

3.5 耐酸化性試験

1150°C × 1hr 水冷後 750°C × 6hr 空冷の処理をほどこして φ12×25 mm 前後の試験片を作製し、大気中で管状電気炉にて 900°C, 100hr の加熱をおこなったときの酸化増量を測定した。C 0.22% の Y11 および C 0.40% の Y13 とともに酸化増量は著しく SUH 31 より耐酸化性は劣る。とくに耐酸化性を必要とする場合には Si 添加などによる耐酸化性の向上を図る必要がある。

3.6 被削性試験

1150°C 溶体化 750°C 時効処理をほどこしたものについて、ドリルせん孔試験および旋盤による旋削試験をおこなった。せん孔試験では SUH 31 の 40~50 個孔あけ数に対し Y11 は 250 個以上ときわめて優秀である。また旋削試験においては切削速度 40m/min 前後のとき工具寿命は SUH 31 の約 3 倍であった。

4. 結 言

JIS SUH 31 に比較してそれ以上の性能を有する Mn-Cr-Ni 系耐熱鋼が実用化されつつある。これら耐熱鋼のうち高 C のものは部品によつては靱性がやや不満足であり実用上問題を生ずることがある。C 量を適当にコントロールすることにより問題を解決することが可能であることがわかった。すなわち C 0.22% の Y11 は C 0.30% 以上のものに比べて強度の低下はわずかであり靱性の向上はきわめて顕著である。その他の性能も高 C のものと比較してほとんど同等またはそれ以上であり SUH 31 より優れている。

今後 SUH 31 に代わつて広く活用されることが期待される。

文 献

- 1) 荒城, 宮長, 日下, 石川: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 1962
 - 2) 依田, 吉田, 小池: 鉄と鋼: 50 (1964) 12, p. 1979
 - 3) Chi-Mei HSIANS and E. J. DULIS: Trans. Amer. Soc. Metals, 49 (1957), p. 655.
- 669.14.018.85:669.1524.26-194.3
:620.172.251.2

(172) 25Cr-20Ni 系ステンレス鋼の高温強度特性について

日本冶金川崎製造所

工博 深瀬幸重・西間 勤・江波戸和男

○大久保延弘

On the High Temperature Strength of 25Cr-20Ni Stainless Steels

Dr. Yukishige FUKASE, Tutomu NISHIMA
Kazuo EBATO and Nobuhiro OKUBO

1. 緒 言

25Cr-20Ni 系ステンレス鋼圧延鍛造品は C の低い SUS 42 (C ≤ 0.08%) および C の高い SUH33 (C ≤ 0.25%) に分けられ、場合によつては C 0.3% 以上の材料も使用されている。これらの材料を高温で使用すると carbide および σ 相の析出が起こることは従来から知られているが、C 量ならびに溶体化処理温度と高温強度との関係を明確にした報告は少ない。そこで主として SUS 42 および SUH 33 につき各種試験を行ない、その高温強

Table 1. Chemical composition of steels studied.

Steel	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
SUS 42	0.070	0.53	1.72	20.02	25.40	0.12	0.06
SUH 33	0.157	1.05	1.67	20.80	24.44	0.09	0.06
25-20-HC	0.443	0.65	1.00	20.14	26.16	0.19	0.07

度特性に対する C 量ならびに溶体化処理温度の影響について検討した。

2. 供試材および実験方法

市販の SUS 42 (25 mm φ) および SUH33 (28 mm φ) を用い、これらを 1050~1250°C × 20 min W.Q. の溶体化処理後供試材とした。Table 1 に供試材の分析値を示す。なお Table 1 25-20HC は比較材として用いたものである。

高温短時間引張試験は常温から 850°C まで行ない、試験片は常温のみ平行部 12.7 mm φ, G.L. 50.8 mm 他は平行部 6.35 mm φ, G. L. 25.4 mm のものを用いた。またクリープ破断試験温度は 650, 750°C, 応力はそれぞれ 650°C では 13, 18 kg/mm², 750°C では 5 kg/mm² を採用した。試験片は高温短時間引張試験片と同一のものを用いた。

組織変化については時効試料およびクリープ破断試験片の平行部より試料を採取して光学顕微鏡で観察した。

3. 実験結果および考察

3.1 溶体化処理温度と結晶粒度, 硬さの関係

1050~1250°C 溶体化処理後の粒度および硬さの変化を Fig. 1 に示す。結晶粒は溶体化処理温度が低い場合 SUH 33 は SUS 42 より細かいが、1150°C 以上では急に粗大化し、1250°C ではほとんど差がなくなる。また硬さは C の高い SUH 33 のほうが全体に高い。

3.2 高温短時間引張試験結果

SUS 42, SUH 33, および 25-20 HC 3 鋼種の高温短時間引張試験結果を Fig. 2 に示す。試験温度が低い場合、引張強さは 25-20 HC 材が最も強く、次に SUH 33, SUS 42 と C 量の順になつていいるが、試験温度が高くなるにしたがつてその差は少なくなり、750~850°C ではほとんど差がなくなる。一方伸びは引張強さとは逆に C の低い SUS 42 が最も大きく、次に SUH 33, 25-20 HC の順となつていいる。また絞りの傾向は伸びと大

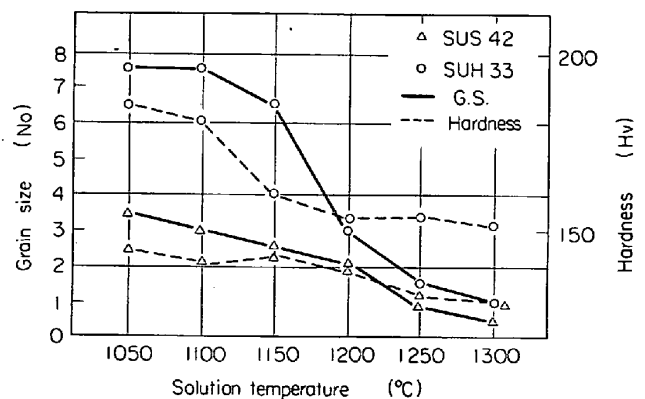


Fig. 1. Effect of solution-annealing temperature on grain size and hardness of steels studied.

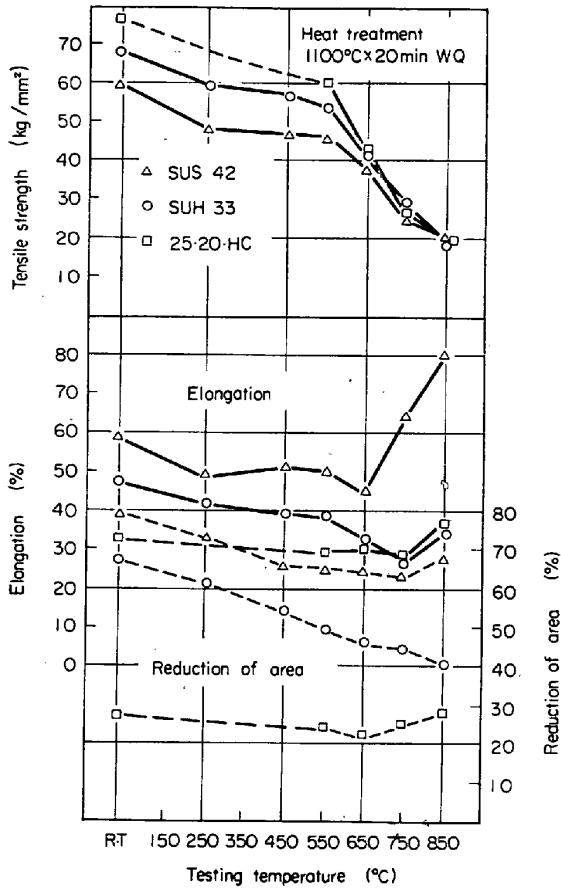


Fig. 2. High temperature mechanical properties of steels studied.

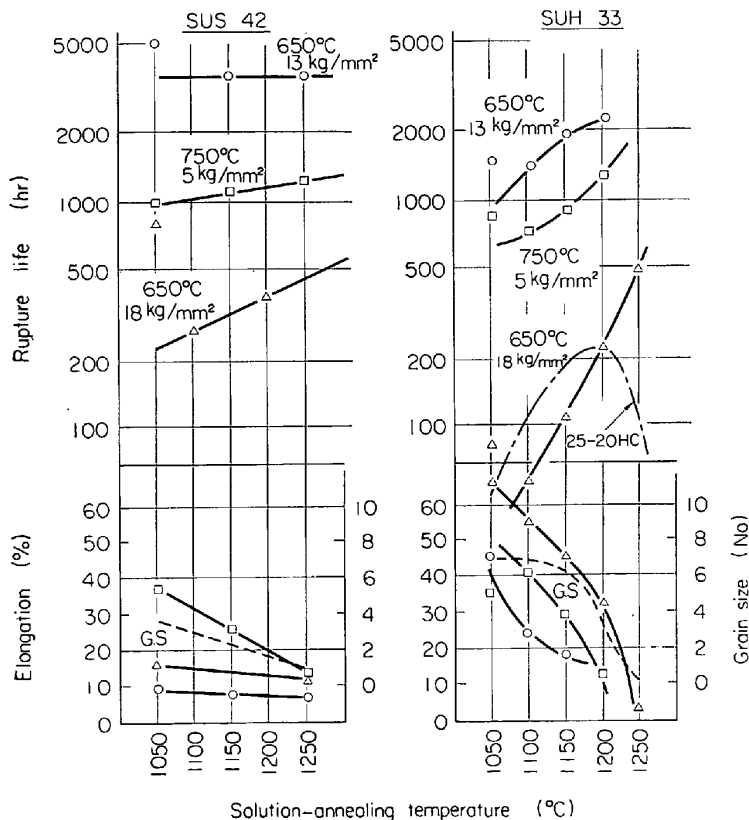


Fig. 3. Creep-rupture properties of SUH33 and SUS42.

体同じでC量の低いものほど高い。

3.3 クリープ破断試験結果

SUS 42 および SUH 33 を 1050~1250°C で溶体化処理後クリープ破断試験を行なった結果を Fig. 3 に示す。本供試材は市販のもので、すべて 1100°C 近辺で1度溶体化処理をしてあるために各プロットを線で結ぶ場合、1050°C の data は除外した。

溶体化処理温度のクリープ破断強度におよぼす影響は両鋼種とも類似し、いずれも溶体化処理温度が高くなるとその破断時間は長くなる。しかしながらCの低いSUS 42 (C 0.070%) はその増加量が比較的少ないが、Cの高い SUH 33 (C 0.157%) は増加量が多い。以上から溶体化処理温度が低い場合、C の低い SUS 42 のほうが強いが、溶体化処理温度が高い場合は C の高い SUH 33 のほうが強くなることが知られた。比較のために Fig. 3 に 25-20 HC 材の結果を一点鎖線で示したが、溶体化処理温度 1200°C まではその傾向は SUH 33 と同じで、傾斜は比較的大きい。

このように 25Cr-20Ni 系ステンレス鋼の高温クリープ破断強度は溶体化処理温度によつて大きな影響を受けまたその効果はC量によつて異なるために、この鋼種の高温長時間強度を評価する場合には常に溶体化処理温度ならびにC量に注意しなければならないであろう。

3.4 クリープ破断試験後の組織変化

Photo. 1 および Photo. 2 にそれぞれ SUS 42 および SUH 33 のクリープ破断試験前後の組織を示す。

SUS 42 の組織は Photo. 1-A に示したように溶体化処理温度が低い場合、結晶粒が細かく多少未固溶の carbide が残っているが、溶体化処理温度を高くすると

Photo. 1-B のように結晶粒が大きくなり、未固溶の carbide はなくなる。750°C 試験後の組織は溶体化処理温度が低い場合、Photo. 1-C のように結晶粒界、粒内ともかなり多くの粗大なσ相が析出するが、溶体化処理温度を高くするとPhoto. 1-D のように粒界、粒内ともσ相が減少し、同時に粒内には微細な carbide の析出がみられるようになる。

一方 SUH 33 はC量が多いため、Photo. 2-A に示したように 1050°C の溶体化処理温度では多くの未固溶 carbide が粒内にみられるが、溶体化処理温度を高くすると Photo. 2-B のようにほとんど固溶される。750°C 試験後の組織変化を Photo. 2-C, D に示したが、傾向としてはほとんど前述 Photo. 1-C, D, SUS 42 と同様である。

つぎに 650°C で試験した両鋼種の組織変化の傾向は前述 750°C の場合と同様であるが、σ相および carbide の析出量は 750°C に比べるとずっと少ない。

なおクリープ破断試験中に発生する割れは、σ相自身かσ相とγ相の粒界かははつきりしないがいずれもσ相の析出している結晶粒界にみられる。

以上 3.3 および 3.4 で述べたように 25Cr-20Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度は溶体化処理温度によつて大きく左右されるが、これは、

(1) carbide の溶解度, (2) 試験中の析出挙動, (3) 結晶粒度の変化に対応するものと考えられる. このうち結晶粒度の影響を Fig. 3 に示した. SUH 33 の結果でみると, 溶体化処理温度を 1100°C, 1150°C および 1200°C にすると結晶粒度はそれぞれ 7, 6.5, 3.5 となり, 1150°C 以上で結晶粒は粗大化し, 1100°C, 1150°C では大きな差がない. これに対して試験温度 650°C, 750°C とともに 1100~1200°C 溶体化処理材の破断時間はほとんど同じ割合で変化しており, 結晶粒度の変化と破断時間の変化とが対応しない. 一方組織変化は前述のとおり溶体化処理温度の低いものと高いものでは析出物の量, 大きさ, 析出挙動に大きな差がある. したがって本試験結果から 25Cr-20Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度は, 結晶粒度も決して無視できないが, むしろ carbide の固溶度ならびに試験中の析出挙動に大きく左右されるものと考えられる.

4. 結 言

1) SUS 42 に比べて SUH 33 の結晶粒は低い溶体化処理温度では細かいが, 1150°C 以上では急に粗大化し, 1250°C 以上ではほとんど両者の差がなくなる.

2) 高 C 材の高温短時間強度は 750°C 以下では強いが, 750°C 以上ではほとんど差がなくなる. また伸び, 絞りは C が高いと低くなる傾向にある.

3) C 量のいかにかわらず, いずれも溶体化処理温度を高くすると高温クリープ破断強度は向上する. その効果は C が高いほど顕著である.

4) 試験中の組織変化は carbide および σ 相の析出が主体で特に σ 相は長時間後粗大化する. またクリープ破断試験中の割れはいずれも σ 相の析出している粒界にみられる.

5) クリープ破断強度を左右する要因として (1) carbide の溶解度, (2) 試験中の析出挙動, (3) 結晶粒度があげられるが, 本試験結果からは前 2 者が (3) の結晶粒度より強い役割をはたしているものと考えられる.

一 討 論

[質問] 都立大工 宮川大海

固溶化温度が低い場合は low carbon 鋼のほうが rupture strength が大といわれるが未固溶の carbide は強度にどんな影響を与えるのか (この場合固溶 C 量は同程度, 粒度は high carbon 鋼の方が小さいと考えられるが).

[回答]

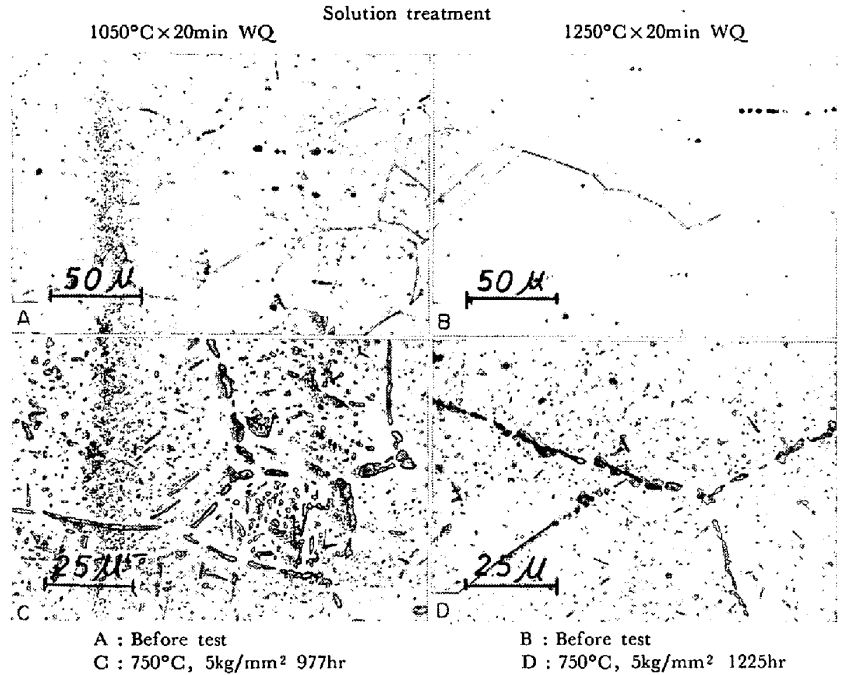


Photo. 1 Microstructures of SUS42 before and after creep-rupture test.

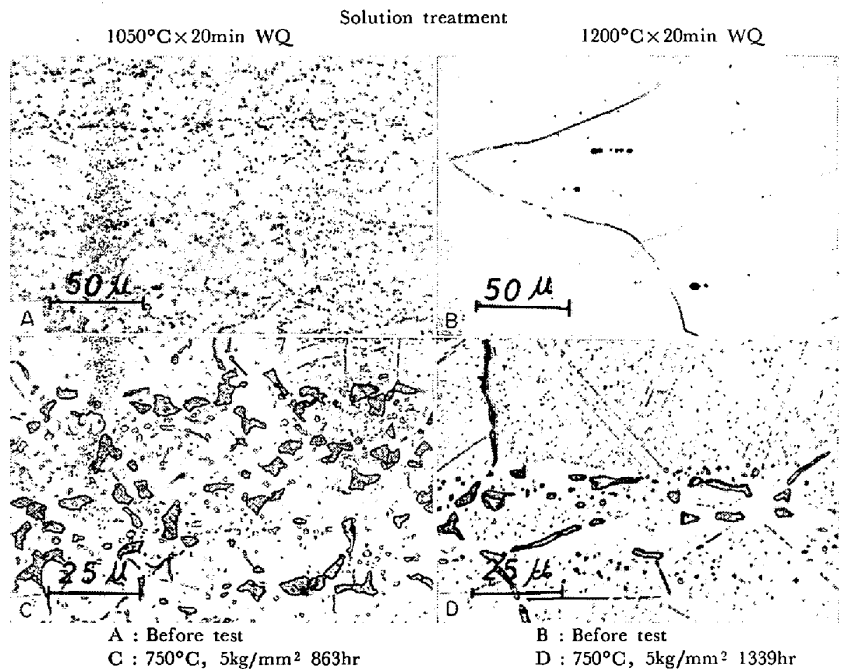


Photo. 2 Microstructures of SUH33 before and after creep-rupture test.

今回の供試材すなわち, C の低い SUS 42 (C 0.07%) と C の高い SUH 33 (C 0.157%) の固溶化温度が低いものについてラプチュア強度を比較した場合, ご質問のとおり 650~750°C の試験温度で SUS 42 のほうが強いという結果を得た.

この点について SUH 33 の組織をみると matrix 中に比較的粗大な未固溶の carbide が存在しているが, これは強度にはほとんど寄与しないと考えられる. 一般に固溶化処理不十分で比較的大きな未固溶 carbide が結晶粒界および粒内に多数残っているような場合は, 良好な

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。

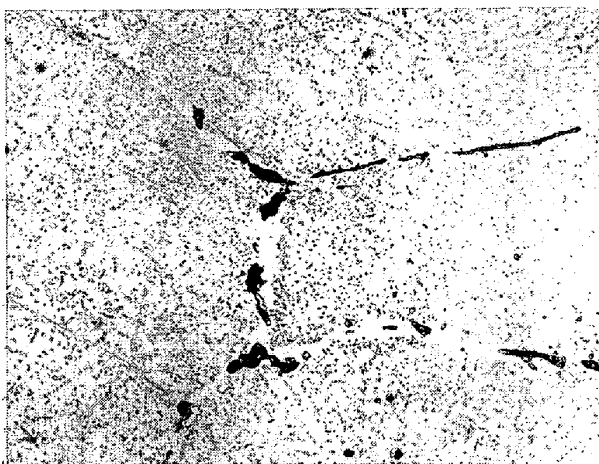
高 C 25Cr-20Ni は極大点を示し、1250°C になると強度低下しているが、これは只今の組織となにか関連があるのか。

[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。