

669.14.018.85:669.15'24'26-198
:620.172.251.2:669.784
:669.786

長時間強度は期待できないと考えられる。

なお本実験結果より、結晶粒が大きくなると強度が増加することは明らかだが、結晶粒が成長する場合は必ず carbide の固溶を伴い、その結果試験中の組織変化も異なってくる。したがって高温長時間強度に対する結晶粒のみの影響を分けて考えることは非常に困難な問題であると思われる。

[質問]

日立・日立 幡谷文男

低Cおよび中Cの SUS 42 および SUH 33 は 1050~1250°C で溶体化処理温度の高いほど強度が高くなっている。

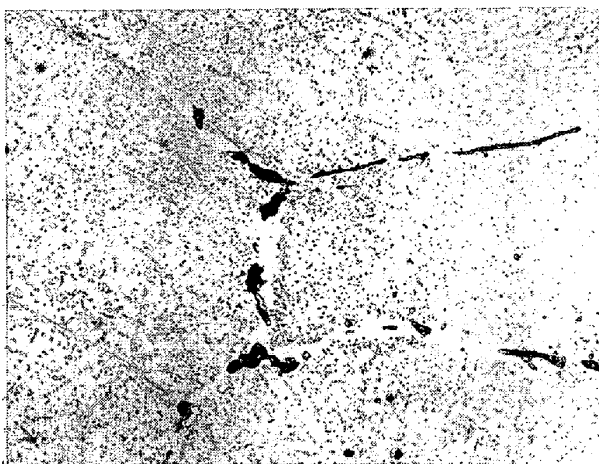
高 C 25Cr-20Ni は極大点を示し、1250°C になると強度低下しているが、これは只今の組織となにか関連があるのか。

[回答]

固溶体化処理温度と高温長時間強度との関係で、強度が極大点を示す例は高 C 25Cr-20Ni 材の他 SUH 32 にも認められ、今回の SUS 42 および SUH 33 でも溶体化処理温度を高温側に拡大した場合極大点が現われるものと考えられる。したがってこの極大点は高 C 25Cr-20Ni 材に限った特殊な現象ではない。また極大点を示す固溶体化処理温度は鋼種によつてはもちろんのこと、クリープ・ラプチャー試験条件によつて異なり、これには試験中の組織変化が関連しているものと考えられる。

非常に高い温度での固溶体化処理による長時間高温強度の低下は質問事項 1 の未固溶 carbide による低下とは別で、必要以上に高い温度で固溶体化処理を行なった場合、その後クリープ・ラプチャー試験中の組織変化を観察すると、粒内は微細な析出によつて強化されるが、粒界は比較的析出物が大きく、かつ粒界にそつてかなり太い析出のない部分が現われる。したがって粒界と粒内との強度がアンバランスとなり、その結果強度の低下をまねくものと考えられる。

なお参考までに SUH 32 を 1250°C で固溶体化処理し 750°C でクリープ・ラプチャー試験を行なった試料の組織を Photo. 1 に示す。



Solution treatment : 1250°C
Creep-rupture test : 750°C

Photo. 1 Microstructure of SUH32 after creep-rupture test.

(174) 28Cr-15Ni 系耐熱鋳鋼のラプチャー強度におよぼす炭素、窒素の影響

太平金属工業

土屋 隆・○松本洋祐・松島正明

The Effect of C and N on Rupture Strength of 28Cr-15Ni Heat Resisting Cast Steel

Takashi TSUCHIYA, Yosuke MATSUMOTO and Masaaki MATSUSHIMA

1. 緒言

28Cr-15Ni 耐熱鋳鋼は、一連のオーステナイト系耐熱鋳鋼のなかでも高温における耐酸化性、耐硫黄腐食性がすぐれているのを最も特長とし、高温強度特性もかなり良好である反面、 σ 脆化に対しては比較的鋭敏であるところから、1000~1200°C で使用されることの多い材質である。

28Cr-15Ni 鋳鋼の 1200°C ラプチャー強度におよぼす添加元素の影響に関しては藤田らの報告¹⁾に詳しく用途によつては当鋳鋼製品の寿命が、ラプチャー強度特性により決定されることが指摘されている²⁾。

本実験では、28Cr-15Ni 遠心鋳造管製品から C, N 量の異なるもの 7 本を選んで試料を採取し、これに低 C の普通鋳造材 1 試料を加えて、1200°C でのラプチャー強度に対する C, N 量の影響を顕微鏡組織の観察を併行しながら検討した。

2. 試料および実験方法

試料の化学成分を Table 1 に示す。試料 IC-1~7 は 334φ×270φ×2640 l の管端から採取した遠心鋳造材で、C+N 量が少ないものから順に番号が付されている。IS-1 は ASTM-B190 規格の引張り試験片採取用鋳塊から採取した普通鋳造材である。

1200°C におけるラプチャー試験は、高温用直錘式試験機³⁾により 6φ×30 G.L. の試験片を用いて行なった。また試料 IC に対して参考までに常温の引張り試験を行なったが、試験片は同一寸法のものを用いた。試料 IC の引張り方向はいずれも管の長さ方向に統一した。

顕微鏡組織はラプチャー試験前後の試料に対して検討し、代表的な試料を選んで 10% HCl-アルコール液中で 48hr の電解分離⁴⁾を行ない、電解残渣を Co 対陰極を用いて X線回折し、同定した。

3. 結果および考察

3.1 常温における引張り特性

試料 IC に対する常温引張り試験結果を後述の理由で C+N 量に対して図示したものを、Fig. 1 に示す。引張り強さは、C+N 量が 0.3% から増加すれば低下し、0.4% 以上ではほぼ一定となる傾向がみられる。伸びは明らかに C+N 量が増すほど低下する。

Photo. 1 に示すように、C+N 量が多いほど一次炭素化合物の量が多いことが伸びの低下の原因と考えられる。高 C+N 側で引張り強さが低下するのは、伸びが低く加工硬化が少ないことに起因するのであろう。

28Cr-15Ni 鋳鋼の常温引張り特性におよぼす C+N 量の影響は、25Cr-20Ni 鋳鋼における C の影響⁴⁾と同じ傾向を示すように考えられる。

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

No. of specimens*	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	P	S	N	C+N
IC-1	0.24	1.36	1.01	28.04	16.90	0.14	0.016	0.014	0.062	0.302
IC-2	0.34	1.43	1.18	27.82	16.07	0.04	0.012	0.015	0.025	0.365
IC-3	0.33	0.97	1.29	28.55	16.03	0.06	0.017	0.024	0.063	0.393
IC-4	0.34	1.00	1.19	28.58	15.96	0.05	0.013	0.015	0.100	0.440
IC-5	0.36	1.35	1.32	28.71	15.94	0.05	0.018	0.027	0.090	0.450
IC-6	0.35	0.85	1.26	28.09	15.67	0.06	0.010	0.013	0.116	0.466
IC-7	0.49	1.54	1.12	27.78	16.15	0.05	0.020	0.017	0.201	0.691
IS-1	0.04	1.26	1.15	28.09	16.01	Tr.	0.006	0.013	0.147	0.187

* IC: Centrifugally cast specimens. IS: Ordinarily cast specimen.

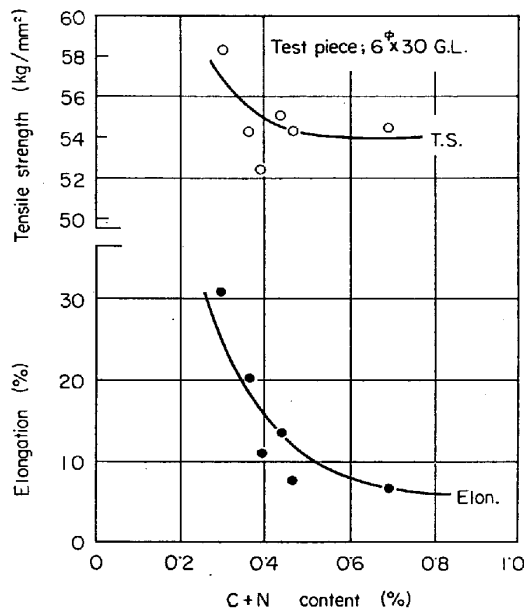


Fig. 1. Retention between mechanical properties at room temperature and C+N content.

3.2 1200°Cにおけるラプチャー強度

各試料に対し、1200°Cにおいて応力0.50および0.35 kg/mm²の2水準でラプチャー試験を行なった。ラプチャー時間は試料間で0.50 kg/mm²において56.0~157.2hr、0.35 kg/mm²において212.6~1202.9hrとかなりの差が認められた。

結果を応力-ラプチャー時間曲線で整理すると、約200 hr前後で曲線が互いに交叉し、C、N量の多い試料ほど短時間側で強く、長時間側で弱くなる傾向がうかがわれる。

ところがCおよびNそれぞれの主効果について検討するには、各試料が製品から採取された関係でCとN量のバランスがとれていないし、原材料を含む溶解条件が試料間で異なっており試料数も不足しているため、ラプチャー時間とCまたはN量との関係を別個にみても、上記の傾向はうかがえるけれども確かな関係を見出すまでにはいたらない。

一方、CとNは高温強度に対して類似の効果をおよぼすと考えられるので⁵⁾、一応それぞれの効果が加算的であると想定し、C+N量に対してラプチャー時間を整理すると、Fig. 2に示すようになりかなり明確な関係が認められる。

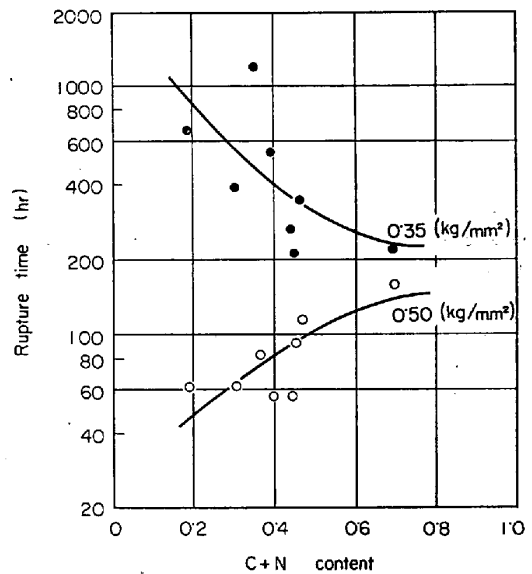


Fig. 2. Relation between creep rupture time at 1200°C and C+N content.

Fig. 2によると、応力0.50 kg/mm²ではC+N量が多いとラプチャー時間は長くなるが、0.35 kg/mm²の応力では逆にC+N量が少ないほどラプチャー時間は長くなる。すなわち、C+N量が多いと短時間側では強いが、長時間側では逆に弱くなり、1200°Cにおいては、実用上、C+N量が少ないほうが有利であるといえる。

3.3 顕微鏡組織

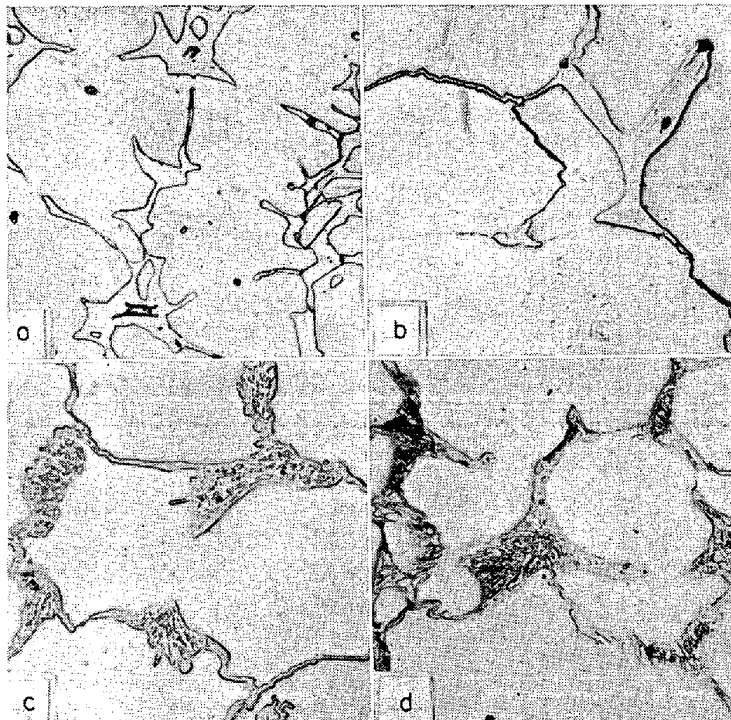
鑄らし状態の顕微鏡組織のうち、代表的なものをPhoto. 1に示す。IS-1は低Cのためオーステナイト地にフェライト相が存在する(Photo. 1-a)。その他の試料ではオーステナイト地に共晶炭素化合物がinter-dendriticに晶出しており、この相はC+N量が多いほど多く存在する(Photo. 1-b~d)。

Photo. 2はラプチャー後の顕微鏡組織で、応力0.50 kg/mm²の試験後ですでに晶出相の凝集、粗大化がかなり進み、C+N量の多いものほど晶出相が連続的に連なるようとする傾向があり、一方クラックは相境界に沿って進行しているのが認められる(Photo. 2-a, b)。

応力0.35 kg/mm²試験後では、C+N量の多いものは凝集、粗大化した晶出相が連続的な連なりを示し、同時に相境界に沿ったクラックの進行度合は非常に著しいものが観察されるが、C+N量の少ない試料では晶出相の存在はなお断続的であり、クラックの進行も比較的

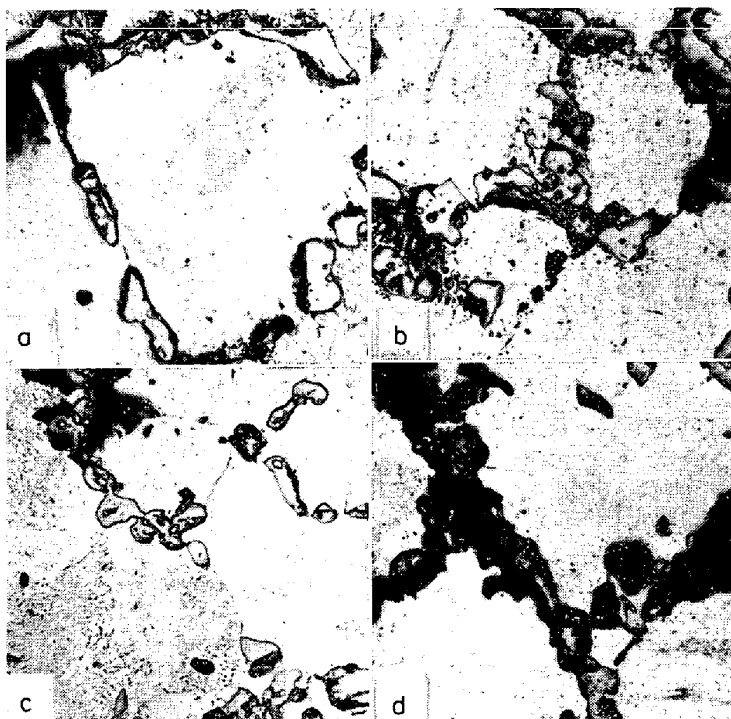
ゆるやかである (Photo. 2-c, d).

なお、電解抽出残査のX線同定により、炭化物は、鑄



(a) IS-1 (C+N=0.187%) (b) IC-1 (C+N=0.302%)
(c) IC-5 (C+N=0.450%) (d) IC-7 (C+N=0.691%)

Photo. 1. Microstructures of representative as-cast specimens. $\times 550$ (5/7)



(a) IS-1 ruptured after 61.7hr under 0.50kg/mm² of stress.
(b) IC-7 ruptured after 157.2hr under 0.50kg/mm² of stress.
(c) IC-2 ruptured after 1202.9hr under 0.35kg/mm² of stress.
(d) IC-7 ruptured after 220.0hr under 0.35kg/mm² of stress.

Photo. 2. Microstructures of representative specimens ruptured at 1200°C. $\times 550$ (5/7)

放し状態において $M_{23}C_6$ および M_7C_3 で、ラプチャー試験後は $M_{23}C_6$ のみであることがわかった。

以上、顕微鏡組織の検討から明らかなように、C+N量が多いと長時間側でラプチャー強度が低下するのは、凝集、粗大化した共晶炭窒化物の影響が大きいことに起因すると考えられる。一方、短時間側で C+N 量の多いものが強いのは、上記のような共晶炭窒化物の影響が強く現われるまでにいたらず、鑄造時における過飽和固溶の C, N による強化作用がその含有量が多いほど大きいわけであると思われる。

したがって、28Cr-15Ni 耐熱鑄鋼の 1200°C のラプチャー強度は、C, N の影響に関して、共晶炭窒化物の量によつて一義的に決まるといえる。

4. 結 言

28Cr-15Ni 耐熱鑄鋼の 1200°C ラプチャー強度におよぼす C, N の影響を検討した結果、C, N 量が多いと短時間側のラプチャー強度は大となるが、長時間側では、粗大化した共晶炭窒化物の影響をうけて、強度は逆に低下することがわかった。

文 献

- 1) 藤田, 笹倉: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 1414
- 2) 藤田, 笹倉: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 1011
- 3) 井上, 土屋, 松本: 鉄と鋼, 50 (1964) 8, p. 1210
- 4) 土屋, 松本, 井上: 鉄と鋼, 52 (1966) 8, p. 1202
- 5) 今井: 鉄と鋼, 51 (1965) 13, p. 2336

一 討 論

【質問】 28Cr-15Ni 耐熱鑄鋼の用途にはどんなものがあるか。

【回答】 レトルト, ポットなどの高温容器である。

【質問】 1200°C ラプチャー試験に用いているチャック材質は何か。

【回答】 これまで種々の鍛圧, 鑄造材を用いてみたが、現在では一応 28Cr-15Ni 鑄鋼に落ちついている。

【質問】 試料について、Nを添加しないのにN量が多いものがあり、またC量の多いものはN量も多くなっている傾向がうかがわれるが、理由は何か。

【回答】 28Cr-15Ni 鑄鋼の高周波誘導炉溶解において、N含有量は返り材の種類と配合率ならびに炉の容量に対する溶解量すなわち溶湯の攪拌の度合などに支配される。実操業においては、これらのうち返り材の配合率の影響が最も大きい。返り材の配合率の大きいとN含有は増す。しかも返り材のC含有量が比較的高い場合には、溶解材のC量をおさえることはそれだけ困難になる。理由はここにあると思う。

【質問】 日立安来 新持喜一郎

Fig. 2 において長時間になるとラプチャー強度

に対する粗大化炭窒化物の負の影響が強くなることにより2種類の応力における挙動を説明されているが、高応力の均衡の比較的長時間側における挙動はいかに説明されるか。

また低応力も均衡の短時間側における挙動との関係はいかに説明するか。

〔回答〕 Fig. 2 において、高応力の均衡の比較的長時間側とは換言すれば 0.50 kg/mm^2 応力における C+N 量の比較的多い側になるわけだが、クリープ時間が 100 hr 程度以上におよんだ状態では、すでに C, N 固溶による強化作用は失われて、多量の共晶炭窒化物が存在するうえに、その粗大化も進行していて、炭窒化物相界面でのクラックの発生、成長が容易に助長される段階にあると考える。

低応力の均衡の短時間側、すなわち 0.35 kg/mm^2 応力の C+N 量の多い側においては、比較的応力であるため粒内すべりによるクリープが少なく、固溶 C, N の効果はそれだけ減ずる反面、多量の炭窒化物の存在とその粗大化のために、比較的早く破断に到るものと考えられる。

したがって、Fig. 2 は 8 点の試料に対する結果にもとづいて作図したため、両応力の場合とも C+N 量の多い側で破断時間が均衡しているかのようにみうけられるが、実際に均衡するかというとはなはだ疑問に思われる。C+N 量が实用範囲以上にさらにも多くなれば、共晶炭窒化物の量は増加し、その形状も大きくなるものと考えられる。このような組織になると炭窒化物相界面におけるクラックの発生、成長はさらに容易となり、ラプチャー強度は低下するようと思われる²⁾。

実際に試験してみなければ確かなことはいえないがこのような考えにしたがえば、さらに C+N 量が増すと、破断時間は、 1200°C での NA-22H の破断時間と同じように、両応力の場合とも Fig. 1 の破線のように減少する可能性があるように思う³⁾。

なお、 0.35 kg/mm^2 応力の低 C+N 量側においてもさらに C+N 量が少量となれば、フェライトの晶出、

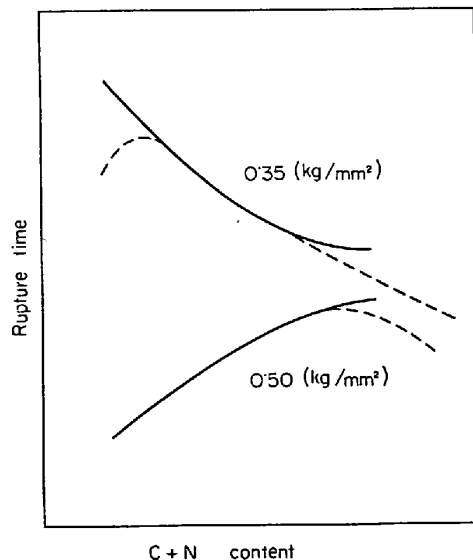


Fig. 1. Schematic relation between stress-rupture time at 1200°C and C+N content.

C, N 固溶量の減少のために、破断時間は低下するようと思われる。

文 献

- 1) 土屋, 松本, 井上: 鉄と鋼, 52 (1966) 8, p. 1202
- 2) 須藤: 日本金属学会会報, 5 (1966) 6, p. 379
- 3) 井上, 土屋, 松本: 鉄と鋼, 50 (1964) 8, p. 1210

〔質問〕 日立日立 幡谷文男

25Cr-20Ni 鋼に比べ 1000°C 付近のラプチャー強度はどちらが高いのか、またフェライトおよび σ が出やすくなると思うのだが Ni を下げている理由は何か。

〔回答〕

25Cr-20Ni 鋼と 28Cr-15Ni 鋼の $900\sim 1200^\circ\text{C}$ における 1000hr ラプチャー強度を示すと Table 1 のようになる。したがって、 1000°C 付近では 25Cr-20Ni 鋼の方がラプチャー強度は大きいといえる。ただ、さらに高温になると両鋼の強度差は僅少となり、 1200°C においてはほとんど差はなくなるとみなされる。

28Cr-15Ni 鋼では、ご指適のようにフェライトが若干出てくる可能性はある。しかし、この鋼種は鋼種であるため C 量も比較的多く、実際にはオーステナイト鋼であつて、25Cr-12Ni 鋼の場合と同様に成分のバランスをとることにより容易に完全オーステナイト組織を得ることができる。しかし Cr 量が多いため σ 析出の可能性はある。

Ni 量を下げている理由は Cr 量を上げている理由と同じで、高温における硫黄含有雰囲気での耐食性を良くすることにあると考える。

Table 1. Stress-rupture strength of 25 Cr-20 Ni and 28 Cr-15 Ni cast steel at 1000 hr. (kg/mm^2)

Steel designation	At temperature of			
	900°C	1000°C	1100°C	1200°C
25Cr-20 Ni	3.1 ¹⁾	1.9 ¹⁾	—	—
	3.6 ²⁾	1.9 ²⁾	0.96 ²⁾	—
	3.3 ³⁾	1.9 ³⁾	0.98 ³⁾	0.33 ³⁾
28Cr-15 Ni	2.9 ¹⁾	1.6 ¹⁾	0.85 ¹⁾	—
	—	—	0.90 ²⁾	0.35 ²⁾

1) Alloy Casting Institute

2) T. TSUCHIYA and Y. MATSUMOTO

3) H. S. AVERY