

Fe-M-P (M=Ti, Nb, Zr, Mo)三元系における  
りん化物の析出挙動

日本鋼管(株)技術研究所 ○千野 淳 工博 井樋田 睦 岩田英夫  
京浜製鉄所 高橋隆昌

1)

1. 緒言 前報において、鋼中のりん化物の定量法及びTiりん化物の析出挙動に関して検討した結果を報告した。本報ではさらに引き続いて、Fe-P二元系をベースにしてTi, Nb, Zr, Moを添加した場合のりん化物の析出挙動について調査を行ない、溶解度積を求め各種合金元素のPの固定能力の序列を確認した。

2. 実験方法 (1)供試材 供試材はFe-0.05%PをベースとしてこれにTi, Nb, Zr, Moをそれぞれ添加したものであり、その化学組成をTable 1に示した。これらの試料は1200℃で4時間の溶体化処理(Z-A, Z-Bは除く)を行なったのち、500~800℃で1~1000時間時効後、16mmφの丸棒として実験に使用した。(2)実験 試料を10%AA系電解液にて電解し、残渣をニュークリポアフィルター(0.2μm, 47mmφ)に捕集する。これを混酸(硝酸-硫酸-過塩素酸)にて分解し、分解残液を100mlに定容したのち、Pをモリブデンブルー吸光光度法、金属元素をI.C.P.により定量した。また、残渣のX線回析、電子線回析を行ないりん化物の構造を調査した。

3. 実験結果 (1)M-A, M-Bを除く5鋼種においてりん化物が認められた。それらはすべてFe-M-P三元系りん化物であり、その化学量論比はほぼ1:1:1であった。これらりん化物は時効温度や時効時間を変えてもその形態に変化は認められなかった。(2)Zrのりん化物形成傾向は非常に強く、Z-A Z-B試料とも1350℃で2時間の熱処理を行なってもFe ZrPが認められ1200℃以下の温度ではZ-AではPの74%、Z-Bでは添加したP全てがりん化物として固定されていた。したがってZrのりん化物はかなり高温域で析出し、その安定性は非常に大きいと考えられる。(3)Moのりん化物は今回調査した鋼種では認められず、りん化物の形成傾向は従来考えられている<sup>2)</sup>ほどは強くないと考えられる。(4)Ti, Nb添加鋼種では600~800℃の間でりんの固溶度に温度依存性が現われており、各温度での1000時間時効材でPとTi, PとNbの溶解度積を求めた。その結果をFig.1に示してある。NbもTiも同程度にりん固溶度を下げることがこれよりわかる。又、このプロットから計算した溶解度積の式は次のようになる。

$$\log k = \log [\%Ti][\%P] = -1165/T - 1.83$$

$$\log k = \log [\%Nb][\%P] = -2067/T - 0.87$$

以上の結果から、溶解度積を基にして各合金元素のりん化物形成傾向を決定するとZr>Nb~Ti>Moの順となる。

文献1) 千野 高橋 井樋田 鉄と鋼 69, No.4(1983), S300

2) 金子 西沢 玉置 日本金属学会誌 29(1965)P159

Table 1 Chemical composition of steels

element Sample	Chemical composition (wt%)				
	C	P	S	Al	M
T-A	0.006	0.058	0.002	0.006	Ti=0.089
N-A	0.001	0.070	0.001	0.024	Nb=0.118
N-B	0.001	0.062	0.005	tr	Nb=0.149
Z-A	0.001	0.046	0.003	0.040	Zr=0.147
Z-B	0.001	0.047	0.003	0.044	Zr=0.302
M-A	0.001	0.046	0.001	0.013	Mo=0.100
M-B	0.001	0.044	0.001	0.017	Mo=0.220

other element... no addition

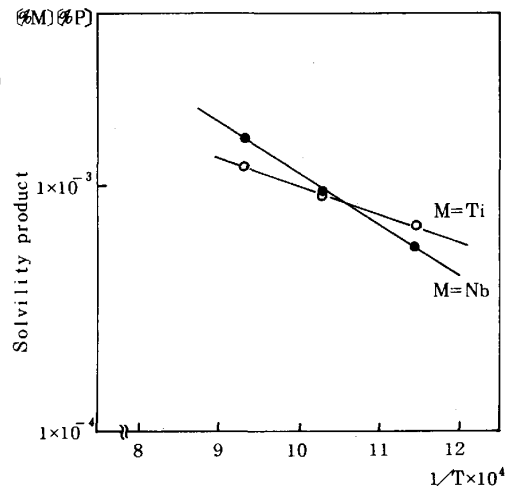


Fig.1 Solubility product of phosphour and Titanium, Niobium in steel