

低炭素鋼に引張荷重を与えた場合に観察されている。このような転位密度の少ない初析フェライト中では、前報に述べた低炭素鋼の場合とその挙動はまったく同一視しても良いと考える。棒状晶内では転位の増殖は顕著でないが、境界に片方が密着して、境界線にほぼ直角な方向に並んだ転位線がよく観察される。この転位模様は、棒状晶境界を転位の発生源と考えると、発生した転位が低い荷重では少し移動して、そのまま境界に止められたものと考えられる。また無歪の場合には境界に直角でなかった転位が直角に配列し直したとも考えられる。2個の球状析出物に両端を個定された彎曲する転位ループも観察された。これはF.R.源のような転位の発生源になるだろうと考えられる。荷重が降伏点近くになると、棒状晶内部にもsubboundaryが形成されてくる。

荷重が見かけの降伏点を過ぎると、個々の転位は短くなりcell structureの形成が見られる。この傾向は初析フェライト中の方が著しい。また棒状晶境界に非常に多くの転位がpinningされているのが観察された。転位密度は一般に高くなっている。低炭素鋼の場合は降伏点以前と以後との区別は顕著であつたが、この試料では、特に棒状晶内での元の転位密度が高かつたので、その差は顕著でない。一般に焼入焼モドシ鋼では、降伏現象における降伏点伸びは少ししか現れないが、この降伏現象は初析フェライトによるものであると考えられる。

永久歪の量が多くなるにしたがつて、転位密度の高い部分が多くなり、cell structureのない部分にtangleした転位が存在し、転位群を形成するようになる。しかし極端に転位密度は増加しない。加工硬化は転位密度が高くなることによつて起ると考えれば、この試料では加工硬化が少ないことを示しているFig. 1の荷重-伸び曲線の傾向と一致する。

4. 結 言

以上のことをまとめてみると、焼入時のマルテンサイト針状晶内での転位密度が高く、境界付近に多数の転位がpinningされている。焼もどすと、それらの転位は減少し、networkを組むか、tangleした転位のみが残る。マルテンサイト境界およびオーステナイト粒界に存在する析出物は球状化する。

荷重を加えると、かなり低い荷重より転位は増殖し、荷重が増すにしたがつてその量は多い。見かけの降伏点を過ぎると、転位自体は短くなり、cell structureやtangleした転位群の形成が観察される。この傾向は初析フェライト中では顕著であつた。また棒状晶境界付近に多数の転位がpinningされているのが観察された。焼入焼モドシ鋼中の初析フェライトがこの種の鋼の特性におよぼす影響は著しいと考えられる。初析フェライトの影響はもつと研究する必要があるが、この試料で起つている降伏現象は初析フェライトによるものであると考えられる。

文 献

- 1) 中西, 武政, 土師: 鉄と鋼, 51(1965) 5, p. 940
- 2) 中西, 武政, 土師: 鉄と鋼, 51(1965) 5, p. 942
- 3) KELLY & NUTTING: Proc. Roy. Soc. of London 259 (1960), p. 45

(150) リムド鋼におよぼす合金元素の影響について

日新製鋼, 呉製鉄所

角谷卓爾・丸橋茂昭・森田有彦

Effect of Alloying Elements on the Rimmed Steel.

Takuji KAKUTANI, Shigeaki MARUHASHI and Arihiko MORITA.

1. 緒 言

鋼材の機械的性質・加工性・金属組織におよぼす合金元素の影響については、すでに古くから多くの研究者の報告があり、合金元素が効果を生じる機構についても、最近はかなり深い考察が加えられるようになってきている。

しかしながら従来研究の対象となつた諸性質は、主として鋼の静的な挙動についてのものであり、動的な挙動(たとえば疲労特性)について合金元素の影響を調査した例は少なく、E. EPREMIAN and E. F. NIPPES¹⁾の報告のほか、特にまとまつたものは見あたらない。

そこで今回、リムド鋼に若干の非脱酸性合金元素を少量ずつ単味添加して、リムド鋼の機械的性質・疲労限への影響を調査したので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料の調整

リムド鋼に添加すべき合金元素は非脱酸性であるとともに実用的でなければならぬ。そこでTable 1に示す5元素(P, Mo, W, Cu, Nb)を2~3添加水準でリムド軟鋼に添加して供試材とした。

鋼塊(20kg)の溶製は、30kg塩基性高周波炉で極軟鋼片を素材とし、合金鉄として合金元素を添加して行なつたが、鋼塊単重の小さいためか断面性状は実際の正常な大型リムド鋼塊とは異なつた。Table 1の化学成分を有する14本の鋼塊は熱間鍛造によつて、25mmφの丸棒とした後、930°C×1hr→空冷の熱処理を行なつた上で、各試験に供した。

2.2 試験方法

供試材の機械的性質の測定はJIS 4号試験片によつて、引張強サ・降伏点・全伸び・絞りを測定したほか、参考のためJISにしたがつて金属組織の測定を行なつた。疲労特性の調査は4kg-mシエンク型疲労試験機によつて両振り形式で試験を行ない、S-N曲線を作成して疲労限を求めた。

3. 実験結果および検討

3.1 機械的性質

Table 1にみるように機械的性質に影響の大きいC, Mnにかなりのばらつきが認められたので、これを鈴木・木原²⁾の炭炭当量の式を用いて補正し、合金元素の影響が明らかとなるようにした。

たとえば、引張強サについては、

$$C_{eq}(\text{引張強サ}) = C + (1/5)Mn + (1/7)Si + (1/7) \times Cu + (1/20)Ni + (1/9)Cr + (1/2)V$$

を合金元素の含有していないRとKに適用し、合金元素添加量との間に直線関係を仮定した。この直線よりの各鋼種の点のかたよりの大きさは、上式に考慮されてい

Table 1. Chemical composition of steels (%).

Steel	C	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Sol. Al	Mo	W	Nb
R	0.06	0.44	0.014	0.016	0.11	0.03	0.02	0.009			
K	0.19	0.60	0.010	0.012	0.11	0.04	0.03	0.011			
P-1	0.08	0.70	0.028	0.015	0.11	0.03	0.03	0.016			
P-2	0.07	0.53	0.142	0.018	0.10	0.03	0.04	0.005			
M-1	0.07	0.61	0.011	0.013	0.10	0.03	0.03	0.004	0.09		
M-2	0.06	0.60	0.012	0.012	0.11	0.04	0.02	0.013	0.20		
M-3	0.10	0.57	0.012	0.015	0.10	0.03	0.03	0.004	0.30		
W-1	0.09	0.63	0.013	0.014	0.10	0.03	0.03	0.006		0.10	
W-2	0.08	0.60	0.014	0.014	0.10	0.03	0.03	0.009		0.23	
W-3	0.11	0.65	0.026	0.012	0.10	0.03	0.06	0.006		0.35	
C-1	0.08	0.63	0.010	0.011	0.36	0.02	0.04	0.006			
C-2	0.08	0.55	0.011	0.013	0.63	0.02	0.02	0.003			
N-1	0.06	0.67	0.008	0.014	0.11	0.04	0.05	0.006			0.03
N-2	0.06	0.57	0.009	0.016	0.10	0.03	0.04	0.006			0.06

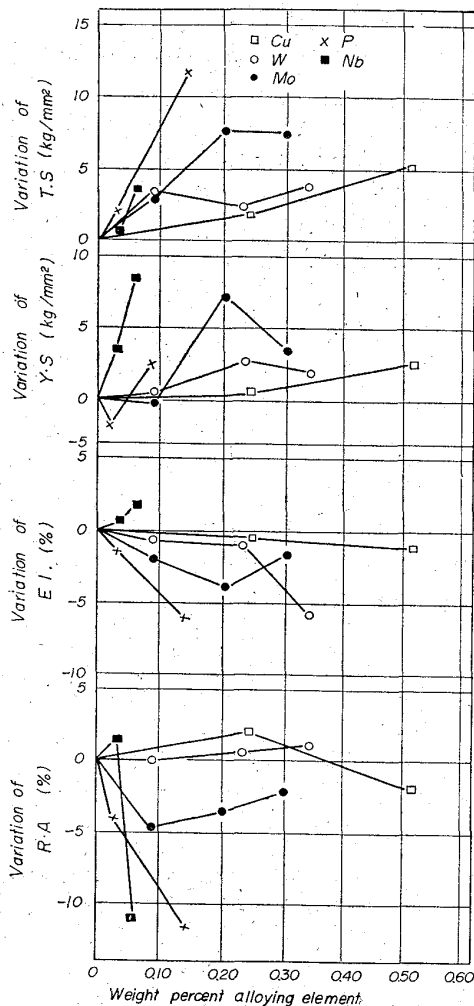


Fig. 1. The variation of mechanical properties versus weight percent of alloying element.

い合金元素の効果により生じたものと評価できよう。ただしこの際 Cu は 0.11% までは炭素当量に考慮したが、これ以上の添加量では Cu が強化に使われたものとして考慮に入れていない。同じ補正方法は引張強サのほか、降伏点・全伸ビについても次の2式によつて行なつた。

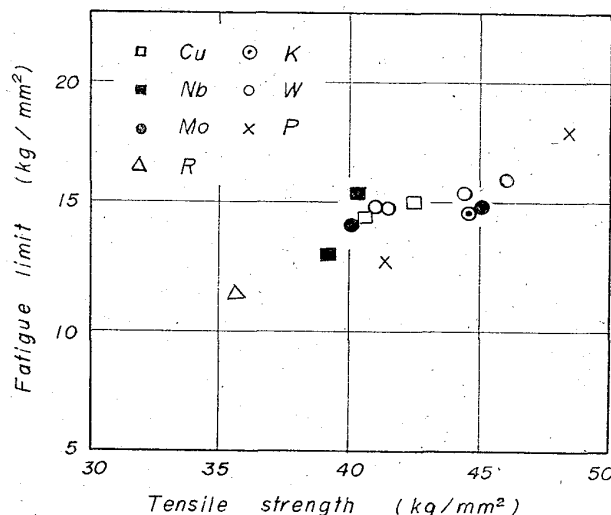


Fig. 2. Relation between tensile strength and fatigue limit.

$$C_{eq.}(\text{降伏点}) = C + (1/5)Mn + (1/8)Si + (1/1.5)P + (1/6)Cu + (1/19)Ni + \text{zero} \times Cr + 1.1V$$

ただし $P \leq 0.015\%$ $Cu \leq 0.11\%$

$$C_{eq.}(\text{全伸ビ}) = C + (1/9)Mn + (1/12)Si + (1/10)Cu + (1/20)Ni + (1/4)Cr + (4/5)V$$

ただし $Cu \leq 0.11\%$

また絞りについては特に適当な炭素当量の式が見あたらないので、若干問題はあるが全伸ビの炭素当量の式を流用して補正を行なつた。

各合金元素添加量による機械的性質の増減量を、引張強サ・降伏点・全伸ビ・絞りについて Fig. 1 にまとめる。引張強サは、 $P > Nb > Mo > W > Cu$ の順に強化効果がある。この傾向は Cu を除けば E. EPREMIAN and E. F. NIPPES がいうようにフェライトへの合金元素の固溶限と逆の関係にあり、Hume-Rothery's rule を考えると Cu の効果も十分説明できる。すなわち、これらの合金元素の強化機構は固溶強化機構が作用したものと考えられるが、Nb については検討を要しよう。

降伏点の傾向は引張強サとくらべると上降伏点をとつたこともあり、きわめてばらつきは大きい傾向的には

文 献

- 1) E. EPREMIAN and E. F. NIPPES: Trans. Soc. Metals, 40 (1948), P. 870
- 2) 溶接学会第2回講習会「高張力鋼の溶接」(1962), p. 1

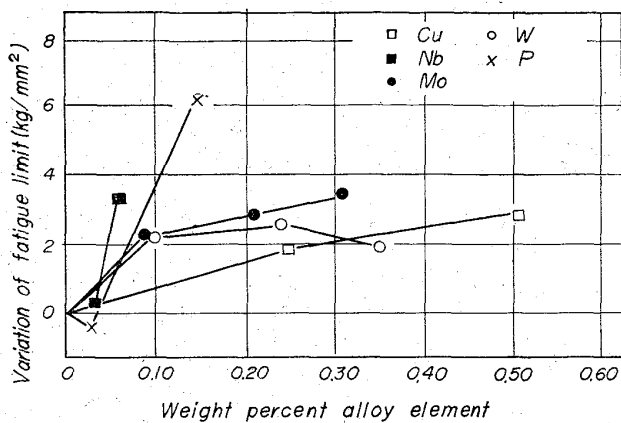


Fig. 3. The variation of fatigue limit versus weight percent of alloying element.

引張強サと、ほぼ同じと考えられる。

全伸びはほぼ強度と逆の関係にあり、絞りについても同じ関係である。

3.2 疲労試験

疲労限と引張強サとの間には経験的に巾は広いが一定の関係が成立するとされており、今回の実験でも Fig. 2 のようにばらつきの小さい関係は得られている。この関係から疲労限におよぼす合金元素の影響を補正して求めるのに、先の鈴木・木原の C_{eq} (引張強サ) の式を利用して実用上ほとんどさしつかえないであろう。この補正を行なった結果を Fig. 3 に示した。すなわち合金元素の添加による疲労限の増加は、 $Nb > P > Mo > W > Cu$ の順であり、引張強サの順序と P, Nb が入れかわっているだけである。疲労特性については単に合金元素の固溶強化のほか、mean ferrite path を通じて析出物の影響をも考える必要がある。Nb はすでに多くの報告でみられるように、炭・窒化物の形成により結晶粒の微細化とともにフェライト結晶粒がひずむことが多いから、あるいはこうした金属組織の変化を通じて Nb の影響はより大きくあらわれたとも考えられる。しかしながら他の元素については、その強化順位が引張強サの場合と同じであり、同じ固溶強化機構を通じて合金元素の効果があらわれたものといえよう。

4. 結 言

以上の結果を要約すると、極軟鋼に P, Mo, W, Cu, Nb といった非脱酸性合金元素を実験的に単独添加して、機械的性質・疲労限への効果を検討した。

(1) 引張強サ・降伏点は合金元素の添加により増加する。その効果は $P > Nb > Mo > W > Cu$ の順であり、各原子の大きさとの間に関係が認められ、Nb のほかは固溶機構により強化が生じたものと考えられる。

(2) 全伸び・絞りについての合金元素の効果は、引張強サ・降伏点と全く逆の関係にある。

(3) 繰返し両振り疲労限についての合金元素の効果は引張強サと同じ傾向にあるが、Nb は析出細粒化傾向の強いいためか最も疲労限を上昇させ、 $Nb > P > Mo > W > Cu$ の順になる。

(4) 繰返し振り疲労限について介在物の影響は特に認められなかつた。

(151) 鋼の疲労強度におよぼすオーステナイト結晶粒度の影響

山陽特殊製鋼

工博 結城 晋・梶川和男・○坪田一一

The Effect of Austenite Grain Size on the Fatigue Strength of Steel.

Dr. Susumu YŪKI, Kazuo KAZIKAWA and Kazuichi TSUBOTA.

1. 緒 言

鋼の疲労強度におよぼすオーステナイト結晶粒度の影響に関しては、従来種々の実験が行なわれている。しかしこれらの研究は主として、オーステナイト結晶粒度自体と疲労強度とを関連づけたもので、結晶粒度の異なる鋼に浸炭を行なつて、これらの関係を調査したものはあまりないようである。そこで結晶粒度の異なる鋼に浸炭を行ない、疲労強度におよぼすオーステナイト結晶粒度の影響を調査した。

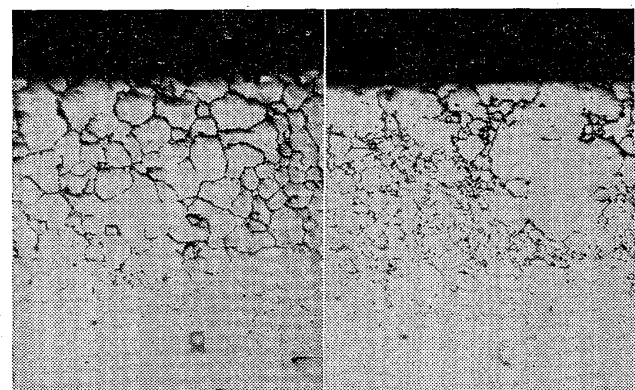
2. 供 試 材

供試材は Table 1 に示す化学成分のもので、ほぼ JIS SCR 22 に該当するものである。これら 4 ヒートを 100 kg 高周波炉にて溶製し、Al 投入量を変化させて結晶粒度を調整し、その後鍛造工場にて 20 ϕ に鍛伸した。Table 1 に示すごとく、鋼番 A は粗粒であり、かつ整粒であり、鋼番 B は混粒である。なお、比較のために、結晶粒度の正常なものを 2 ヒート用いた。

Specimen A, B の JIS 浸炭粒度判定試験における浸炭組織を Photo. 1 に示す。明らかに A は粗粒かつ整粒であり、B は粗粒かつ混在型の粒度分布をしている。

3. 実験方法

オーステナイト結晶粒度の疲労強度におよぼす影響を調査するために、1) 浸炭焼入後、S-N 曲線の作成、2) 浸



(a) heat A, (b) heat B

Photo. 1. Austenite grain size by carburizing method.