

a, b: No. 46, NV-B, 700°C, 5343hr
 c, d: No. K9, CuNV, 650°C, 2061hr

Photo. 2. Microstructures of welded joints after creep rupture tested. $\times 400$ (5/7)

弱い NV-A 棒による継手以外はいずれも母材と同等以上の強度を示した。ボイラ過熱管のような小径管で拘束力の小さいものは、溶接のままで使用してさしつかえない。

5. 結 言

HN13 (17Cr-10Ni-1.5Mo-0.3Nb-0.3V) および HN913 (17Cr-10Ni-1.5Mo-2Cu-0.3Nb-0.3V) 用の被覆溶接棒を試作し、フスコ割れ試験、継手の曲げ試験、引張試験およびクリーブ破断試験を行なった。主な結果は次のとおりである。

- 1) フスコ割れ率は HN13 共金棒が 12~13%, HN913 共金棒が 20%, CoNV 棒 (16Cr-11Ni-7Co-0.8Nb-0.3V) は 17% で実用できる値である。
- 2) HN13 共金棒および HN913 共金棒による継手の曲げ試験ではいずれも欠陥なく、良好な結果を示した。
- 3) これら 3 種の溶接棒による継手の引張試験では、溶着鋼破断が多いが引張強さは母材と同じである。
- 4) 3 種の溶接棒による継手の 600~700°C クリーブ破断強度は母材と同じ値を示し、最長 3000~12000hr の試験において強度の低下は認められない。

文 献

- 1) 佐々木, 幡谷: 鉄と鋼, 52 (1966) 10, p. 1566
- 2) 神戸製鋼所: 溶接棒各論, (1964-4), p. 353
- 3) J, D, MURRAY et al.: Joint Conf. on "High-temp. prop. of steels", Brit. Ir. and St. Res. Assoc. and Ir. and St. Inst. (1964-4), Paper No. 22
- 4) 小野, 根本, 佐々木: 材料試験, 10 (1961) 90, p. 198
- 5) R. SASAKI and H. HATAYA: Proc. 8th Japan cong. test. materials, (1965), p. 46

17Cr-10Ni-1.5Mo-Cu-Nb-V 系鋼 過熱管の試作およびその諸性質*

(オーステナイト耐熱鋼の研究—VII)

日立製作所, 日立研究所

佐々木良一・幡谷 文男

日本鋼管, 技術研究所 耳野 亨
 Manufacture of Superheater Tubes and
 Its Properties of 17Cr-10Ni-1.5Mo-Cu
 -Nb-V Steel

(Study on austenitic heat resisting steels—VII)

Ryōichi SASAKI, Humiyo HATAYA
 and Tooru HISANO

1. 緒 言

第 IV 報¹⁾で HN13 (17Cr-10Ni-1.5Mo-0.3Nb-0.3V) および HN913 (17Cr-10Ni-1.5Mo-2Cu-0.3Nb-0.3V) の高温加工性およびクリーブ破断強度について報告した。これらは 25 kg の実験室規模のものであつたが、本報では工場生産に移した場合の製管性、得られた鋼管の強度、曲げ加工性および溶接性など実用上の諸性質について調べた。

2. 試 料

高周波炉を用い各 900 kg 溶解した。Table 1 に化学組成を示す。磁石の吸引力を利用したフェライトインジケータでインゴットのフェライト量を測定したが、ともに 1.5% 以下であつた。鍛造により 122φ のピレットを造り、マンネスマン熱間圧延用に供した。

50.8φ×7 t 試作過熱管の溶接は 37°V 開先で、初層は 2.3φ ワイヤを用いて TIG 溶接し、2 層以上は第 VI 報の 3.2φ NV-B および CuNV 共金被覆棒を用いた。Table 1 に TIG ワイヤの組成を示す。

3. 実験結果

3.1 過熱管の試作

Table 2 は主な製造工程を示す。これは普通のステンレス鋼管の製造工程と同じであり、今回の試作に当たり特別な装置は使っていない。マンネスマン熱間穿孔孔圧延およびそのほかの諸工程において HN13, HN913 とともに SUS32TB と同じ加工性を有しており、Cu を 2% 含んでいても特に問題となるようなことはなかつた。仕上り寸法はステンレス過熱管と同じ 50.8φ×7 t で、最終熱処理は 1120°C 水冷である。超音波探傷試験, 350 kg/cm² 水圧試験, 寸法検査, 扁平試験および押拡試験などいずれも規定の諸試験に合格した。

3.2 試作鋼管の高温強度

鋼管から平行部 6φ×30 l の試片を加工し、室温~700°C で引張試験を行なった。標点距離は JIS にしたが、室温では $4\sqrt{A}$, 高温では 5D である。Fig. 1 に試験結果を示す。室温における引張強さは HN13 が 62~64 kg/mm², HN913 が 58~62 kg/mm², 伸びはともに 66~72%, 絞りは 75~77% で、これらは SUS32TB と同じ値である。高温における強さおよび靱性も SUS32TB²⁾ と同じである。

鋼管から平行部 6φ×30 l の試片を加工し、625°C,

* 第 73 回講演大会にて発表 講演番号 183 昭和 42 年 5 月 17 日受付

Table 1. Chemical composition of material.

Material		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V
Tube	HN13	0.12	0.48	1.62	0.014	0.013	0.07	10.40	17.18	1.40	0.30	0.26
	HN913	0.12	0.43	1.92	0.009	0.015	1.93	10.23	16.81	1.33	0.25	0.25
TIG wire	T-NV-B	0.12	0.41	3.35				9.63	17.50	1.46	0.30	0.27
	T-CuNV	0.18	0.41	4.18			2.20	10.68	17.65	1.47	0.96	0.39

Table 2. Manufacturing process of superheater tubes.

900 kg melting in H. F. F. → forging → 122φ billet → Mannesmann hot rolling → heat treatment → grinding → cold pilger rolling → heat treatment ⇄ cold drawing → 1120°C water cooling → inspections → 50.8φ × 7 t(mm) tubes

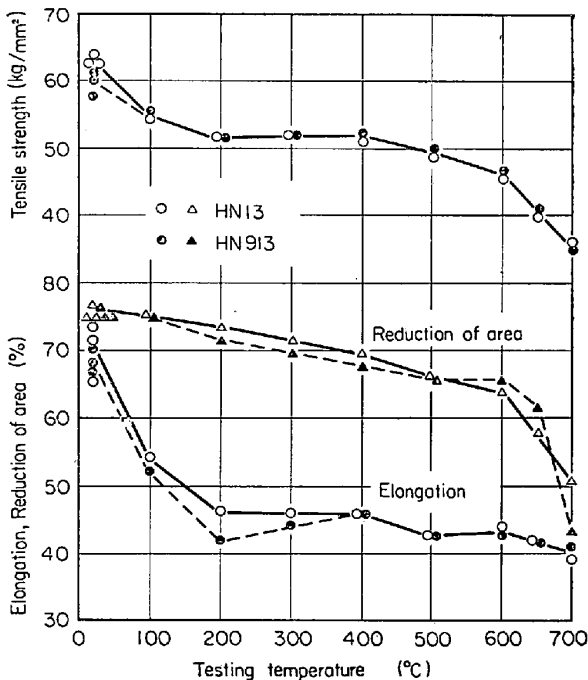


Fig. 1. Tension test result of superheater tubes.

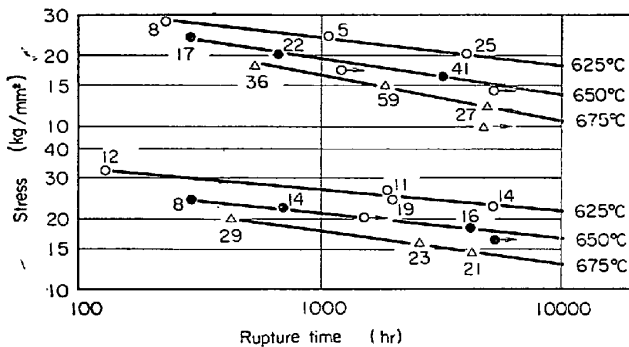


Fig. 2. Creep rupture curves of superheater tubes.

650°C および 675°C でクリープ破断試験を行なった。Fig. 2 にそれらの結果を示す。約 5000hr までの試験から各温度における 10000hr 強度を求めると HN13 は 17.8, 13.4 および 10.5 kg/mm², HN913 は 21.6,



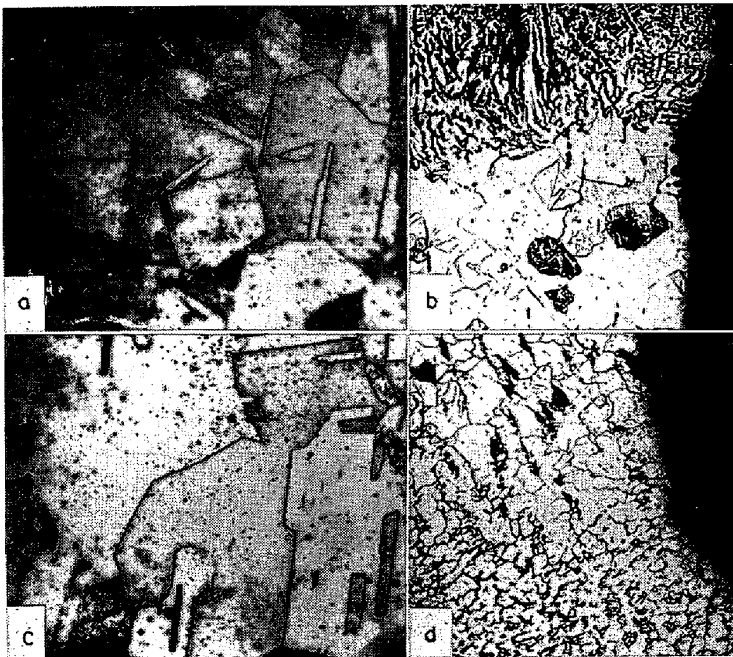
Photo. 1. Hot bended superheater tubes.

16.4 および 12.8 kg/mm² で、これらは第Ⅳ報の実験室材料の強度範囲の中に入っている。650°C の強度を SUS32TB と比べれば HN13 は 1.3²倍, HN913 は 1.6 倍に相当する。クリープ破断伸びを Fig. 2²に記入してあるが、650°C では HN13 が 17~41% と十分あり、HN913 は 8~16% である。HN913 の伸びは SUS32TB に比べると小さいが、SUS29TB や SUS43TB²⁾よりは大きく、実用上問題となるような低い値ではない。

3.3 曲げ加工性および溶接性

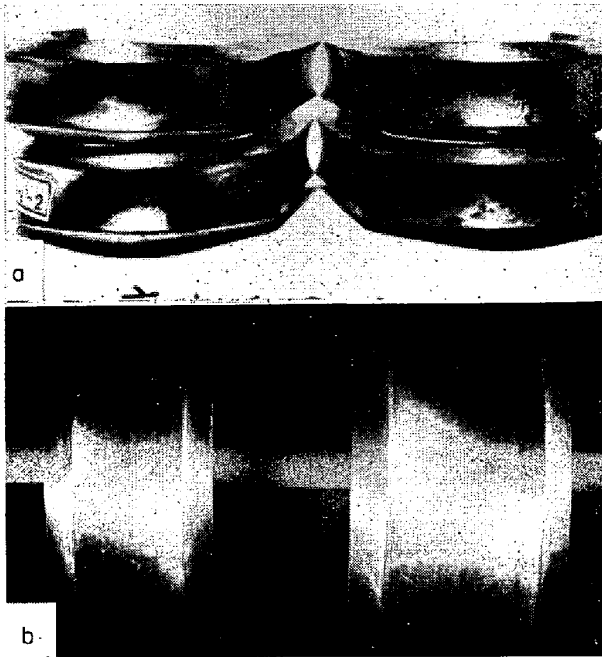
ボイラ過熱管として使用する場合、加工性および溶接性がすぐれていなければならない。試作鋼管について熱間曲げ加工を行なった。Photo. 1 は HN913 の曲げ加工試片を示すが、HN13 も全く同様である。これは過熱管パネルの一番内側の曲げに相当するもので、最もきびしい曲げ加工を受けたものである。曲げ加工中特に問題となるようなことは起こらなかった。曲げ部は円滑であり、酸化も表面のうすい層のみである。曲げ部を切断し楕円率、肉厚減少率を調べたが、いずれも SUS32TB の場合と同程度であり、満足しうる結果を得た。また各部断面を顕微鏡で調べたが、正常な組織を示し、ミクロクラックその他の欠陥は認められなかった。

初層 TIG 溶接、2層以上被覆アーク溶接を行なった。溶接性は良好で、全姿勢溶接が可能である。Photo. 2 は母材および初層溶接境界の顕微鏡組織を示す。母材は炭化物の固溶した均一なオーステナイト組織を呈し、結晶粒度番号は HN13 が 6.6, HN913 が 6.2 である。初層 TIG 溶接境界部の鋼管内面は平滑で、亀裂その他の欠陥は認められない。



a : HN 13 base metal, b : welded zone of HN 13
c : HN913 base metal, d : welded zone of HN913
a, c $\times 400$ (5/7) b, d $\times 100$ (5/7)

Photo. 2. Microstructures of superheater tubes and T.I.G. welded zone of inner layer.



a : HN13 b : HN913

Photo. 3. Root bend tested specimens of welded joints.

これらの溶接継手について曲げ半径 16 で裏曲げ試験を行なった。Table 3 に示すように、両継手とも 180° まで曲げて欠陥は認められない。継手の引張試験において破断は大部分が溶着鋼で、一部は母材で生ずるが、引張強さは HN13 が $64\sim 68 \text{ kg/mm}^2$ 、HN913 が 59 kg/mm^2 で、これは Fig. 1 の母材の引張強さと同じである。さらに両鋼種の継手について $625\sim 675^\circ\text{C}$ でクリープ破断試験中であり、1000hr までの試験では熱影響部

あるいは溶着鋼で破断するが、その強度はそれぞれの母材の強度と同じである。第 VI 報の板材および旋削鋼管の継手は、最大 $3000\sim 12,000\text{hr}$ のクリープ破断試験において、母材と同じ強度を示すことから、試作鋼管溶接継手の長時間試験においても母材鋼管と同じ強度を示すものと思われる。

4. 考 察

HN 鋼は合金元素量を少なくし、低価格で加工性や溶接性がすぐれ、かつクリープ破断強度の高いことを目標とした。このクラスの耐熱鋼に比べ Ni を低くしたが、インゴットにフェライトは生ぜず、マンネスマン熱間穿孔圧延において特に問題となるような点はなかつた。HN913 は $2\sim 3\%$ Cu を含むので、熱間加工性の低下が懸念されたが、第 IV 報の高温振り試験および高温引張試験の結果から Cu を 2% に下げたので HN13 と同じに加工できた。第 IV 報の講演時に、 3% Cu を含む HN913 は高温引張試験における伸び、絞りが $700\sim 1100^\circ\text{C}$ において $20\sim 30\%$ に低下するが、HN13 および 2% Cu の HN913 は 40% 以上の値を示すことを報告した。今回試作した HN913 は 2% Cu であり、Fig. 1 に示すように HN13 と同じ高温靱性を示す。Cu 2.5% まではマンネスマンで容易に製管できるものと思われる。

Nb, V などの特殊元素量が多い場合、実験室炉を用い、高温で 1 hr 程度溶体化処理すれば十分な強度が得られるが、工場の生産炉で加熱時間が短かいと所定の強度が得られない場合がある。HN13 および HN913 は Nb, V 量が 0.3% と少なく、C も 0.12% なので、 1120°C 短時間の加熱で炭化物は十分固溶し、 $1100^\circ\text{C} \times 30 \text{ min}$ 加熱の実験室材料と同じクリープ破断強度が得られた。溶体化処理温度はこのクラスの鋼種では低い方なので、結晶粒は粗大化せず靱性も十分である。

5. 結 言

HN13 ($17\text{Cr}-10\text{Ni}-1.5\text{Mo}-0.3\text{Nb}-0.3\text{V}$) および HN913 ($17\text{Cr}-10\text{Ni}-1.5\text{Mo}-2\text{Cu}-0.3\text{Nb}-0.3\text{V}$) の両鋼種を 900 kg 溶解し、鍛造後、マンネスマン熱間穿孔圧延、コールドビルガーおよび冷間引抜きにより $50.8\phi \times 7 \text{ t}$ のボイラ過熱管を試作した。これらの試作鋼管について高温強度、熱間曲げ加工性および溶接性を調べた。得られた結果を要約すると次のとおりである。

- 1) 両鋼種とも熱間および冷間の製管性は SUS32TB と同じであり、すぐれている。
- 2) 試作鋼管は超音波探傷試験、寸法検査、扁平および押広げ試験など所定の検査に合格した。
- 3) 両鋼管の引張試験における引張強さおよび伸び、絞りは SUS32TB と同じである。
- 4) 両鋼管のクリープ破断強度はそれぞれの実験室材料と同じ値を示し、SUS32TB に比べ HN13 の 10000 hr 強度は 1.3 倍、HN913 は 1.6 倍である。
- 5) 両鋼管の熱間曲げ加工性は SUS32TB と同程度にすぐれている。
- 6) それぞれの共金溶接棒で全姿勢溶接が可能であり、継手の曲げ試験の結果良好である。継手の引張強さおよびクリープ破断強度はそれぞれの鋼管母材と同じで

ある。

以上のほか第IV報¹⁾で示したように耐バナジウムアタック性は SUS32TB よりもすぐれており、本鋼種がボイラ過熱管として使われることを念願している。なお現在引続き許容応力の決定に必要な諸データをとるべく実験中である。

文 献

- 1) 佐々木, 幡谷: 鉄と鋼, 52 (1966) 10, p. 1566
- 2) 住友金属: 高温用鋼管材料の高温強度特性について (1962-7) [技術誌別冊]

含N-21Cr-12Mn 系并用耐熱鋼におよぼす Ni 添加の影響について*

特殊製鋼

工博 日下 邦男・生嶋 一文

Effect of Ni on the Properties of 21Cr-12Mn-N Type Heat Resisting Steels for Exhaust Values

Dr. Kunio KUSAKA and Kazuo IKUSHIMA

1. 緒 言

自動車や二輪車に用いられる排気并用鋼は非常に苛酷な条件のもとで使用されるため、一般に(1)高温強度の高いこと。(2)耐酸化性や耐食性にすぐれていること。(3)作動温度にくり返し加熱冷却されても変形や割れの生じないこと。(4)その他鍛造性や溶接性の良好なこと、など種々の性質が要求される¹⁾。しかし最近高オクタン価ガソリンが使用されるようになり、エンジンの作動温度が上昇し、ガソリンの燃焼生成物である酸化鉛²⁾によつて排気弁が非常に腐食されるようになり酸化鉛耐食性がつよく要求されるようになってきた^{3)~5)}。なかでもレーサーなど特殊車に使用される排気并用鋼はいちじるしい酸化鉛腐食をうけるため、従来の并用鋼では使用に耐えないことが経験され、現在では Inconel X や Nimonic 90 などの超耐熱鋼が使用されている⁶⁾。しかしこれら超耐熱鋼は Ti, Al を多量に含有するため

真空溶解が必要で非常に高価であるので、并用鋼として比較的低廉で、超耐熱鋼に匹敵しうる酸化鉛耐食性を有する鋼種を得ることを目的に 21Cr-9Mn-N 系ならびに 21Cr-12Mn-N 系に Ni を種々添加し、酸化鉛耐食性を調べたので報告する。

2. 供試材ならびに実験方法

3kVA 高周波誘導炉により 500 g ingot を溶製し、これを鑄造のまま 1150°C × 1hr O.Q. 750°C × 6hr A.C. の熱処理をほどこして 12 mm φ × 12 mm に切削加工しエメリー 600 番まで研磨仕上げ後酸化鉛試験に供した。供試材の化学成分を Table 1 に示す。

Table 1 中 CRK-60 は 25kVA 高周波誘導炉により溶製した 7 kg 鋼塊を高温鍛伸したものである。

酸化鉛腐食試験は PbO 200 g をアルミナルツボ中に入れ 915°C および 1000°C に加熱し、この中に試料を 30 min 浸漬し、取出して表面付着物を 10% 酢酸溶液で除去し、秤量して腐食減量を求めた。硬度は 1150°C × 1hr 油冷後、750°C に時効して測定した。酸化試験は CRK-22, 21-4N 鋼を比較材として 1100°C × 1hr 油冷の溶体化処理後 900°C 大気中で 100hr までの酸化増量を測定した。

3. 結 果

耐熱鋼の酸化鉛耐食性はフェライト系、マルテンサイト系に比べオーステナイト系がかなり良好であるが、オーステナイト系においても Table 2 に示すごとく鋼種や合金成分によりかなり異なつた耐食性を示す。

SUH-31 は従来排気并用鋼として広く使用されていた鋼種であるが Si を 2% 含有し、さらに W を多く含有するため酸化鉛耐食性が非常に悪く、現在では自動車用排気弁にはほとんど使われていない。現在一般自動車用に用いられている排気并用鋼は CRK-220 や 21-4N 鋼であつて、これらの酸化鉛耐食性は 915°C で 20~30 g/dm²/hr, 1000°C で 50~70 g/dm²/hr 移度である。しかしレーサーなど特殊車に対してはこのクラスでも使用に耐えられず Nimonic 80 や 90 などのすぐれた酸化鉛耐食性を有する鋼種が使用されている。CRK-60 は今回の実験により得た鋼種であるが、非常にすぐれた酸化鉛

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No	C	Si	Mn	Ni	Cr	N	Al
RNG-404	0.58	0.24	8.91	4.03	20.78	0.40	0.06
410	0.60	0.22	9.02	9.66	21.00	0.34	0.10
703	0.58	0.26	9.48	19.95	21.13	0.28	0.08
705	0.61	0.27	8.80	37.48	19.51	0.21	0.07
707	0.63	0.29	9.26	49.15	20.63	0.18	0.07
708	0.52	0.27	8.42	53.70	18.97	0.12	0.08
709	0.68	0.29	12.26	4.03	21.22	0.40	0.08
710	0.69	0.42	12.04	9.63	20.81	0.40	0.07
711	0.73	0.41	12.52	19.84	20.77	0.38	0.10
712	0.67	0.39	12.36	27.54	21.23	0.33	0.08
713	0.66	0.42	12.07	39.39	20.27	0.24	0.08
714	0.67	0.42	12.42	49.53	20.41	0.26	0.10
CRK-60	0.67	0.38	12.28	36.04	21.90	0.35	0.08

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 188 昭和42年5月10日受付