

(171) N-155 合金の高温特性におよぼす Mn の影響について

(高 Mn 耐熱鋼の研究—I)

金属材料技術研究所

工博 依田連平・○吉田平太郎・佐藤有一

Effect of Manganese on High-Temperature Properties of N-155 Alloy.

(Study of heat-resisting high manganese steel—I)

Dr. Renpei Yoda; Heitaro Yoshida
and Yuuichi Sato.

I. 緒 言

Ni 資源に不足し Mn 資源に富むわが国の現状からみて、Ni の一部を Mn で置換えた耐熱鋼の実現はその経済性の面からもきわめて望ましい。そこで本研究では N-155 合金を取上げ、この合金中の 20% Ni を 10% まで Mn で置換えた結果について述べよう。

II. 試験と実験方法

ベルギー製コバルト以外は国産の純金属を使用し、C の添加は電解鉄と電極炭素からあらかじめ溶製した Fe-C 合金(4.89%C, 0.294% Si)を収率を 70% として、N の添加は市販の Fe-Cr-N 合金(61.2% Cr, 1.58% N)を収率 60% として行ない、高周波溶解して金型に鑄込んだ。各試料の分析結果は Table 1 に示すごとくで、20% Ni を 2% から 10% まで Mn で置換えたものと、10% Mn に置換えた試料の C 濃度と N 濃度を変え

たもの計 10 種である。溶解には生石灰と螢石を等量混合した溶剤 2.5% を用い、Mn を加えない No.0 の試料は 0.1% Mn で脱酸したが、そのほかの試料は多量の Mn を添加するので脱酸剤は用いなかた。Table 1 から知られるように LCN-155 合金の組成にもつとも近いものは No.1 である。鋼塊は 1200°C ~ 1000°C 間で鍛造し 1200°C × 1 h 水冷の溶体化処理をした試料について 700°C, 800°C で 500 h まで、900°C で 200 h までの時効硬化性試験を、また 800°C × 4 h 空冷の時効処理をした試料について 700°C 800°C, 900°C におけるクリープ破断試験を行なった。さらに、鋼塊から 10mm φ × 10mm の試片を作成し、高温での鍛造性と大気中 1000°C × 100 h の耐酸化性についても検討した。

III. 実験結果

1. 溶体化試料の硬度と組織

Ni を Mn で置換えて行くと硬度はわずかながらしだいに増加する。たとえば Mn を含まぬ No. 0 では Hv 240 であるが、10% Mn を含む No. 5 は 263 となる。しかし硬度の増加は C や N の添加でいちじるしい。Fig. 1 は 10% Mn の No. 5 に C あるいは N を添加した場合の

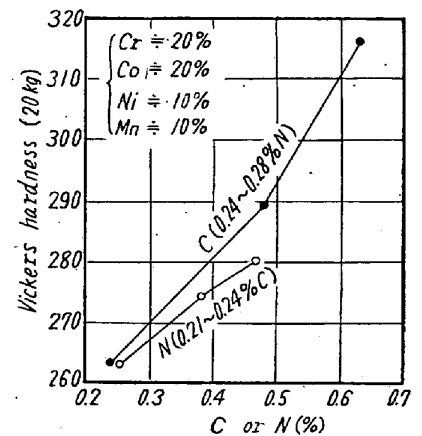


Fig. 1. Effect of carbon and nitrogen on hardness of solution-treated alloys.

Table 1. Chemical composition (%) of alloys.

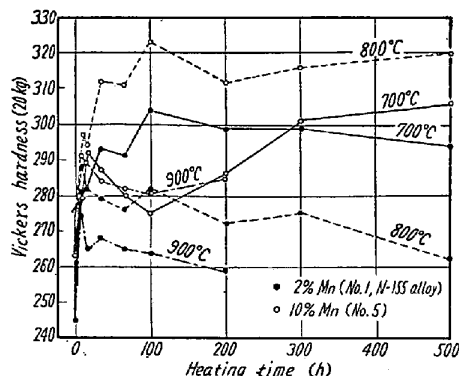
Alloys	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	W	Cb	C	N			O (ppm)	Others	Fe
									Soluble	Insoluble	Total			
No. 0	—	19.39	19.60	19.84	3.03	2.75	1.05	0.14	0.1268	0.0710	0.1978	42.2	{0.010~ 0.013% P 0.07~ 0.14% Si	Bal.
No. 1	2.21	19.79	18.45	19.76	3.04	3.01	1.08	0.16	0.1477	0.0722	0.2199	16.0		
No. 2	3.97	19.96	15.55	19.90	3.03	2.97	0.98	0.16	0.1539	0.0696	0.2235	10.6		
No. 3	5.85	20.30	13.80	19.96	2.96	3.12	1.07	0.22	0.2114	0.0820	0.2934	12.1		
No. 4	7.88	20.24	12.09	20.20	3.25	2.76	1.13	0.25	0.1768	0.0695	0.2463	11.7		
No. 5	10.42	19.79	9.82	19.77	3.37	2.46	1.02	0.24	0.1951	0.0568	0.2519	5.1		
No. 11	9.91	19.96	9.52	20.13	3.01	2.79	0.97	0.21	0.2767	0.1004	0.3771	4.6		
No. 12	10.00	20.16	9.82	20.38	2.97	3.11	1.03	0.21	0.3409	0.1245	0.4654	8.9		
No. 13	10.07	20.01	9.58	20.24	2.95	2.89	0.96	0.48	0.2061	0.0722	0.2783	7.6		
No. 14	10.00	19.57	9.37	20.11	2.85	2.85	1.05	0.63	0.1847	0.0576	0.2423	5.6		

Note : Composition (%) of N-155 alloy = C < 0.2, Mn 1.0 ~ 2.0, Si < 0.6, S < 0.04, Cr 20.0 ~ 22.0, Ni 18.0 ~ 22.0, Co 18.0 ~ 22.0, Mo 2.50 ~ 3.25, W 2.0 ~ 3.0, Cb 0.75 ~ 1.25, N 0.08 ~ 0.16

硬度変化で、同じ含有量ではCの方が硬度を高める作用が大きい。

2. 時効硬化性

N-155 合金として 2% Mn を含む No.1 と 10%Mn の No. 5 ついて、各温度での時効による硬度変化を Fig. 2 に示す。この結果から時効硬化性は明らかに高 Mn 試料の方がすぐれていることが知られる。Fig. 2. Hardness versus heating time at various temperatures of N-155 alloy and 10% Mn alloy.



500 h でも硬化して行くが、N-155 では 700°C がピークで 800°C 以上では短時間で過時効してしまう。しかしこの結果からクリープ破断強度の優劣を断定することはこの種の合金では後述するごとくきわめて危険である。時効硬化性におよぼすCとNの影響をみると、Cではいずれの温度でも数時間以内に最高硬度に達し以後軟化して行くのに対し、Nでは 800°C までならば 500 h まで徐々に硬化して行き両者の間に大きな相違がみられる。

3. クリープ破断試験

N-155 合金の 100 h 破断強度は 700°C で 26~27 kg/mm², 800°C で 13~14 kg/mm², 900°C で 6~7 kg/mm² である。そこで本研究では径 6 mm, 標点距離 30 mm の試験片を用い、700°C で 26 kg/mm², 800°C で 14 kg/mm², 900°C で 8 kg/mm² の応力下の破断時間を求めた。その結果は Fig. 3 に示すごとくで、Ni を Mn で置換えて行くと破断時間も破断伸びも増加し、4% Mn 付近でピークを示しそれ以上 Mn が多くなると低下する。しかし破断伸びは 10% Mn ではまた大きくなり、900°C の場合は Mn 含量とともに比例的に増加している。このように Ni を

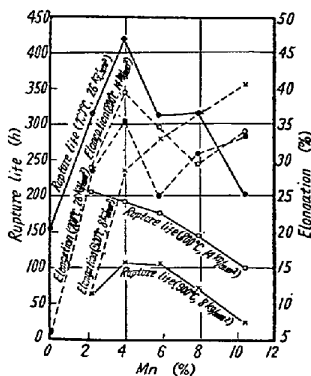


Fig. 3. Effect of manganese on rupture life and elongation of the alloys at various temperatures.

Mn で置換えることは 4% 付近までならば高温長時間の強度と伸びを向上するからきわめて有効である。10% Mn を含む No.5 が 2% Mn の No.1 よりも時効硬化性では遙かに優れていたが、クリープ破断試験の結果ではまったく逆で、高 Mn の方が破断時間が短い。一般的に Mn 含量が増すとクリープ速度が高まりこの傾向は高温でいじりやすい。したがって 900°C では Mn 含量に比例していじりやすい破断伸びがみられる。この性質は Mn 含量の高いインゴットほど非常に鍛造しやすくなる特性と関連があるらしい。10% Mn を含む試料の破断時間の向上はNやCを高めることによつて期待できる。すなわち、N を 0.47% まで (No.12), あるいはCを 0.48% まで (No.13) 高めると、その破断時間は 900°C の場合、2% Mn の No.1 あるいは 4% Mn の No.2 の時間まで向上する。

4. 鍛造性試験

Fig. 4 に鍛造性試験の結果を示す。Mn が増すほど明らかに鍛造しやすくなる。実際のインゴットの鍛造においても Mn を含まぬ No.0 は割れが発生しやすくなり、しかし健全な試料がとれなかつた。この種耐熱性のすぐれた高合金鋼の共通の欠点は鍛造が困難な点にあり、優秀な耐熱合金が実験室的に得られながら、これを実用化する場合の最大の neck となつている。また合金元素をさらに高めれば一層耐熱性が向上することが期待されながら、鍛造できないために実現できない材料が多々ある。ところで Mn を 10% も含んだこの種材料はきわ

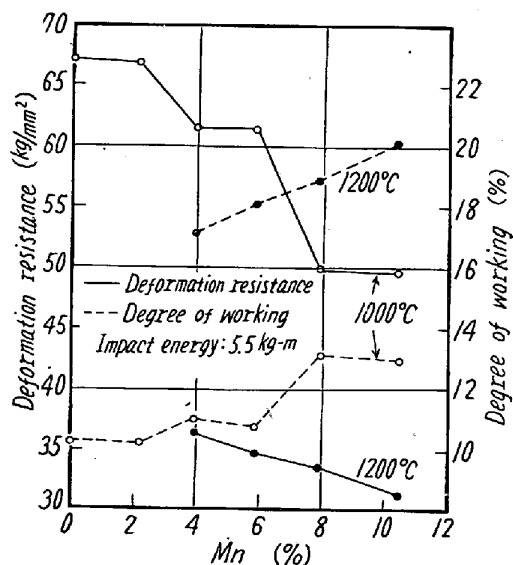


Fig. 4. Effect of manganese on deformation resistance and degree of working in the forgeability test.

Test conditions (impact energy; 5.5 kg-m, temp.; 1000°, 1200°C)

めて鍛造しやすい。したがってこれにCを0.63% まであるいはNを0.47% まで高めても、少しも割れの発生なく鍛造することができて耐熱性の向上した材料が得られる。

(172) 38%Ni 耐熱合金の諸性質におよぼす Al, Al+Ti および W+V+Nb の影響

日立金属工業安来工場

工博 小柴定雄・〇九重常男・木村 伸

Effect of Al, Al+Ti and W+V+Nb on Properties of 38% Ni Heat-Resisting Alloy.

Dr. Sadao Koshiba, Tsuneo Kunou and Shin Kimura.

I. 緒 言

さきに 38% Ni 耐熱合金の諸性質におよぼす Mo, W, V および Nb の影響について報告したが、これらの元素はいずれも炭化物生成元素である。これに異なり Al および Ti は Ni との金属間化合物を形成する元素であり、前記諸元素とは形態を異にする。また W, V および Nb は単独に添加するより複合的に添加した場合が一層効果が期待できる。

今回は Al, Al+Ti および W+V+Nb が溶体化処理硬度、時効硬度、常温ならびに高温機械的性質、破断強度、耐酸化性および顕微鏡組織におよぼす影響について実験を行なった。なお同時に各元素添加により生じた析出物の電解抽出を行ない、その量および形態を確かめ、これら析出物と硬度および高温強度との関係を明らかにした。

II. 実験方法

前報と同様基準成分を Ni 38, Cr 18, Co 20, Mn 3, Ti 2.8, Al 0.2% とし Al は単独に 0.70~2.32% の範囲に 4 種類, Al+Ti はその合計を 3% とし Ti+Al を約 (2.5~1.0%)+(0.5~2.0) の範囲に 4 種類, W+V+Nb は 1+1+1%, 2+1+1%, 1+2+1% および 1+1+2% の 4 種類にかえ高周波電気炉にて溶製し、15mm 角に鍛伸して試料とした。溶体化処理、時効硬度は 15×15×15mm の試料で、溶体化処理硬度は 1100~1200°C の温度より水冷して硬度を測定し、時効硬度は 1100, 1150°C および 1200°C 水冷の試料を 500~900°C に各 1 h 時効して硬度を測定した。時効時間による硬度は 1150°C より水冷後 750~850°C の時効温度に 100 h まで累計的に時効し硬度を測定した。常温機械的性質は試料を 1150°C より水冷後 600~900°C に各 1 h 時効して機械的性質を測定した。高温機械的性質は試験片を 1150°C より水冷後 750°C に 20 時間時効して 600~900°C の試験温度における機械的性質を測定した。破断試験は前述と同様の熱処理を行ない 732°C の試験温度で 35.7 kg/mm² の応力をあたえ破断にいたる時間を測定した。耐酸化試験は 700~900°C の温度に 50 h 空气中加熱を行ない酸化増量を秤量した。

析出物の電解分離は電流密度 20mA/cm², 電解液 3% HCl+5% クエン酸, 電解時間 40~50 h の条件で行ない、析出物の化学分析, X線回折, 電子顕微鏡などによる観察を行なった。

III. 実験結果

(1) 試料の化学成分

Table 1 に試料の化学成分を示す。A 0.8~2.5 で、Al, TA 1~4 で Al+Ti, S1~4 で W+V+Nb の影響を調べた。

(2) 溶体化処理硬度

溶体化処理硬度は Al および Ti の増加にしたがい増大し、W+V+Nb の場合は Nb の増加により硬度を増

Table 1. Chemical composition of specimens.

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Co	Nb	Al	Ti
A0.8	0.05	1.17	1.13	0.008	0.016	37.24	17.72	—	3.06	—	20.00	—	0.70	2.68
A1.5	0.05	1.11	1.11	0.008	0.011	37.34	17.85	—	3.07	—	20.50	—	1.37	2.50
A2.0	0.05	1.04	1.18	0.009	0.019	37.44	17.54	—	2.96	—	21.75	—	1.96	2.60
A2.5	0.05	1.02	1.21	0.007	0.021	37.20	17.60	—	3.01	—	21.38	—	2.32	2.60
TA1	0.04	1.04	1.24	0.007	0.011	37.40	17.84	—	3.01	—	21.57	—	2.37	0.46
TA2	0.03	0.97	1.22	0.007	0.016	37.80	17.54	—	3.06	—	21.38	—	1.88	0.90
TA3	0.03	0.95	1.20	0.009	0.016	37.44	17.63	—	3.06	—	21.38	—	1.28	1.24
TA4	0.05	1.03	1.17	0.006	0.009	37.32	17.44	—	3.15	—	21.75	—	0.89	1.80
S1	0.04	1.07	1.23	0.007	0.013	37.32	17.74	1.19	3.15	0.77	21.75	1.06	0.20	2.60
S2	0.05	0.92	1.22	0.006	0.017	37.56	18.17	2.51	3.20	0.80	21.75	1.04	0.21	2.55
S3	0.05	1.07	1.26	0.006	0.021	37.29	17.87	1.18	3.20	1.53	21.75	1.07	0.22	2.60
S4	0.05	1.00	1.23	0.008	0.008	37.31	17.91	1.14	3.14	0.80	21.75	2.10	0.19	2.62