

(563) 二次硬化型13Ni-15Co強力鋼の合金元素と機械的性質の重回帰分析

金属材料技術研究所 ○藤田充苗 栗原豊  
河部義邦

1. 緒言 深海潜水調査船, 航空機, 宇宙船等の構造材料には比強度と靱性の高い性質が要求される。このような性質はTi合金によって得られるが, この合金には溶接ならびに加工が困難である。したがって, 高靱性強力鋼の開発が望まれている。そのために130~140 kgf/mm<sup>2</sup>の強度水準において最も靱性の優れたHY180 (0.12C-2Cr-1Mo-10Ni-8Co)の合金元素量を増加させ160 kgf/mm<sup>2</sup>以上の強度に強化した鋼について, 合金元素の役割ならびに最適時効温度と機械的性質との関係を重回帰分析によって解析し, その結果を図に表示することを試みた。

2. 供試材および試験方法 0.14C-2Cr-1Mo-13Ni-15Coを基本組成とし, これらの合金元素を表1に示すような範囲変化させ, 26鋼種を17kg真空高周波炉で溶製し, 15mm角に鍛圧した棒材を供試材とした。焼入後, 650℃までの種々の温度で10hr時効処理を行った。引張試験片は平行部4.5×4.5×25mmのものを使用し, シャルピー試験片はJIS4号片を用い, いずれも室温で試験を行った。

表1. 合金元素の変動範囲

合金元素	変動範囲(%)
C	0.06~0.26
Cr	1.4~4.0
Mo	1.0~1.8
Ni	7.1~15.2
Co	4.2~20

3. 解析結果とその応用 ここで試験した二次硬化型13Ni-15Co鋼はいずれも400℃と550℃近傍の二つの時効温度域で脆化するが, その中間の温度域で強度と靱性のバランスが良好になる温度域が存在する。このバランスが良好な温度範囲で, しかもシャルピー衝撃値が3kg-m以上にある鋼の合金元素ならびに時効温度と機械的性質の関係を重回帰分析により検討した。変数減少法による分析結果を表2に示す。ほとんどの特性に対する重相関係数が0.8以上であることから, それぞれの特性は偏回帰係数の示されている合金元素と時効温度に依存することがわかる。0.2%耐力および引張り強さの偏回帰係数がNiと時効温度では負である。これは, Ni量の増加あるいは時効温度の上昇によって強度が低下することを表わしている。また全特性に対して強く影響を及ぼすのはCoと時効温度の因子である。この二つの因子のみを変化させると, 図1に示すような特性値の変化が重回帰分析の結果から計算できる。この計算にはCo以外の合金元素量は平均値を使用した。この図の妥当性を検討するため, 同系の既存鋼のCo量と時効温度で記入した。3鋼種の実験値は計算図表から読み取った特性

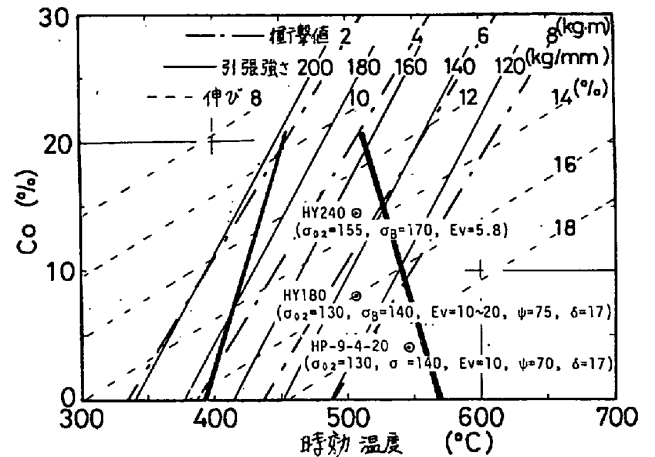


図1. 計算図表  
太線は強度と靱性のバランスの良好な範囲

表2. 重回帰分析結果

特性値 要因	耐力		引張強さ		伸び		絞り		破断応力		硬さ		衝撃値	
	偏回帰係数	t検定	偏回帰係数	t検定	偏回帰係数	t検定	偏回帰係数	t検定	偏回帰係数	t検定	偏回帰係数	t検定	偏回帰係数	t検定
C	273.29	4.47**	279.79	4.31**			-22.57	-1.73	454.77	3.85**	731.61	4.69		
Si	317.31	3.09**	307.64	2.82**	-50.81	-2.17*	-37.76	-1.56	392.36	2.17				
Cr							-1.55	-2.67*						
Mo	12.24	2.70*	10.80	2.24*					-6.17	-4.18**	-10.38	5.39**		
Ni	-1.12	-1.47	-3.02	-3.71**										
Co	3.69	7.93**	2.90	5.87**	-0.37	-5.74**	-0.33	-3.32**	1.85	2.21*	4.07	3.68**	-0.19	-3.39**
時効温度	-0.28	-6.63**	-0.55	-12.67**	0.02	2.28*	0.07	8.56**	-0.72	-8.61**	-1.83	-16.38**	0.03	3.78**
定数	126.32		306.08		17.33		53.48		515.34		1324.17		-9.39	
重相関係数	0.93		0.95		0.86		0.90		0.82		0.96		0.76	

\*\* 1%有意 \* 5%有意

値にほぼ一致し, ここの重回帰分析が妥当であることを示している。