

## (309)

## 固溶強化型合金の合金設計

Ni基超耐熱合金の合金設計に関する研究(第3報)

日立金属

安米工場

○渡辺力蔵

千葉芳孝

九重常男

1. 緒言：原子力製鉄用熱交換器の材料には1000℃-10<sup>5</sup>時間のクリーブ破断強度が1Kg/mm<sup>2</sup>以上でかつ管に加工可能であることが要求される。既存の材料にはこの要求を満足するものはないので、管加工が可能な固溶強化型合金で強度要求を満たすものを開発する目的で合金設計を行なった。

## 2. 理論的分析

2.1 性質要因に作用する組織要因の分析：クリーブ破断強度に作用する組織要因としては積層欠陥エネルギー、弾性率、拡散係数(粒内、粒界)および結晶粒度があるが、これらのうちオーステナイト組成に関するものは格子定数 $a$ と平均電子空隙数 $N_v$ の2個のパラメーターで代表させた。

2.2 組織要因に作用する製造要因の分析：Ni-Co-Cr-Mo-Wの5元系において $a$ の計算式はNi-X( $X=Co, Cr, Mo, W$ )2元系におけるX元素の格子定数増加率を $b_x$ とし、合金中のX元素の原子比を $c_x$ としたとき $a = a_{Ni} + \sum b_x c_x$ とした。ここに $a_{Ni}$ は純Niの格子定数である。また $N_v$ の計算式は一般に使われている $N_v = 0.66 C_{Ni} + 1.71 C_{Co} + 4.66 (C_{Cr} + C_{Mo} + C_W)$ とした。

2.3 組織要因の評価と境界条件の決定：パラメーターの上限には境界条件として $N_v$ に対しBarrowsの限界電子空隙数を設定した。パラメーターの下限は組織要因の評価から $a$ に対し3.580Åという下限値を設定した。

2.4 組成演算：Ni-Co-Cr-Mo-W5元系の有意味な組成約17,000個の中からパラメーターが上述の上下限内に入る組成をコンピューターによつて674個抽出した。さらに無効組成を除去して最終的に171個の有効組成を抽出した。

## 3. 実験的検討

3.1 オーステナイト組成の検討：理論的に抽出した171個の組成の中から表1の7個の組成を選んで実験した。表2に示すように1000℃のクリーブ破断強度はMo系よりもW系の方が高く、CrとWのバランスは16Cr-20Wが、CoとWのバランスは30Co-20Wがもつともよい。

表1 実験合金の標準組成(%)とパラメーター

記号	Co	Cr	Mo	W	Ni	$N_v$	$a(\text{Å})$
SSS427	30	20	10	0	Bal.	2.15	3.588
SSS424	30	20	5	8	"	2.18	3.588
SSS421	30	20	0	16	"	2.22	3.588
SSS410	30	16	0	20	"	2.13	3.590
SSS394	30	12	0	24	"	2.03	3.592
SSS206	10	16	0	24	"	1.99	3.592
SSS564	50	16	0	16	"	2.26	3.587

表2 1000℃クリーブ破断時間(h)

記号	6 Kg/mm <sup>2</sup>	5 Kg/mm <sup>2</sup>	4 Kg/mm <sup>2</sup>
SSS427	5.9	14.8	31.8
SSS424	7.4	19.2	76.0
SSS421	12.1	43.8	116.1
SSS410	34.6	83.0	241.7
SSS394	24.3	72.0	165.4
SSS206	-	-	-
SSS564	15.7	43.8	105.3

3.2 粒界組成の検討：SSS410と421につき粒界組成の影響を調べるためB, ZrおよびY添加について実験を行なった。Bは1000℃のクリーブ破断性質における短時間側の強度および伸びを高めるが長時間側では効果は小さく、Zrはとくに長時間側の強度および伸びの増大効果が大きい。Yは1000℃におけるクリーブ破断強度および伸びの向上に効果がない。

4. 結言：本研究によつて目標の性質を満足する可能性の高い合金を開発することができた。