature and shortness.

の3種類に分類することが出来るが、本試料ではAグループに属する試料はほとんどなかったが製鋼作業時制約の少ない鋼種で Cu 0.28~0.30%, Sn 0.04~0.08% より Cu, Sn の影響が出ると見做せた。Bグループ中 1250°C で疵がなくなる Cu の最大含有量は平炉鋼で 0.28~0.34%, 電炉鋼で 0.29~0.40% 以下, Sn の含有量は平炉鋼で 0.08~0.11% 電炉鋼で 0.06~0.22% が限度である。

(b) 特殊熱間圧延試験

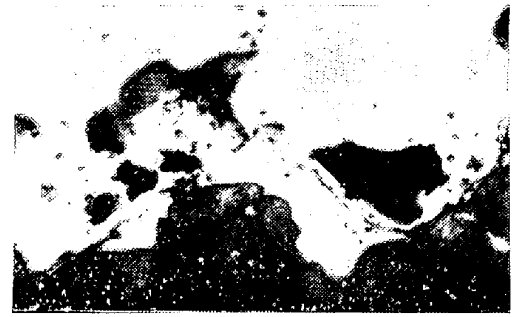
第1報と同じ方法により試料を 1050~1150°C の高温に加熱し特殊孔型により急激な圧延変形をあたえ試験各部分に発生した疵と Cu および Sn の含有量、加熱温度の関係を調査し曲げ試験の場合同様 A, B, C 3つのグループに分類してみると Table 1 のごとくでAグループに属するものはなかった。

(c) 金属組織試験

950~1250°C に1時間および 1150°C に2時間、管状電気炉内に保持し空冷後、酸化面に対して直角および 15° のテーパをつけて研磨し各々の面につき、スケール直下における Cu (Sn) 合金の濃化状況、同合金のオ

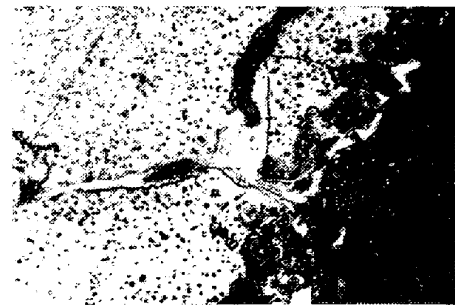
ステナイト結晶粒界を浸蝕する状況につき金属顕微鏡により調査した。

その結果 Cu (Sn) の含有量が多くなると未腐蝕でもスケール直下および地金内に濃化合金と判断出来る相が見出せその量は前記熱間加工試験における疵の発生状況と同一の傾向で 1050°C ~1150°C に加熱したものが最も多く 1250°C になるとスケール中には多数認められるが Cu (Sn) を特に多く含有する試料以外はスケール直下およびオステナイト結晶粒界には濃化合金が認められなくなる。電炉鋼は平炉鋼に比べ同じ Cu (Sn) を含有する試料でも濃化合金の量が少なく疵の発生状態とよく比例している。Cu および Sn 合金のスケール直下の濃化層および結晶粒界浸蝕状況の一例を示せば Fig. 2, 3 4 のごとくである。



×1200(1/2)

Fig. 2. Microstructure of Cu-concentration alloy of 0.34 Cu open hearth steel (at 1150°C 1 hour heating)

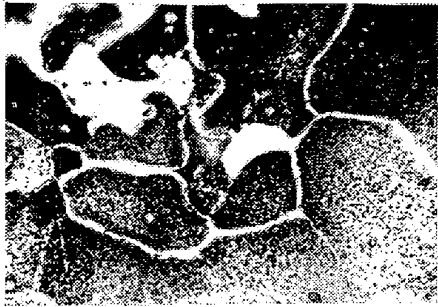


×560(1/2)

Fig. 3. Microstructure of Cu alloy austenite grain boundary of 0.72 Cu open hearth steel (at 1150°C 1 hour heating)

Table 1. Relation between Cu (Sn) and hot shortness on the special hot rolling test.

Main effect	Material	Ma×Cu(Sn)% on the A type	Ma×Cu(Sn)% on the B-1 type	Ma×Cu(Sn)% on the B-2 type	Ma×Cu(Sn)% on the C type
Cu	Open hearth steel	—	0.32	0.40	0.69
	Electric steel	—	0.40	0.79	1.10
Sn	Open hearth steel	—	0.10	0.20	0.74
	Electric steel	—	0.20	—	0.33



×560(1/2)

Fig. 4. Microstructure of Sn alloy austenite grain boundary of 0.84 Sn electric steel (at 1150°C 2 hour heating)

IV. 総 括

異形鋼材用平炉鋼および電炉鋼のひび割れ疵と含有 Cu および Sn の関係につき実験調査した結果、ひび割れ疵の発生と Cu (Sn) の濃化現象とは密接な関係がある。すなわち Cu (Sn) の濃化合金は Cu 0.30, Sn 0.06% 程度含有すると顕微鏡で認められこれが合金形成およびオーステナイト結晶粒の侵蝕は同じ程度の含有量なら電炉鋼より平炉鋼の方が起りやすく温度との関係は 1050°C ~ 1150°C において最もいちじるしく 1250°C になると特に Cu (Sn) が多い試料の以外はスケール直下および鋼地金内 (オーステナイト粒界) には認められない。また異形鋼用素材としては Cu および Sn の含有量は現状で既に許容限界に達しておりこれら元素の脆化作用の除去および濃化現象の防止および危険温度における圧延方法 (変形および圧下) については研究を必要とすることがわかった。

(30) 熱間圧延において圧延速度が変形抵抗, 巾拡がり, 伸びにおよぼす影響

The Effect of Rolling Speed on the Mean Specific Roll Pressure, Spread and Elongation in Hot Rolling

Y. Toda, et alii.

富士製鉄, 釜石製鉄所

工 小池与作・工 戸田陽一

工 山根重利・桑畑恒雄

I. 緒 言

熱間圧延において圧延速度が大きくなると鋼の変形抵抗が増加し, このために圧延荷重が大きくなることは一般によく知られている。また圧延速度が速い場合には遅い

ときに比べて巾拡がりは減少し伸びは増加するといわれているが, それがどの程度であり, いかなる傾向をもつものであるかについては明らかにされていない。

これらの問題について小型圧延機により圧延温度, 圧下率を変化させて総合的に実験を行つてみた。

II. 実験概要

(1) 圧延機

ロール径 250 mm の二重式圧延機で表面はグラインダー研磨仕上げが施されている。ロールの回転数はバイエルの無段変速機により 17~71 rpm に変化することができる。圧延荷重はロードセルを圧下スクリュウの下に取り付けて抵抗線歪計により測定した。

(2) 圧延試料と操作

使用した材料は SS 41 鋼で化学成分は C=0.21, Mn=0.29, Si=0.18 である。試料の大きさは断面 25 mm 角, 長さ 250 mm とし, 加熱は電気炉を用い N<sub>2</sub> ガスを通しながら行なつた。加熱温度は 800, 1000, 1200°C の 3 段階で, いずれの場合も炉中保持時間を 1 h とした。圧下率は 10, 20, 30, 40, 50% に変化させ, 圧延速度は各圧下率とも歪速度が 2 sec<sup>-1</sup> ずつ変るようにロール回転数を選んだ。試料の両側面にはあらかじめ間隔 100 mm の標点をつけおき圧延後の伸びを測定した。

III. 実験結果

(1) 圧延荷重と変形抵抗

Fig. 1 は圧下率 30% のときの各温度における圧延荷重の測定結果である。この図からわかるように圧延速度が速くなるにしたがって荷重は増加するが, その割合は高温の方が少くなっている。熱間における鋼の変形抵抗は歪速度のみについて考えるならば次の関係式が成立つ。

$$K_f = \alpha \dot{\epsilon}^n$$

ここに  $K_f$  は変形抵抗,  $\dot{\epsilon}$  は歪速度,  $\alpha, n$  は材質と変形条件により変る定数である。今, 上の圧下率 30% の場合の圧延変形抵抗を計算しこの変形抵抗と歪速度と

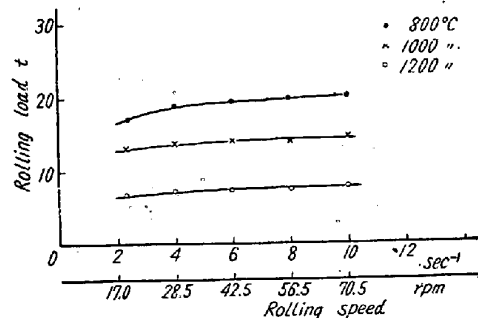


Fig. 1. Relation between rolling speed and rolling load at reduction 30%.