

669.15242674-194:669.149/886

629.172.25/22

W 2.5%, Nb 1%, C 0.2%, とし N 含量を約 0.08~1.0%, 残を Fe とする合金を大気中高周波溶製し, N がこの系の合金の高温特性におよぼす影響を検討し次の結果を得た.

(1) S. N 約 0.3% 以下の No. 74, No. 75 合金には 1200°C × 1hr 加熱水冷の溶体化処理状態で δ ferrite がおのおの約 22%, 6% 存在し, これは 700°C で容易に σ 相に変態する. この系の合金で γ 単相を得るためには S. N 約 0.4% 以上が必要である.

(2) 溶体化処理した試料の硬度と S. N はほぼ比例し, S. N 0.1% につき V. H. N で約 8 の硬度上昇が認められた.

(3) この系の合金の N の固溶量は約 0.9% と推定され, Fe-Cr-N (6.2% N) を用いた場合配合 N 量約 0.5% までは大気中溶解で N が溶湯中に吸収される. しかし N の添加量が 1.0% 以上では大気中に放出される傾向が認められる. また溶製条件が合金の N 含量におよぼす影響についても検討した.

(4) 700°C の時効硬化は N 含量のいかににかかわらず 1000hr まで加熱時間とともに増加する. その硬度増加は δ ferrite の存在するものは主としてこれが σ 相炭化物などに变化することにより, また γ 単相のものは $M_{23}C_6$ などの炭化物, 少量の σ 相を析出することにより硬化する. しかも N 含量が高まるにつれ, 粒界粒内での析出物が微細に分布するようになる.

(5) N 含量が高くなれば, 冷間加工材の加工のまま, および 1000°C までの 1hr 加熱による硬度は上昇する. しかし耐軟化性は N 含量の大小によつてほとんど変わらない.

(6) γ 相中に δ ferrite があるとクリープ破断寿命は著しく低下する. γ 単相であればクリープ破断寿命は N 含量に比例して増加しその割合は 700°C, 26 kg/mm² の条件下では N 0.1% につき約 60hr である. これは N 含量が増すにつれ γ が安定化すると同時に粒界粒内での析出物が微細に数多く分布するようになるためである.

文 献

- 1) 依田, 吉田, 佐藤: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 166
- 2) 依田, 吉田, 小池: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 498
- 3) 依田, 吉田, 小池: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1559
- 4) 前川, 中川: 学振 19 委員会第 3 分科会, 34 年 3 月
- 5) K. J. IRVINE, D. T. LLEWELLYN, F. B. PICKERING: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), (1961), p. 153
- 6) Chi-Mei HSIANS, E. J. DULIS: Trans. Amer. Soc. Metals, 49 (1957), p. 655
- 7) Chi-Mei HSIANO, E. J. DULIS: Trans. Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 855

(152) Mn-Cr-Ni 系耐熱鋼の研究

三菱日本重工

荒城 義郎・宮長 文吾

特殊製鋼

日下 邦男・石川英次郎

Study on Mn-Cr-Ni Modified Heat Resisting Steel. pp/482~485

Yoshiro ARAKI, Bungo MIYANAGA,

Kunio KUSAKA and Eijirō ISHIKAWA

I. 緒 言

Cr-Ni オーステナイト鋼は 5~10% のフェライトを含有させることがあるが, この場合低温衝撃値の低下あるいは高温に保持したとき σ 相生成により高温強度が劣化することなど欠陥を生じてくる. しかし完全オーステナイト組織の場合は溶接に際して高温割れ感受性が大きい難点をもっている. 著者は先きに Cr-Ni 完全オーステナイト鋼の溶接性を改善するために Mn を 3~12% 添加した溶接金属について研究し, 低温衝撃値の向上, 高温割れの防止, 高温強度の向上が顕著であることを明らかにした^{1)~5)}.

最近ディーゼル・エンジンの性能向上に伴つて耐熱材料も従来用いられているものでは不十分で, 繰返し熱疲労に強いものが要求されつつある. 例えばとくに問題の多い予燃焼室, 過流室などの材料として要求されることは (1) 使用温度に繰返し加熱・冷却されても変形や割れを生じないこと. (2) 使用温度における酸化や腐食が少ないこと. (3) 高温で十分強度を有すること.

(4) 溶接性, 切削性が十分良好なこと. (5) 熱伝導率が大きく, 熱膨張係数が小さいこと. (6) 価格が低廉なこと. などがあげられる. これらの諸条件をすべて満足する材料はまだ見当らず SUS 32, SEH 4, 19-9DL, LCN 155 など各種のものが不満足ながら使用されている. したがって著者らは従来の JIS SEH 4, 耐熱鋼より高性能の実用耐熱鋼を開発する目的で Cr-Ni-Mn 系耐熱鋼について実験をおこない, 実用試験の結果もきわめて優れた性能を有することがあきらかとなつたのでここに報告する.

供試材は高周波誘導炉による 100kg 鋼塊を 70mm 角に鍛造後, 30mm 角および 10mm 丸に圧延したものをを用いた. 供試材の化学成分は Table 1. に示すようなものである. Table 1. のなかで YA 2 は 800kg 鋼塊より鍛造し 20mm 丸に圧延したものである. なお 21-4N は 0.6% Si を含む近似成分のものである.

II. 実験結果

(1) 硬度

小試片を 1150°C × 1hr 水冷後, 650~800°C の各温度に 100hr まで加熱し時効処理をおこなつた. 本系合金においては 1150°C 溶体化硬度は HRC 20 程度であり, 700~750°C 時効により若干の析出硬化が認められるが, 100hr 時効でも HRC 3~5 の硬度上昇にとどまり顕著な析出硬化は生じない. 1150°C × 1hr 水冷, 750°C × 6hr 空冷処理したときの顕微鏡組織を Photo. 1 に示す. 溶体化のまま時効後の硬度に大差はないが, 時効後の粒界析出の程度が切削性に大きく影響し,

Table 1. Chemical composition of steels tested

Steel No.	Chemical composition (%)									
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	N	V	Cb
Y 1	0.26	0.22	7.11	13.79	17.78	2.88	1.94	0.18	—	0.64
Y 3	0.29	0.23	8.27	6.06	20.07	0.73	1.27	0.22	—	0.26
YA 2	0.31	0.16	8.59	10.45	18.85	1.35	1.51	0.30	—	0.45
Y 2	0.23	0.27	8.10	9.90	20.33	0.73	1.14	0.44	—	0.47
Y21	0.25	0.36	8.23	10.25	20.22	0.75	1.12	0.19	0.58	0.47
Y22	0.30	0.38	8.36	10.18	20.31	0.80	1.13	0.17	0.51	0.46
YK 2	0.49	0.35	8.11	8.07	20.26	0.25	0.76	0.15	—	—
YK 1	0.46	0.42	8.04	7.96	20.10	—	—	0.18	—	—
YK22	0.45	0.40	8.08	8.23	20.32	0.28	0.86	0.31	—	—
YK21	0.47	0.34	8.00	8.08	20.18	—	—	0.30	—	—
21-4N	0.50	0.60	9.50	4.23	21.24	—	—	0.36	—	—
SEH 4	0.45	1.97	0.50	13.40	14.14	—	2.25	—	—	—

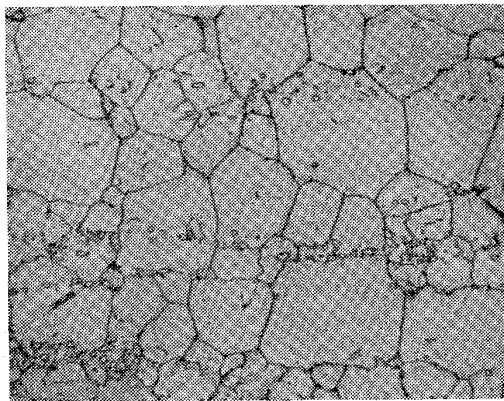


Photo. 1. Microstructure of Mn-Cr-Ni modified steel aged at 740°C for 3 hr after water cooling from 1140°C. $\times 400$ (1/1)

熱処理条件は切削加工上重要な因子と考えられる。

(2) 機械的性質

1150°C 溶体化, 750°C $\times 6$ hr A. C. の時効をほどこした各試料について常温および 600~850°C の短時間高温機械的性質を Fig. 1 に示す。常温, 高温強度とも SEH 4 に比較するとはるかに優れている。とくに高温側になるほどその差が大きく, 800°C では SEH 4 が約 25 kg/mm² に対し, 10kg/mm² 以上高く, なかでも YA 2 はもつとも強く 46kg/mm² 以上を示している。また衝撃値は SEH 4 が 800°C で 6kg m/cm² に対し 12 kg m/cm² 以上で高い靱性を示している。

つぎに 21-4N と比較すると Y1~Y3 とともに常温抗張力は 21-4N より低いが高温側では逆に大きく, なかでも YA 2 は高温強度が優れていることが明らかである。21-4N の衝撃値は常温では 1 kg m/cm² 以下で著しく低い Y1~Y3 とともに 6~7 kg m/cm² であり, 高温ではとくに大きい特徴を示している。

(3) クリープ破断強度

1150°C $\times 1$ hr W. Q. 750°C $\times 6$ hr A. C. 処理をした各試料について 750°C, 800°C における応力破断曲線を Fig. 2 に示す。SEH 4 がもつとも性能低く, 21-4

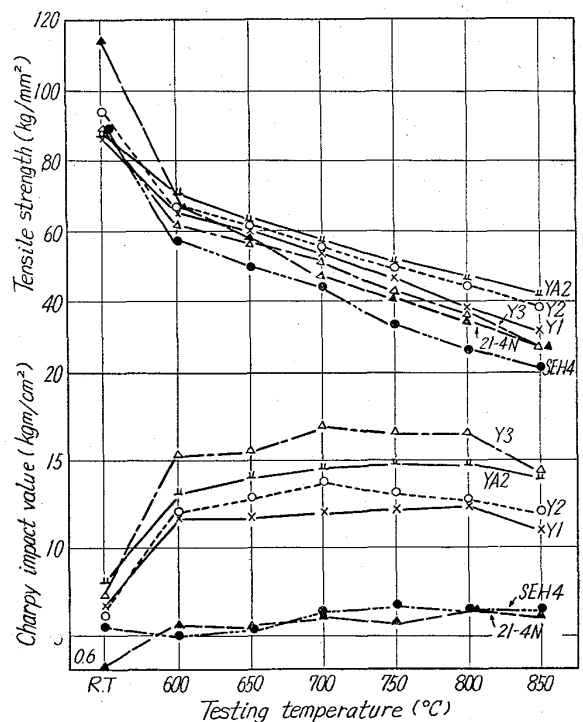


Fig. 1. Mechanical properties of Mn-Cr-Ni modified steels at elevated temperature.

Nはかなり良好であるが, Y1~3 はさらに高強度を示し, とくに YA 2 が優れ, 100hr ラプチュア強度は 750°C で 20kg/mm², 800°C で 13.5kg/mm² である。

(4) 高温疲労強度

高温疲労試験は 1150°C $\times 1$ hr W. Q. 750°C $\times 6$ hr A. C. の標準熱処理したものについて試験温度 800°C, 2760 r.p.m. における S-N 曲線を求めた。その結果は 21-4N に比較し高温疲労強度も優れており, とくに Y 2 が良好である。

(5) 酸化試験

1150°C 溶体化, 750°C 時効処理した後, $\phi 12 \times 45$ mm 前後の試験片を作製し, 管状電気炉にて 900°C, 100hr まで加熱したときの酸化増量を測定した。Fig. 3

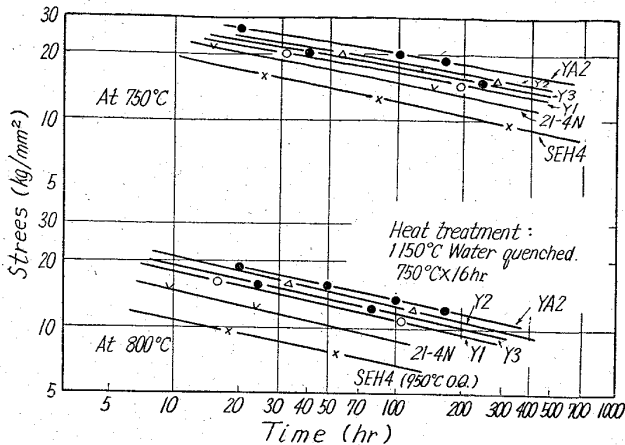


Fig. 2. Stress rupture curves for Mn-Cr-Ni modified steels at 750°C and 800°C

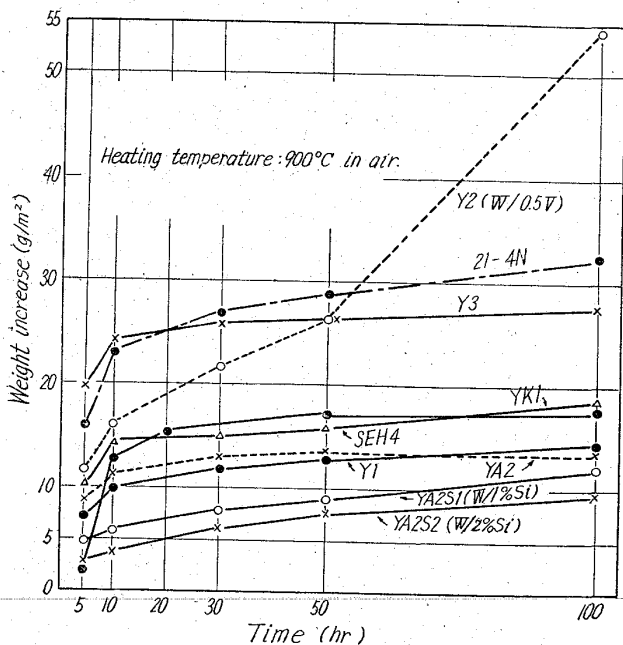


Fig. 3. Results of scaling test in air at 900°C

にその結果を示す。Y2は100hr加熱で急速に酸化が進行しSEH4、21-4Nよりも劣化してくる。しかしVを含有しないYA2は耐酸化性を向上し、またSiを1%および2%含有したYA2S1、YA2S2はさらに酸化量を減ずる。

(6) 溶接性、切削性、その他

本系合金はすでに述べたように、溶接金属として研究をすすめたものであり、溶接性はきわめて良好であり、Y1~3ともかなり高い抗張力を持ちながら溶接が容易である。

また切削性は旋削に際してほとんど問題ないが、ドリルさく孔においては、溶体化ままの状態では若干困難を伴ない、700~750°Cの時効処理をおこない粒界析出を生じた状態では十分良好となる。一例を示せばφ2mmドリル(材質はMoハイス)をもちい、カッタングスピード65~75m/min、フィード0.2~0.25mmのさく孔条件の場合ドリルさく孔可能回数は時効処理後のものが60~70である。SEH4の40~50に比較し十分良好な

被削性を示す。

Y1~Y3の物理的性質のうち比重は7.99~8.00、熱膨張係数(50~550°C)は $18.1 \times 10^6 \sim 18.2 \times 10^6$ 、透磁率は $\mu = 1.00$ である。

(7) 酸化鉛耐食性

SEH4、21-4Nなどは排気弁用耐熱鋼⁽⁶⁾として広く使用され耐鉛性を重視するが、PbOによる高温腐食について比較するため熔融PbOに浸漬し腐食減量を測定した。916°Cにおける腐食減量はSEH4が約600g/dm²/hr、21-4Nが19.5~21.4g/dm²/hr、Y2は21.51g/dm²/hrである。また1000°C、1050°Cではそれぞれ21-4Nが99.9、208.0、Y2は60.64、193.98g/dm²/hrにして高温では21-4Nよりも良好な耐鉛性を示している。

(8) 合金元素の影響

Cr-Niオーステナイト系耐熱鋼では通常Mn2.5%以下を含有するが、本系合金では8%Mnを添加し、オーステナイトの安定化、加工硬化の防止、靱性の向上とくに高温割れの防止による溶接性の改善など顕著な効果がある。20Cr-10Ni-8Mn系に添加した主要元素の影響を以下に要約して示す。

(i) C, N

本系合金においてもCの増加により硬度、常温抗張力は増大するが、靱性が低下してくる。したがって強度の向上にNが有効である。しかし0.2~0.3%C、0.3~0.4%Nの場合常温強度は抗張力100kg/mm²以下であるが高温抗張力はかなり高く、大きい衝撃値を有する。

(ii) Si, V

Siは耐酸化性を向上させるが、PbOの高温腐食を減じ、溶接性を悪くする。Vは高温強度の向上に有効であるが高温耐酸化性を劣化させる。また被削性に関してはVを含有した方が同一熱処理の場合は良好となる傾向を示す。

(iii) Mo, W

Mo, Wは固溶体強化により高温強度を大にし、とくにクリープ強度を増すので有効であるが、ともに1%前後の含有で十分である。

III. 結 言

ディーゼル・エンジンの燃焼室などはかなり高温に繰返えし加熱、冷却され、従来の材料では亀裂発生事故などが多いので高性能耐熱鋼を開発する目的で、高温割れ感受性の少ないCr-Ni-Mn系について実験をおこなった。その結果20Cr-10Ni-8MnにMo, W, N, Cbを含有する本系合金中Y2またはYA2はきわめて優れた性能を有することがあきらかとなった。すなわち従来多く使用されているSEH4に比較すれば常温、高温の強度も著しく大きく、溶接、切削も容易であり、実用試験でも好結果を得た。また21-4Nよりも高温強度は大きく、とくに靱性に優れ、耐鉛性、耐酸化性も良好なので高性能弁用にも好適であることがわかった。YA2の諸性質はLCN155またはそれ以上の合金元素を含有する超合金にも代つて活用されつつある。

文 献

- 1) 荒城, 日本特許 No. 245249
- 2)~4) 荒城他, 溶接学会誌, 28 No. 37, 11

- 5) 荒城官長, 三菱日本重工技報 3 (1962), No. 1 p. 82.
- 6) Metals Handbook (1961), p. 626
- 7) Low Moor Alloy Steel Works Ltd. Automotive Engineer March, (1962), p. 93

669.1512426-194.561669/4/25

1620.172.251226

(153) Cr-Ni オーステナイト 鋳鋼のクリープ破断強度におよぼす組成の影響

日立製作所, 日立研究所

佐々木良一・○幡谷 文男

The Effect of Composition on the Creep Rupture Properties of Cr-Ni Austenitic Cast Steels.

Ryōichi SASAKI and Fumio HATAYA

I. 緒 言

Cr-Ni オーステナイト鋼は高温強度および耐酸化性がすぐれているため, 火力発電プラントや化学プラントなどの高温高圧の部分に用いられている。オーステナイト鋼の鍛造材については多くの研究がなされているが, 鋳造材に関する研究は少ない¹⁾²⁾。実際の製品では鋳造材も使われており, 鍛造材と同一組成でも異なった特性を示す。したがって鋳造材について高温強度特性を調べる必要があり, ここでは単純な Cr-Ni オーステナイト鋳鋼について, C, Ni および Cr 量を変えて, 組織およびクリープ破断強度におよぼす影響を調べたので報告する。

II. 実験方法

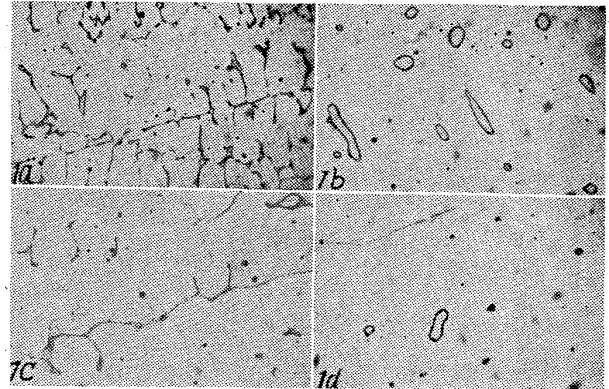
組成は C を 0.05%, 0.1% および 0.2% の 3 種に変え, それぞれの C 量について Ni を 6~23%, Cr を 14~27% の範囲で 2~3% おきに変えた。Si は 0.8%, Mn は 1% 目標で一定にした。このようにして全オーステナイト組織ないし約 15% のフェライトを含む組織を得るようにした。

溶解には 22kW 高周波炉を用い, アルゴン雰囲気中で溶解, 鋳造を行なった。鋳型は金型を用い, 鋼塊の寸法は底部が 41 mm φ, 頂部が 47~52 mm φ, 高さが 134~155mm で重量は 2.2kg である。鋳造時 1,550°C から 1000°C までの平均冷却速度は 780°C/min である。

鋼塊を縦に 2 分し, 片方は鋳造のまま, 残りは 1100°C × 5hr 加熱水冷の熱処理を行なつてから顕微鏡組織, フェライト量, 透磁率およびクリープ破断強度などを調べた。フェライト量は磁石を応用したフェライトインジケータにより測定した。また透磁率を測定し, 最大透磁率が 1.010 未満のものは全オーステナイト組織であるとした。クリープ破断試験は 6mm φ × 30mm G L 試片を用い 650°C で 100~2,000hr 破断を目標に行なつた。

III. 実験結果

Photo. 1 は顕微鏡組織の代表例を示す。すなわち 0.10C-20.6Cr-10.3Ni および 0.11C-19.7Cr-11.4Ni 鋼の鋳造のままおよび溶体化処理後の組織で, 0.10C-20.6Cr-10.3Ni の鋳造のままは 7.5~10% のデルタフ



- a) 0.01C-20.6Cr-10.3Ni, As cast, 7.5~10% ferrite
- b) 0.10C-20.6Cr-10.3Ni, Solution treated 1.5~2.5% ferrite
- c) 0.11C-19.7Cr-11.4Ni, As cast, 1.5% ferrite
- d) 0.11C-19.7Cr-11.4Ni, Solution treated, fully austenite

Photo. 1. Microstructures of specimens before testing. ×400 (1/2)

ェライトを含み, これを溶体化処理すればフェライトは 1.5~2.5% に減少し, 残留フェライトは球状化する。0.11C-19.7Cr-11.4Ni の鋳造のままは少量(1.5%以下)のフェライトを含み, 最大透磁率 1.111 であるが, これを溶体化処理すればフェライトは消失し, その最大透磁率は 1.008 となる。

Fig. 1 は 0.1C-Cr-Ni 系の鋳造のままの組成とフェライト量との関係を示す組織図である。Cr および Ni 量の低い領域にはマルテンサイトが認められる。これらを溶体化処理すれば成分元素の拡散均一化がおこり, フェライト量は減少し, 組織図においてオーステナイト領域が広がる。また 0.05C 系は 0.1C 系に比べオーステナイト領域がせまく, 0.2C 系は広がっている。

Fig. 2 は 0.1C-20Cr-10~15Ni 鋼および 0.2C-23Cr-8~16Ni 鋼の鋳造のままおよび溶体化処理材の 650°C におけるクリープ破断試験結果を示す。0.1C 系の鋳造のままの 1,000 時間強度は 6.0~8.7kg/mm² であり, これに対し溶体化処理材の値は 6.0~7.2kg/mm² とやや低くなっている。いずれも 0.11C-19.7Cr-11.4Ni 鋼が最大の値を示し, 0.10C-19.1Cr-14.7Ni が最も低い値を示す。0.2C 系の 1,000 時間強度は鋳造のままの試片が 7.6~12.0kg/mm², 溶体化処理したものは 7.1~10.3kg/mm² で 0.1C 系に比べ高い値を示す。鋳造のままと溶体化処理材とを比べれば 0.1C 系の場合と同じように, 前者の方が高い強度を示す。0.2C 系では 0.17C-23.6Cr-12.9Ni が最大の強度を示す。

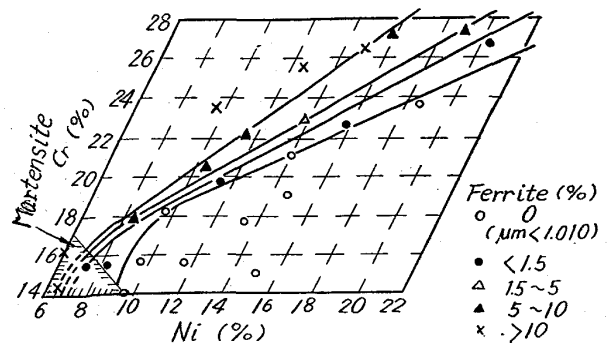


Fig. 1. Structural diagram of 0.1C-Cr-Ni as cast steels.