

## (114) 熔融亜鉛-錫合金と接触する鋼材の脆化

住友金属工業和歌山製造所 中 島 守 夫  
 Brittleness of Steels in Contact with  
 Molten Zinc-Tin Alloys at High  
 Temperature.

Morio Nakajima.

### I. 緒 言

熔融金属と単に接触しているに過ぎない鋼材が、高温加工を受けるとはなはだしい脆性を示す場合がある。例えば  $1,100^{\circ}\text{C}$  以上に加熱されている鋼材表面に熔融銅が付着している場合、これを屈曲すれば二つに折断するほどのいちじるしい脆化が認められる。かかる現象はハンダ脆性と呼ばれているが、筆者の実験によると、錫-鉛(1:1)のハンダと接触している鋼材では脆化現象は認められず、真鍮、その他の熔融銅合金と接触している鋼材はいちじるしい脆化を示した。またかかる脆化を生ぜしめるのは熔融銅合金に限らず、例えば熔融アンチモンは  $1,100^{\circ}\text{C}$  以上において鋼材をはなはだしく脆化させる。なおまた非金属である熔融硫化鉄によつても鋼材が脆化を示す場合がある。さらにまた鋼材の脆化ではないが、真鍮や錫や鉛が水銀により常温でいちじるしい脆化を示すが、これも同様な現象と推定される。ここに報告するものは、熔融亜鉛-錫合金と接触する鋼材の脆化を調べた結果である。

### II. 供試材と実験方法

実験に使用した鋼材は、リムド鋼熱間圧延鋼材のリム部より採取した  $10\text{ mm } \phi \times 150\text{ mm}$  の屈曲試験片で、化学成分は  $\text{C}=0.04\%$ ,  $\text{Si}=0.01\%$ ,  $\text{Mn}=0.35\%$ ,  $\text{P}=0.008\%$ ,  $\text{S}=0.013\%$ ,  $\text{Cu}=0.13\%$ ,  $\text{Cr}=0.03\%$ ,  $\text{Sn}=0.015\%$  の極軟鋼である。

実験はつぎのごとくあらかじめ焼準した鋼材と、それをさらに冷間圧延した鋼材との2種類について行なつた。第一の実験は焼準後屈曲試験片の寸法に切削仕上げを行ない、これをアルゴンガス中で予備加熱した。ついでこれを各種 % の熔融亜鉛-錫浴に短時間浸漬したのちただちに屈曲試験した。屈曲要領は、屈曲試験片をパイプ端にはめ込んで、敏速に  $180^{\circ}$  屈曲した。その屈曲半径は約  $15\text{ mm}$  である。第二の実験はまず焼準鋼材を冷間圧延して  $10\sim 50\%$  の加工率を加えたものから屈曲試験片を切りだした。これを  $500\sim 700^{\circ}\text{C}$  の温度でアルゴンガス中予備加熱を行ない、ついでこれを同一温度の亜鉛-錫各  $50\%$  合金浴中に5秒間浸漬したる後、ただちに屈曲試験した。屈曲要領は前述のとおりである。

## III. 実験結果

### 1. 焼準鋼材の実験結果

#### A. 亜鉛浴浸漬鋼材

焼準してある屈曲試験片を、 $450\sim 1,300^{\circ}\text{C} \times 15$  分間アルゴンガス中で酸化しないように予熱し、これを取り出して同一温度の亜鉛浴中に浸漬したのちただちに屈曲試験した。しかしこの際亜鉛浴の温度は高温になると燃焼ないし気化するので、最高  $700^{\circ}\text{C}$  に抑え、その代り、試験片の亜鉛浴中浸漬時間を  $1\sim 20$  秒間に変化させた。すなわちこの内の極短時間浸漬したものは試験片の温度降下が少なく、大体予熱温度に近い温度で屈曲試験したことになる。また比較的長時間浸漬したものは、温度降下が大であるから、亜鉛浴温度の  $700^{\circ}\text{C}$  に近い温度で屈曲試験したことになる。この屈曲試験結果は Table 1 のとおりである。すなわち  $1,000^{\circ}\text{C}$  以上に予熱した鋼材を亜鉛浴中に浸漬すると、浸漬時間の短い場合、すなわち屈曲温度の高い場合には試料が二つに折断するほどのいちじるしい脆化を起すことが判つた。

Table 1. Bending results of the steels preheated in argon gas and then dipped in the zinc bath.

| Preheating of steel in argon gas         | Temperature of zinc bath | Dipping time in a zinc bath |     |      |      |
|------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|------|------|
|                                          |                          | s 1                         | s 5 | s 10 | s 11 |
| $450^{\circ}\text{C} \times 20\text{mn}$ | $450^{\circ}\text{C}$    | ○                           | ○   | ○    | ○    |
| 600 "                                    | 600                      | ○                           | ○   | ○    | ○    |
| 700 "                                    | 700                      | ○                           | ○   | ○    | ○    |
| 800 "                                    | "                        | ○                           | ○   | ○    | ○    |
| 900 "                                    | "                        | ○                           | ○   | ○    | ○    |
| 1,000 "                                  | "                        | △                           | △   | ○    | ○    |
| 1,100 "                                  | "                        | ×                           | ×   | ○    | ○    |
| 1,200 "                                  | "                        | ×                           | ×   | ○    | ○    |
| 1,300 "                                  | "                        | ×                           | ×   | ×    | ○    |

○……No fissures

△……Severe fissures

×……Specimens broken

#### B. 錫浴浸漬鋼材

屈曲試験片を  $300\sim 1,300^{\circ}\text{C} \times 15$  分間アルゴンガス中で加熱後、同一温度の錫浴に5秒間浸漬して屈曲試験した。その結果はいずれも脆化は認められなかつた。

#### C. 亜鉛-錫合金浴浸漬鋼材

屈曲試験片を  $500^{\circ}\text{C} \times 15$  分間アルゴンガス中で加熱後、同一温度の各種 % の亜鉛-錫浴に5秒間浸漬してただちに屈曲したところ、Fig. 1 に示すごとき結果を得た。これによると、 $500^{\circ}\text{C}$  においては純亜鉛、純錫ともに鋼材を脆化させないが、亜鉛中に錫が  $1\sim 2\%$  以上含まれると亀裂を発生し始め、また錫中に亜鉛が  $10\%$  以

上含有すると脆化が現われ始めることが判った。

つぎに上記の内比較的亀裂のいちじるしい亜鉛-錫各 50% 浴について、各種の温度で試験して見た。すなわち屈曲試験片をアルゴン中で  $400 \sim 1,300^\circ\text{C} \times 15$  分間加熱したものを、同一温度の亜鉛-錫各 50% 浴(ただし浴温は最高  $700^\circ\text{C}$  に抑えた)中に 5 秒間浸漬し、ただちに屈曲試験した。この結果は Fig. 2 のとおりであつて、 $500^\circ\text{C}$  以上はいずれもいちじるしい脆化を示して破断した。なお  $600^\circ\text{C}$  試験における亀裂部のミクロ組織を見ると、Fig. 3 に示すごとくこの亀裂はフェライト粒界に沿つて進行しているのが判る。

## 2. 冷間圧延鋼材の実験結果

冷間圧延鋼材の亜鉛-錫浴浸漬試験結果は、亀裂の進行に加工率が大きく影響することが判った。すなわち加工率が大きくなるにしたがつて  $500^\circ\text{C}$  試験では漸次亀裂は発生し難くなり、 $550 \sim 600^\circ\text{C}$  付近ではフェライト結晶粒の歪んだ圧延組織方向に亀裂が進行し、 $650^\circ\text{C}$  以

| Zn % | Sn % |
|------|------|
| 100  | 0    |
| 99   | 1    |
| 98   | 2    |
| 95   | 5    |
| 90   | 10   |
| 70   | 30   |
| 50   | 50   |
| 30   | 70   |
| 10   | 90   |
| 7    | 93   |
| 5    | 95   |
| 2    | 98   |
| 1    | 99   |
| 0    | 100  |

Fig. 1. Results of bending of the steels pre-heated in argon gas and then dipped in various zinc-tin baths for 5 seconds at  $500^\circ\text{C}$ .

| Preheating of steel in Argon gas          | Temperature of zinc-tin bath | Dipping time in zinc-tin bath | Bending results                                                                     |
|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| $400^\circ\text{C} \times 15 \text{ min}$ | $400^\circ\text{C}$          | 5 s                           |  |
| $500^\circ\text{C}$ "                     | $500^\circ\text{C}$          | "                             |                                                                                     |
| $600^\circ\text{C}$ "                     | $600^\circ\text{C}$          | "                             |                                                                                     |
| $700^\circ\text{C}$ "                     | $700^\circ\text{C}$          | "                             |                                                                                     |
| $800^\circ\text{C}$ "                     | "                            | "                             |                                                                                     |
| $900^\circ\text{C}$ "                     | "                            | "                             |                                                                                     |
| $1000^\circ\text{C}$ "                    | "                            | "                             |                                                                                     |
| $1100^\circ\text{C}$ "                    | "                            | "                             |                                                                                     |
| $1200^\circ\text{C}$ "                    | "                            | "                             |                                                                                     |
| $1300^\circ\text{C}$ "                    | "                            | "                             |                                                                                     |

Fig. 2. Results of bending the steels pre-heated in argon gas and then dipped in a zinc-tin (1:1) bath.

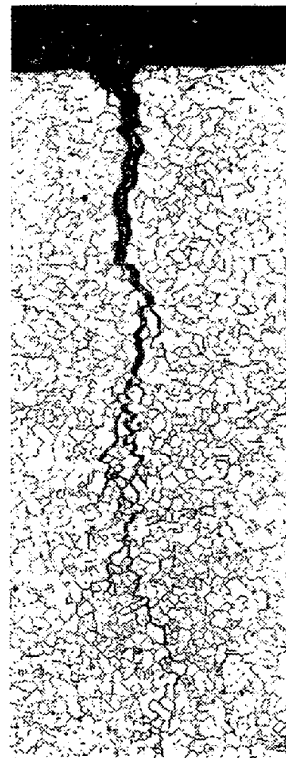


Fig. 3. Microstructure of bended steel pre-heated in argon gas and then dipped in a zinc-tin (1:1) bath for 5 seconds at  $600^\circ\text{C}$ .  $\times 100(2/5)$



Fig. 4. Bending results of the steel cold-rolled (40% reduction) pre-heated in argon gas and then dipped in a zinc-tin (1:1) bath for 5 seconds at  $600^\circ\text{C}$ .

上になるとフェライトが再結晶して圧延組織の影響は認められない。Fig. 4 は 40% 冷間加工材を  $600^\circ\text{C}$  の亜鉛-錫合金中に浸漬したものを、圧延面に直角に屈曲した結果である。

## IV. 結 言

熔融亜鉛-錫合金と接触する軟鋼材の脆化を調べた。まず第一に焼準鋼材をアルゴンガス中で予熱したものを、各種 % の亜鉛-錫浴中に極短時間浸漬したのち、ただちに屈曲試験した。その結果熔融亜鉛と接触する鋼材は脆化を示すが、熔融錫によつては脆化は認められなかった。また  $500^\circ\text{C}$  における試験では、純亜鉛および純錫では鋼材の脆化は認められないが、これらのある % 以上の合金では鋼材の脆化が現われた。そして亜鉛、錫各 50% の合金では  $500 \sim 1300^\circ\text{C}$  間において鋼材の脆化が認められた。その  $A_1$  以下の試験材のミクロ組織は、亀裂がフェライト粒界に沿つて進行しているのを示している。なおまた冷間圧延鋼材を、フェライトの再結晶温度以下の温度で試験すると、フェライト粒の歪んだ圧延組織の方向に亀裂の進行することが判った。

## 文 献

- H. SCHOTTKY, K. SCHICHEL & R. STOLLE:  
Arch. Eisenhüttenw., 4 (1930~1931), 541~547