

Fig. 3. Relation between reduction at 600°C and mechanical properties.

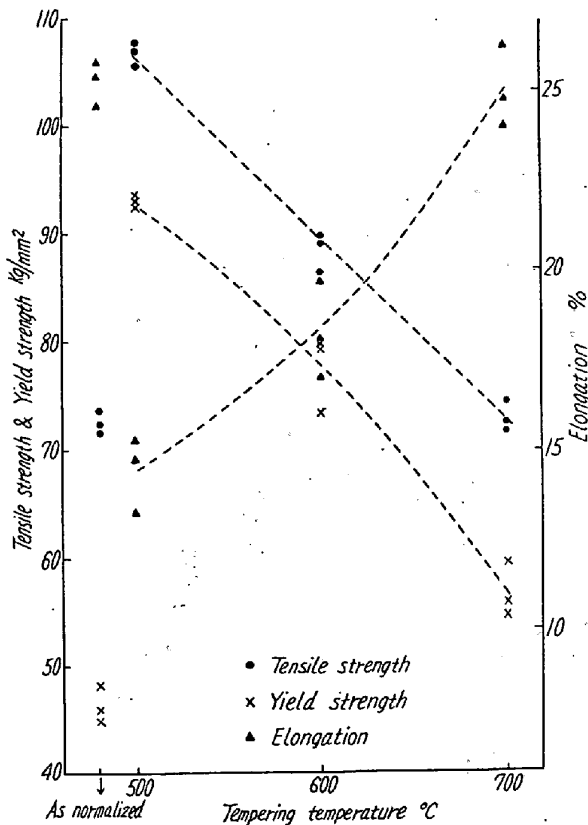


Fig. 4. Relation between tempering temperature and mechanical properties.

面から考えれば加工率範囲が広いほど好適であり、その点から考えて 600°C で加工すれば最適のようであるが、上述のごとく 600°C では 400, 500°C の場合と比較して総体的に降伏点がひくいので、実際には 500~550°C で 3~6%程度の加工をあたえれば、抗張力、降伏点、伸びともに良好な成績を示すものがえられると考えられる。

2. 焼入焼戻法

焼入焼戻法による結果を Fig. 4 に示す。ここでホットコールドワーキングの場合と同様に抗張力、降伏点、伸びの三者がともに良好なる焼戻温度範囲を考えると、Fig. 4 より判断すれば、焼戻温度が 540~680°C で抗張力 70 kg/mm² 以上、降伏点 60 kg/mm² 以上、伸び 16% 以上という成績がえられる。降伏比について見れば焼戻温度が 500, 600°C の場合は 85% 以上で 700°C の場合でも 75% 以上である。これはホットコールドワーキングの場合と比較して少し高い値であると考えられる。

3. ホットコールドワーキング法と焼入焼戻法の比較

上記のごとくホットコールドワーキング法の場合は加工温度別の加工率にたいする機械的性質の変化をみたものであり、焼入焼戻法の場合は焼戻温度にたいする機械的性質の変化をみたものであつて、この両者を直接比較することはできないが、焼入焼戻法の方がホットコールドワーキング法よりも降伏点、伸びにおいてわずかではあるが良好な結果を示しているようである。

V. 結 言

以上、中炭素鋼製品の機械的性質を向上せしめる方法の一つと考えられるホットコールドワーキング法についての実験結果および比較のための焼入焼戻法の実験結果を記した。この結果によれば、ホットコールドワーキングによつて中炭素鋼の機械的性質を充分向上せしめ抗張力 70 kg/mm² 以上、降伏点 60 kg/mm² 以上、伸び 16% 以上のものを得ることが可能なことが判明した。

(58) 鋼材表面の熱間加工亀裂に関する実験

Surface Fissures of Hot-Worked Steel Products.

Morio Nakajima, et alius.

住友金属工業、和歌山製造所

○工 中島 守夫・理 小野 通夫

I. 緒 言

加熱により鋼材表面がスケール化すると、選択酸化の

ために、スケール直下に Cu, Sn, As, などの微量元素が富化し、これを熱間加工すれば、微細な表面亀裂を発生することはよく知られている。これに関しておこなった一連の実験結果を逐次報告していくことにする。

II. 加熱雰囲気と表面亀裂の関係

1. リムド鋼を水蒸気をふくむ混合ガス中で加熱した場合

A. 試験要領

供試材の成分はつぎのとおりである。

C	Si	Mn	P	S
0.07	0.01	0.34	0.013	0.042
Cu	Cr	Ni	Sn	As
0.22	0.04	0.09	0.014	0.028

この鋼材のスラブリム部より 10×10×150mmの試験片を切出し、これをつぎの混合ガス (%) 中で 1100°C × 1h 加熱した。

N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
80	10	10	0~10	0~10	0~1.0

加熱後試験片を 180° 屈曲して、屈曲部の亀裂発生状況および屈曲前後のマイクロ組織を観察し、なおスケールロス、分光分析による微量成分の表面富化状況、X線分析などを調査した。

B. 試験結果

a. 屈曲部の外観 (Fig. 1) および横断面マイクロ組織によると、屈曲部の亀裂は SO<sub>2</sub> のすくないほど、および酸化性が強いほど、大きく深い亀裂となる。また SO<sub>2</sub> の極端に多い還元性側では粘いスケールを発生して脱落しがたく、肌荒れの傾向を示している。

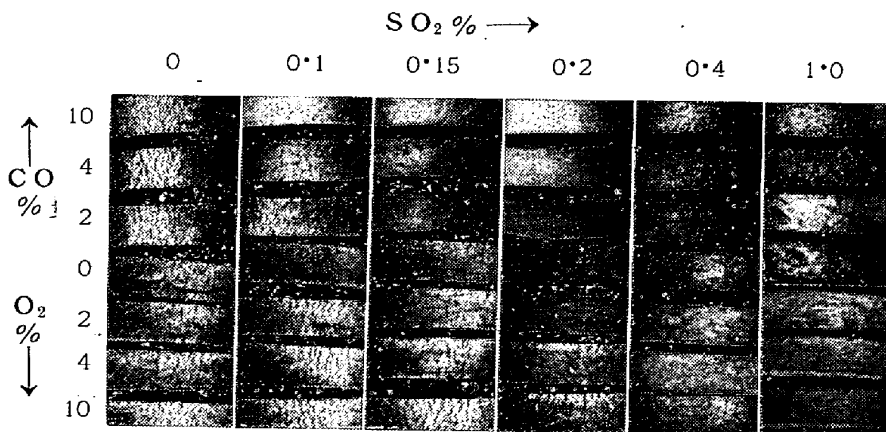


Fig. 1. Surface appearance of bend test specimens heated in different atmospheres.

b. また屈曲前の横断面マイクロ組織を見ると、かえって SO<sub>2</sub> の多い側にオーステナイト結晶粒界にそつたいちじるしい侵入組織 (還元性側ではスケール+サルファイドの共晶が主体、酸化性側ではスケールが多くなる。) が見られる。これは亀裂の発生傾向とはむしろ逆の傾向であるが、この原因は、かゝる侵入相は侵入深さだけが口を開いてあさい亀裂となり、SO<sub>2</sub> の少い側では熔融銅 (ないし合金) が引張応力の元で作用して深く亀裂を進行させたものと考へられる。

c. つぎに雰囲気とスケールロスの関係をしらべて見ると、スケールロスは還元性が強いほど少くなっている。しかし還元性側では SO<sub>2</sub> が極端に多いとかえってスケールロスは大となる。これは上述の FeS+FeO 共晶の低融点スケールが発生して肌荒れを生じている場合である。

d. つぎに試料表面の微量元素 (Cu, Sn) の富化状況を分光分析によつてしらべたところ、亀裂のすくないものは、Cu, Sn の富化量がすくないという傾向が明瞭である。また酸化性雰囲気より還元性雰囲気になるにしたがつて、Cu, Sn の富化量がすくなくなり、SO<sub>2</sub> 含有量が多くなるにしたがつて Cu, Sn の富化量のすくなくなる傾向が認められる。なお若干富化していても亀裂のすくないものがあるが、これは S と化合して硫化銅となつておつて有害性がすくないのではないかと思われ

e. つぎに試料表面の X線分析をおこなつた。すなわち分光分析では化合物もふくまれるので、さらに X線でしらべたところ、大亀裂を発生した試料の表面には、明瞭に金属銅の存在が確認され、大亀裂の発生しない試料表面には金属銅の存在しないことが認められた。

2. リムド鋼を水蒸気をふくまない混合ガス中で加熱した場合

A. 試験要領

供試材の成分、寸法、および加熱温度時間、屈曲方法などは試験 1 とまったく同様であるが、混合ガスは水蒸気をふくまない場合について試験した。

N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
89	11	0~10	0~10	0~1.0

B. 試験結果

屈曲部の外観、雰囲気とスケールロスの関係、分光分析による試料表面の富化状況などによれば雰囲気中に水蒸

気をふくまぬ場合は、含む場合よりも、スケールロスがすくなく、微量元素の富化もすくなく、亀裂発生程度も小さくなる。しかし水蒸気の有無にかかわらず傾向は両者とも同様であつて、還元性が強いほどスケールロスがすくなく、富化量もすくなく、大亀裂が発生しなくなる。また SO<sub>2</sub> も多いほど大亀裂は発生しなくなる。また還元性側では SO<sub>2</sub> が極端に多くなればスケールロスが多くなり、粘いスケールが附着して肌荒れを生ずる。

III. 加工速度と表面亀裂の関係

上述の表面亀裂の発生は加工速度によつて左右されることを見出した。その結果について報告する。すなわち

材においても、加工速度のひくい場合は亀裂ないし破断を示すものが、高速加工では亀裂を発生しがたいことがわかる。とくに引張試験によると銅に浸漬しないものは高速低速いずれも、伸び値 40% 程度であり、銅に浸漬したものは高速で 40% 程度であるが、ある加工速度以下の低速加工になると急激に伸び値が低下し、遂に数%の低い伸び値で以て破断する。すなわち脆性を示すある臨界加工速度が存在するものと予想される。

つぎに亀裂の発生進行機構については、Hg による Sn, Pb, brass などの脆性（常温で各種の試験をおこなつた）と同じ現象ではないかと推定するが、ある種の

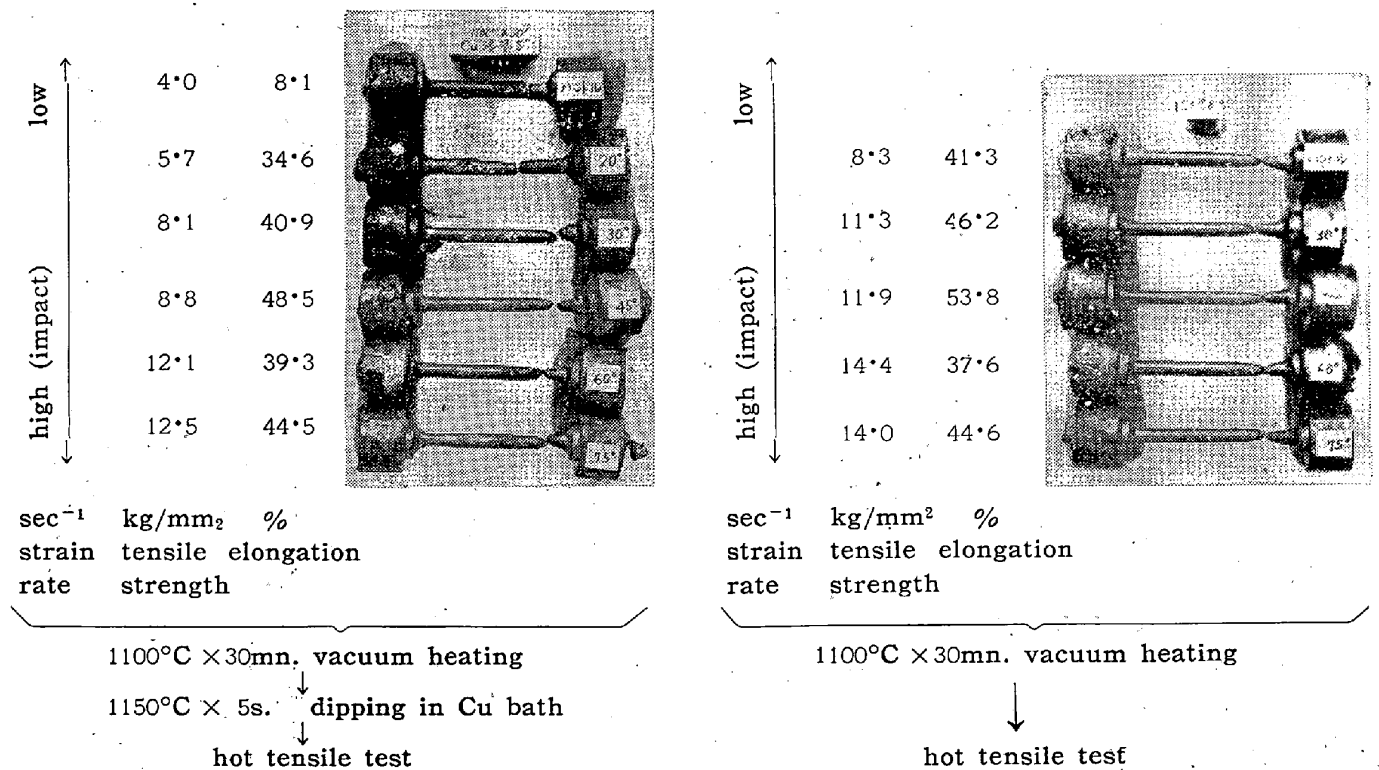


Fig. 2. Hot tensile test results at various strain rates.

スケール発生による表面富化材について、加工速度を変へて試験して見ると、屈曲試験および引張試験のいずれの結果においても、通常加工の場合に亀裂が大であり、衝撃加工では亀裂は発生しがたくなることを認めた。

さて、微量元素の表面富化材が亀裂を発生するのは、富化金属があらかじめ鋼材中に侵入しておるためではなく、富化金属が熔融状態で単に鋼材に接触しておるだけで、応力が加われば、亀裂を発生するのだと推定されるが、これは古くから知られているハンダ脆性の考えである。かゝる考えに立つて、あらかじめ 1100°C 真空加熱した試験鋼片を熔融銅に浸漬し、これを各種の加工速度で加工し、亀裂発生状況を調査して見た。その屈曲および引張試験結果（一例； Fig. 2）によると、銅浴浸漬

熔融金属が接触している場合の表面エネルギーは、接触していない場合よりもひくい値であるということや、ノッチ効果より説明をくわえて見る。かゝる考へに立てば、亀裂が進行するためには、亀裂の進行と同時に熔融金属が、亀裂端へ濡れて侵入して行く余裕がないほど、速く加工されれば、亀裂は進行しないと考へて良いのではないかと思はれる。