

- 7) A. B. KINZEL and R. FRANKS: The Alloys of Iron and Chromium vol. II, (1940) Mc Grow-Hill
- 8) 今井, 増本, 前田: 金属学会誌, 29 (1965), p. 854, 861
- 9) 今井, 増本: 金属学会誌, 30 (1966), p. 747

### 17Cr-10Ni-1.5Mo-Cu-Nb-V 系オーステナイト鋼の溶接\*

(オーステナイト耐熱鋼の研究—VI)

日立製作所, 日立研究所

佐々木良一・幡谷 文男

#### The Welding of 17Cr-10Ni-1.5Mo-Cu-Nb-V Type Austenitic Steels

(Study on austenitic heat resisting steels—VI)

Ryōichi SASAKI and Humio HATAYA

#### 1. 緒言

第IV報<sup>1)</sup>で合金元素量が少なく, したがって溶接性がすぐれていると思われ, かつ高温強度の高い HN13 (17Cr-10Ni-1.5Mo-0.3Nb-0.3V) および HN913 (17Cr-10Ni-1.5Mo-2Cu-0.3Nb-0.3V) の高温諸性質について報告した. 本報はこれら両鋼種に用いる溶接棒を試作し溶接性および溶接継手の強度について調べた.

#### 2. 試料

母材は第IV報の材料を用いた. フイスコ割れ試験は12 t 板, 継手の曲げ試験, 引張試験およびクリーブ破断試験は 17~20 t 板を用いた. 母材の熱処理は 1100°C × 30 min 加熱水冷である. これらの中, 引張試験およびクリーブ破断試験に用いた母材の化学組成を Table 1 に示す. 心線 3.2φ の被覆溶接棒を試作した. Table 1 に溶着鋼の化学組成およびフイスコ割れ率を示す. NV-A B 棒は HN13 と, CuNV 棒は HN913 とほぼ同組成である. CuNV 棒は Cu を含み割れ感受性の高くなる<sup>2)</sup>とが懸念されたので, Co を含む CoNV 棒も試作した. Nb は溶接時の歩留りが約 50% で, 初期に作った

NV-A 棒は 0.09Nb と低い, NV-B 棒はほぼ目標通りの Nb 量である. 曲げ試験, 引張試験およびクリーブ破断試験用板材はあらかじめ 24° の逆歪みを与え, 拘束せずに溶接し, 溶接終了時に真直な継手を得るようにした. これらの継手について溶接のまま各種試験を行なった.

### 3. 実験結果

#### 3.1 フイスコ割れ試験

心線径 3.2φ, ルート間隔 3 mm の場合のフイスコ割れ率を Table 1 に示す. NV-A, B は 12~13%, CuNV は 20%, CoNV は 17% で, ボイラ過熱管のような小径管なら, クレータ処理に注意すれば実用できる値である.

#### 3.2 溶接継手の曲げ試験および引張試験

NV-B を用いた継手について側曲げ試験を行ない CuNV は割れ率がやや高かったので側曲げのほかに裏曲げ試験も行なった. 曲げ半径 10 および 16 のもの両鋼種とも欠陥なく, 180° まで曲つた.

Fig. 1 は各溶接棒を用いた継手の引張試験結果を示す. 破断位置は溶着鋼が多く, 一部溶接境界で破断する

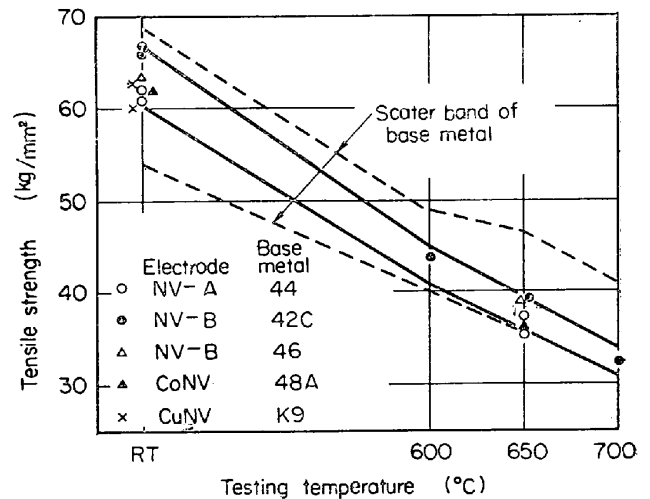


Fig. 1. Tensile strength of welded joints.

Table 1. Chemical composition of material and Fisco cracking test result.

	No	Chemical composition (%)									Crack sensitivity (%)
		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Others	
Base metal	42C	0.10	0.47	1.74	9.70	19.30	1.56	0.21	0.39		
	44	0.09	0.43	2.18	11.50	18.40	1.27	0.28	0.34		
	46	0.13	0.40	2.07	11.00	16.30	1.21	0.21	0.41		
	47B	0.14	0.43	1.69	9.20	18.70	1.19	0.35	0.30		
	48A	0.13	0.40	2.06	8.90	15.95	1.84	0.44	0.30		
	K 9	0.12	0.43	1.92	10.23	16.81	1.33	0.25	0.25	1.93Cu	
Deposit metal	NV-A	0.14	0.27	2.06	9.12	16.30	1.61	0.09	0.33		12
	NV-B	0.14	0.46	2.16	9.38	17.10	1.45	0.20	0.40		13
	CuNV	0.15	0.24	2.42	10.30	16.00	1.40	0.44	0.36	1.95Cu	20
	CoNV	0.16	0.32	1.61	11.23	16.50		0.81	0.30	6.95Co	17

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号 182 昭和42年5月17日受付

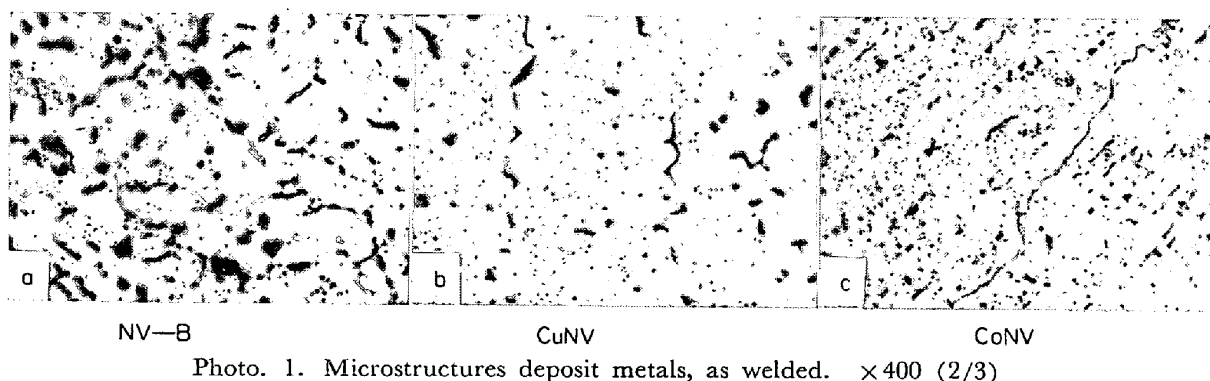


Photo. 1. Microstructures deposit metals, as welded.  $\times 400$  (2/3)

ものもあるが、引張強さは室温で  $61\sim 66 \text{ kg/mm}^2$ ,  $650^\circ\text{C}$  で  $37\sim 40 \text{ kg/mm}^2$  であり、図に示すように母材引張強さの範囲内にある。したがって溶着鋼で破断しても強さは十分である。

Photo. 1 は溶接のままの各溶着鋼の顕微鏡組織を示す。NV-B は微量のフェライトを含み、磁石の吸引力を利用したフェライトインジケータで測ると 1.5% 以下である。CuNV および CoNV 溶着鋼は少量の炭化物を含む全オーステナイト組織である。

3.3 溶接継手のクリープ破断試験

Fig. 2 は各継手の  $600\sim 700^\circ\text{C}$  クリープ破断試験結果を示す。図中に破断位置および第IV報の母材8チャージの平均強度を示した。HN13, No. 44 を NV-A 棒で溶接した継手は大部分が溶着鋼破断であり、 $600^\circ\text{C}$  の強度は母材の平均強度に比べかなり低く、 $650^\circ\text{C}$  の強度は母材と同じである。これは Table 1 に示したように溶着鋼の Nb が 0.09% と母材の約 0.2% に比べ低いためと考えられる。Nb が 0.2% でほかの成分も母材とほ

ぼ同じ NV-B 棒を用いた母材 No. 46 および No. 47 の継手は母材の平均強度より高い。No. 48 を CoNV 棒で溶接した継手は母材平均強度より高い。これらの継手の破断位置は母材が多く、そのほか溶着鋼、熱影響部あるいは溶接境界で破断している。HN13 を NV-B および CoNV 棒で溶接した継手は  $600\sim 700^\circ\text{C}$  で第IV報の母材平均強度と同等以上の強度を示す。母材破断でも強度が異なるのは母材チャージによるばらつきである。

HN913 を CuNV 棒で溶接した継手は母材破断、CoNV 棒で溶接した継手は溶着鋼破断であるが、その強度はともに HN913 母材の平均強度と同じである。HN13 および HN913 とも Nb の低い NV-A 棒を除き、そのほかの継手は最長  $3000\sim 12000\text{hr}$  の試験で強度の低下は認められない。

Photo. 2 はクリープ破断試験後の顕微鏡組織を示す。試験前に比べ、微細炭化物が多数析出しており、溶接境界の母材結晶粒が一部溶着鋼側へ成長し、母材と溶着鋼との結晶粒がより緊密に結合している。NV-B 溶着鋼は試験前微量のフェライトを含んでおり、 $700^\circ\text{C}$ ,  $5343\text{hr}$  試験後  $\sigma$  相が認められる。

4. 考 察

一般にオーステナイト鋼溶接棒は割れ感受性が大きいので、割れを少なくするため数%のフェライトを含んでいる。フェライトを含むものはフisco割れ率が約15%以下であるが、全オーステナイト組織のものは20~30%に達する<sup>2)</sup>。耐熱鋼では高温使用中に $\sigma$ 脆化を生じやすいのでフェライトはないほうがよい。本溶接棒はNV-A Bが1.5%以下のフェライトを含み、CuNV およびCoNV は全オーステナイト組織であるが、割れ率は12~20%であり、この種の耐熱鋼溶接棒として高い方ではない。本報ではフェライトは1.5%以下にしたので $\sigma$ 脆化は少ないと思われる。英国で開発された Esshete 1250 (16Cr-10Ni-1Mo-6Mn-1Nb-0.3V-0.006B) の共金棒も微量のフェライトを含み、高温長時間の加熱により、多少 $\sigma$ を生ずるが、著しい脆化はないと述べている<sup>3)</sup>。

以前、著者は SUS43TB の溶接継手を溶接のままでクリープ破断試験すると、熱影響部で破断し強度が低下することを報告した<sup>4)</sup>。また 15-15N, AN31 および 17-14CuMo などの継手を溶接のままで試験すると、短時間側では母材破断であるが、高温長時間になるにつれ、熱影響部あるいは溶接境界で破断するようになるが、強度は低下しないことを報告した<sup>5)</sup>。本報でも破断は母材、溶着鋼あるいは熱影響部などで生ずるが、溶着鋼の

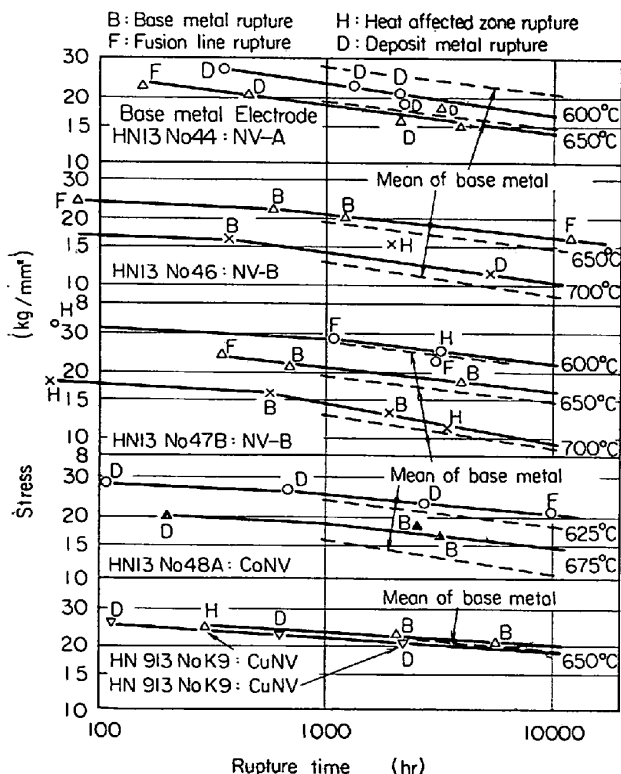
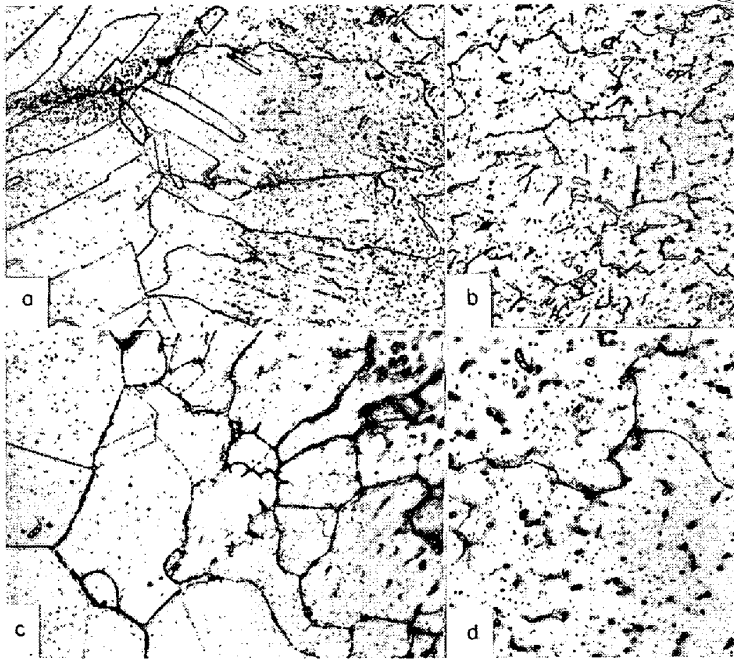


Fig. 2. Creep rupture curves of welded joints.



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<sup>1)</sup>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/cm<sup>2</sup> 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/mm<sup>2</sup>, HN913 が 58~62 kg/mm<sup>2</sup>, 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 SUS32TB<sup>2)</sup> 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