

結晶偏析そのものが間接的に軸受に与える影響としてはほかにもいろいろあるであろう。たとえば地疵検査においてマクロ的非金属介在物のほかの結晶偏析が表われることがある。しかし地疵検査そのものが批判せられるべき性質のものであることは前に述べたとおりである³⁾。あるいは炭素量の偏析によつて球状化焼鈍が困難となり、また球状化が実施されても粒度が不揃となる可能性がある。この結果として軌道面の切削、研磨にさいして表面状態が均一にならないということも考えられる。しかしこれは製造上の困難性はあるとしても顕微鏡的観察によつて十分球状化されていることが確認されるならば素材としては問題ないことである。

上述の諸性質以外の要求が発生しない限り、鋼管として製造された軸受素材に対しては結晶偏析はいちじるしい影響を示さないと結論することができる。

VI. 結 言

本研究において高温均質加熱が軸受に与える影響を本質的に研究した。この結果鋼管に製造された高炭素クロームの軸受用素材に対してはいちじるしい影響を示さないことが結論された。高温均質加熱が省略あるいは簡略化されると製造上の立場から原価的のみならず製造期間の短縮など工業上有効な結果を招来することになる。

(昭和 35 年 7 月寄稿)

文 献

- 1) 青木三策, 吉川 功: 潤滑, 3, 4 (1958), 191
" 4, 5 (1959), 243
- 2) 三好栄次, 松浦信夫: 鉄と鋼, 45 (1959), No. 3 p. 345
- 3) 三好栄次: 鉄と鋼, 46 (1960), No. 14 p. 1744

13 Cr ステンレス鋼におよぼす P の影響について*

(13 Cr ステンレス鋼の研究—I)

山中直道**・日下邦男***・北原正信***

Influence of P on Properties of 13 Cr Stainless Steels.

(Studies on 13 Cr stainless steel—I)

Naomichi YAMANAKA, Kunio KUSAKA and Masanobu KITAHARA.

Synopsis:

To investigate the influence of P on properties of 13 Cr stainless steels, which were widely used for kitchen utensils, medical instruments, high-temperature duties and other uses. The authors measured the transformation temperatures, the hardness change, the mechanical properties at room and elevated temperatures and studied the corrosion resistance to 40% boiling nitric acid and to 5% acetic acid at room temperature and boiling.

The results obtained were as follows:

- (1) The Ac transformation temperatures were raised but the Ar¹¹ beginning points were lowered by P addition.
- (2) The as-annealed hardness of these steels and of cold-drawn materials were increased with P contents. The as quenched hardness was subjected to the influence of quenching temperatures but was not affected by P content. The resistance to softening by tempering were enhanced by P addition.
- (3) The tensile and yield strengths at room and elevated temperatures were increased by P addition, but elongation and reduction of area at room temperature were slightly decreased. The impact strength were lowered with P content.
- (4) The corrosion resistance to 40% boiling nitric acid was enhanced by less than 0.05% P, but the resistance to 5% boiling acetic acid was decreased by P addition.

* 昭和 32 年 4 月本会講演大会にて発表 ** 故 特殊製鋼株式会社研究所 工博 *** 特殊製鋼株式会社研究所

I. 緒 言

13 Cr ステンレス鋼のうち、SUS-1 はスプーン、フォーク、その他台所用器具などに、SUS-2 は硬化状態で食器用ナイフ、医療器具などに広く使用されているが、これら 13 Cr 系ステンレス鋼の熔製に当つては製鋼条件によつてしばしば P および Si の高まる場合がある。P は SUS-1, -2 においては JIS で <0.030 , AISI で <0.040 に規定されている。13 Cr 系ステンレス鋼におよぼす P の影響については多くの研究があるが、まだ明らかでない点が多いので、著者らは硬度、変態点、機械的性質および耐食性などにおよぼす P, Si の影響を調べるためにいろいろの実験を行なつた。第 1 報として P の影響について報告する。

供試材は Table 1 に示すごとき組成のもので 35kVA 高周波誘導炉を用い、7 kg の鋼塊を熔製し、これを 16 mm ϕ に圧延して使用した。

II. 実験結果

(1) 変態点

本多式熱膨脹計を用い、 $2.5^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ の加熱および冷却速度で Ac, Ar 点の開始および終了点を求めた。つぎに 1000°C に 10mn 保持後空冷した場合の Ar'' 開始点を求めた結果を Table 1 の右欄に示す。

Ac 点の開始および終了点は SUS-1, -2 とともにほとんど差が認められないが、いずれも P の増加するにしたがつてやや上昇する。 $\alpha \rightarrow \gamma$ への変態収縮量は SUS-1 よりも -2 が大きく、P が増加するにしたがつて SUS-1, -2 とともに収縮量の減少が認められる。

Ar'' 開始点は SUS-2 が -1 よりもやや低く、ともに P の増加により降下する。 $\gamma \rightarrow$ マルテンサイト変態による膨脹量とともに P の増加により減少する。SUS-2

の変態膨脹量は SUS-1 に比較してやや大きい。

以上 13 Cr 系ステンレス鋼では C 量の増加により γ 域が拡大されるが、P を増加することにより逆に γ 域は狭くなるために生ずる現象であると思われる。

(2) 焼鈍硬度

小試片を 850°C で 2h 保持後、炉冷した場合の硬度をロックウェルおよびブリネルで測定した結果を Fig. 1 に示す。SUS-2 は -1 に比較して焼鈍硬度は全般に H_RB 5~10 程度高く、SUS-1, -2 とともに P の増加にしたがつて硬度は上昇し、P の増加量に対する硬度の上昇率は SUS-1, -2 とともに同程度で、P が 0.01~0.1% に増加すると、SUS-1 で H_RB 72 から 82 に、SUS-2 で H_RB 80 から 88 と約 H_RB 10 程度ほぼ直線的に上昇する。

以上 P の増加により焼鈍硬度は上昇し、焼鈍状態における冷間加工はやや困難になることを示している。

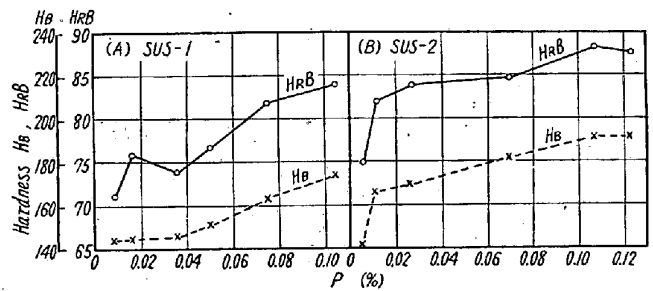


Fig. 1. Effect of P on the as-annealed hardness.

(3) 焼入硬度

小試片を 850°C から 1050°C の 50°C ごとの各温度に 30mn 保持後、油冷した場合の硬度測定結果を Fig. 2 に示す。

SUS-2 は SUS-1 に比較して一般に焼入硬度は高くともに焼入温度の上昇にしたがつて焼入硬度も増加するが、焼入温度が 1000°C を越すと焼入硬度の差が減少し

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)								Ac $^{\circ}\text{C}$	Ar $^{\circ}\text{C}$	Ar'' 1000°C $\times 10\text{mn}$ AC
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu			
CRH- 1	0.08	0.20	0.26	0.008	0.014	tr	12.81	tr	820~880	795~715	260~150
- 2	0.07	0.23	0.26	0.016	0.010	0.04	13.48	0.14	825~880	810~740	235~140
- 3	0.07	0.21	0.24	0.036	0.009	0.04	13.33	0.14	830~885	805~755	240~150
- 4	0.07	0.25	0.25	0.050	0.011	0.05	13.42	0.13	830~890	795~750	235~140
- 5	0.08	0.20	0.27	0.075	0.012	0.03	13.21	0.13	835~885	805~760	220~140
- 6	0.08	0.26	0.25	0.105	0.010	0.04	13.45	0.13	835~890	810~755	225~140
- 8	0.15	0.24	0.25	0.012	0.011	0.04	13.53	0.16	820~880	825~740	227~110
- 9	0.15	0.27	0.27	0.027	0.009	0.03	13.53	0.16	825~880	825~740	222~110
-10	0.16	0.26	0.26	0.070	0.009	0.03	13.57	0.16	825~885	830~750	230~110
-11	0.18	0.26	0.28	0.107	0.009	0.04	13.62	0.14	830~890	835~755	210~105
-12	0.16	0.27	0.27	0.124	0.010	0.05	13.57	0.15	835~890	825~755	215~110

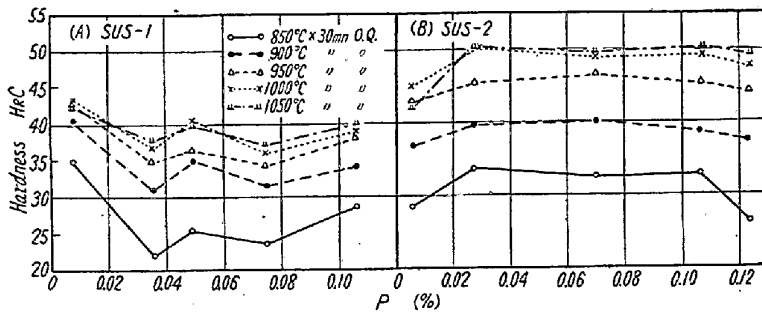


Fig. 2. Effect of P on the as-quenched hardness.

SUS-1 では P 0.05% 以上の場合 1050°C 焼入の硬度は 1000°C 焼入の硬度に比較してむしろ低下する。SUS-1, -2 とともに P の量による硬度の変化はあまり顕著でなく、SUS-1 で焼入温度が低い場合には P の増加により硬度が低下するのが認められるが、焼入温度の上昇により P の量による硬度変化があまりいちじるしくなくなる。

以上のごとく一般に P の量によつて焼入硬度はあまり影響されないことが認められる。

(4) 焼戻硬度

1000°C に 30min 保持したのち、油冷した小試片を 1000°C から 700°C の各 100°C ごとの各温度で 1h 焼戻した場合の硬度変化を測定した結果を Fig. 3 に示す。SUS-1 は SUS-2 に比較して焼入硬度および各温度における焼戻硬度は低い。

SUS-1 では 300°C 焼戻で一部硬度の低下するものもあるが、一般に 500°C までの焼戻硬度は焼入硬度とあまり差が無く、500°C を越すと急激に軟化を起し硬度は低下する。軟化の程度は P の量の少ないものがいちじるしく、P が 0.01% では 500°C から 700°C と焼戻温度が上昇することにより HRC で 30 程度硬度低下があるが、P が 0.10% に増加すると HRC 20 程度となり、700°C 焼戻による硬度低下は、P の増加によつて減少することを示している。

SUS-2 においては 200°C 焼戻から硬度低下を示し、300°C までに HRC 3~5 程度の軟化がある。300°C から 500°C まではあまり変化せず、500°C を越

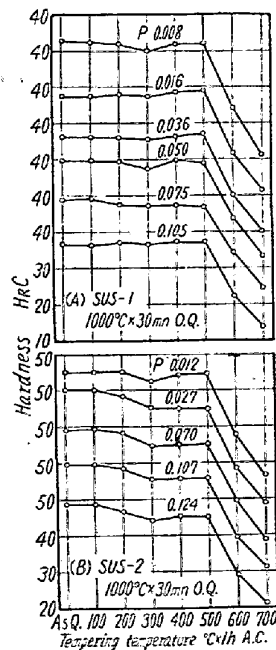


Fig. 3. Effect of P on the as-tempered hardness.

すと SUS-1 同様急激な低下を示すが、P の量による影響は SUS-1 とまったく同様で、P の量が増すにしたがい 500°C 以上の焼戻による軟化が少なく、SUS-1 と同程度の硬度低下を示す。

以上 P の増加により 13 Cr ステンレス鋼の焼戻軟化抵抗が大きくなることが認められるがこの理由は明らかでなく、P の量の増加により焼入による固溶 Fe₃P の量が増加し、500°C 以上の焼戻によりこれが析出して来るためと思われる。

(5) 冷間加工および焼鈍による硬度変化

13 Cr 系ステンレス鋼の成形加工の場合には冷間による加工も多く行なわれるため冷間加工による硬度変化およびこれを各温度で焼鈍した場合の硬度について測定した。12.25mm φ の焼鈍材を断面収縮率 20~60% になるように冷間引抜したものおよび焼鈍状態で引張試験を行なつた試片について断面収縮率 20~60% の点における硬度を測定し、冷間加工度による硬度変化を測定した。SUS-1 は前者により、SUS-2 は後者によつたものである。さらにこれを 300°C ~700°C の各温度に 1h 焼鈍した場合の硬度を測定した結果を Fig. 4 に示す。SUS-2 は SUS-1 よりも焼鈍硬度も高いが、冷間加工による硬度も高く SUS-1, -2 とともに冷間加工度の増加により硬度はいちじるしく上昇する。P の低いものは加工度による硬度差がいちじるしく SUS-1 で P, 0.01% のものでは冷間加工 20% で HRC 16, 冷間加工 60% で HRC 26 程度の硬度上昇を示すが、P の量が増加すると加工度による硬度差が少なくなり、P 0.10% では冷間加工 20% で HRC 15, 60% 冷間加工で HRC 19 程度の硬度増加となる。SUS-2 も同様の傾向を示す。

つぎにこれを 300°C から 700°C の各温度で 1h 保持後、空冷した場合の硬度変化を見ると、SUS-1, -2 とともに P の低いものは 300°C 空冷によりやや硬度が増加するが、SUS-2 でこの傾向はいちじるしく、HVN で 20 前後の硬度上昇を示す。P の量が増加するとこの傾向はあまり認められなくなる。さらに温度を上げると、P の低いものは SUS-1, -2 とともに硬度は低下し、500°C 以上では加工度の大きいものが急激に硬度低下を起すが、加工度の少ないものは硬度低下が少ない。

SUS-1, -2 の P が増加すると、SUS-2 では 400°C ~500°C 空冷で急激な硬度上昇を示し、硬度の上昇率は冷間加工度の高いものがいちじるしい。SUS-1 でも P が高く、冷間加工度の多いものは一部この傾向が見られるがあまり顕著でない。上昇した硬度も 500°C 以上か

らの空冷により急激に硬度は低下するが、SUS-1、-2ともに冷間加工度の高いものが硬度低下も大きく、冷間加工度の低いものが硬度低下が少ない。

以上のごとく SUS-1、-2ともにPの量の多いものが焼鈍および冷間加工硬度も高く、焼鈍による軟化もPの多い、冷間加工度の少ないものが少ないようである。

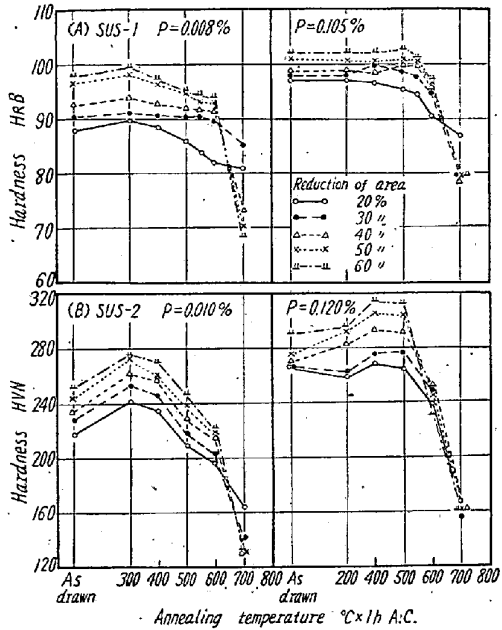


Fig. 4. Hardness change by cold drawing and annealing.

(6) 常温機械的性質

A) 焼鈍状態: C量の少ない13Cr系ステンレス鋼では焼鈍状態で使用するものも多いので、焼鈍状態における機械的性質を調べた。850°Cで2h保持後、炉冷した試片につき機械的性質を求めた結果をFig. 5に示す。抗張力、降伏点は一般にSUS-2がSUS-1より約10 kg/mm²高く、伸び、絞り率は5~10%低く、衝撃値もまたSUS-2が約10 kg-m/cm²低い。SUS-1、

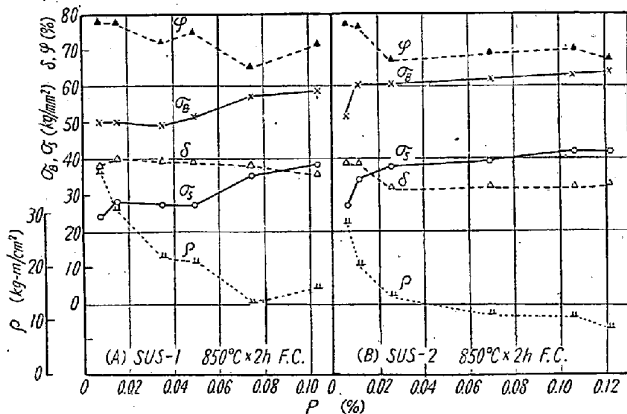


Fig. 5. Effect of P on mechanical properties at room temperature in as-annealed state.

-2ともにPが増加すると前述のごとく焼鈍硬度も上昇するが、同時に抗張力、降伏点も上昇する。SUS-1ではPが0.01%から0.10%に増加すると、抗張力、降伏点は約10 kg/mm²、SUS-2でもほぼ同程度増加する。伸び、絞りはSUS-1、-2ともPが0.01%から0.10%に増加すると5~10%減少する。シャルピー衝撃値もPの増加により急激に減少し、Pが0.01%から0.10%に増加すると1/3~1/2程度に減少する。Pが増加するにしたがつて以上の結果より冷間加工が困難になることを示している。

B) 焼入焼戻状態: 1000°Cで30mn保持後、油冷し、さらにこれを750°Cで2h焼戻したものについて常温機械的性質を調べた結果をFig. 6に示す。焼鈍状態と比較して、SUS-1、-2ともに抗張力は約10 kg/mm²、降伏点は10~20 kg/mm²増加するが、伸び、絞りは10~20%低下し、シャルピー衝撃値はあまり大差は認められない。焼入焼戻状態における抗張力、降伏点はSUS-2がSUS-1よりも約10 kg/mm²高く、ともにPの増加によつて抗張力、降伏点は上昇し、Pが0.01%から0.10%に増加すると、5~10 kg/mm²程度の上昇が認められる。伸び、絞りはSUS-2がSUS-1と比較してやや低く、Pの増加により絞りは低下するが、伸びはあまり変化しない。シャルピー衝撃値はSUS-2がSUS-1よりも低く、ともにPの増加により急激に減少し、Pが0.01%から0.10%に増加すると1/4~1/2に減少する。

以上焼入焼戻状態においてはPの増加により抗張力、降伏点は上昇し、伸び、絞りは減少し、衝撃値は低下することを認めた。

(7) 高温機械的性質

1000°Cに30mn保持後、油冷したSUS-2の試片を

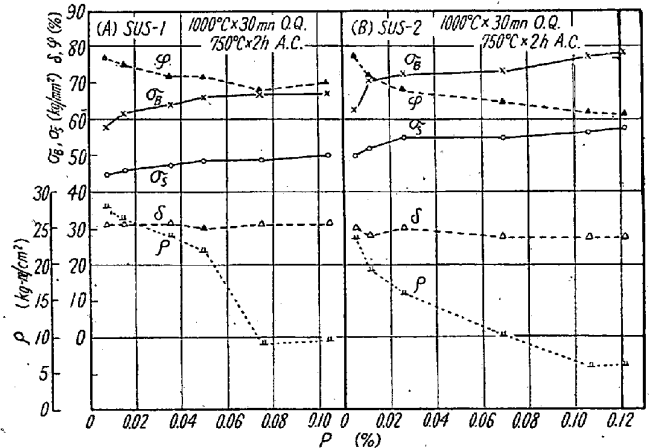


Fig. 6. Effect of P on mechanical properties at room temperature.

さらに 750°C で 2h 焼戻して、650°C における高温機械的性質を調べた結果を Fig. 7 に示す。P が 0.01% から 0.10% に増加すると 5 kg/mm² 程度抗張力は増加する。伸び、絞りも常温の場合と逆に P が 0.01% から 0.10% に増加すると 5% 程度増加する。650°C における抗張力が P の増加により上昇し、同時に伸び、絞りも増加することは耐熱部品として使用する場合に良い影響があると思われる。

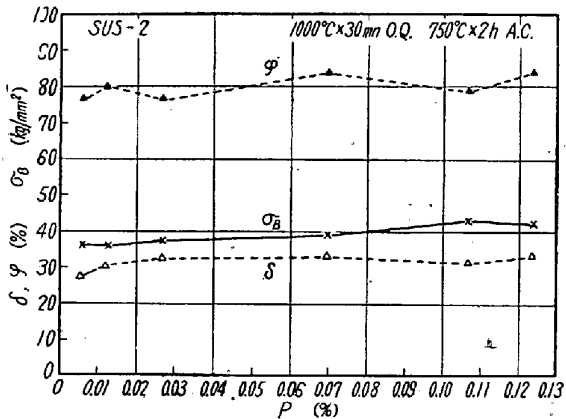


Fig. 7. Effect of P on mechanical properties at 650°C.

(8) 腐食試験

A) 40% 沸騰硝酸による腐食: 850°C で 2h 保持後炉冷した材料および 1000°C で 30mn 保持後、油冷した試料、さらに SUS-1 の焼鈍材 12.25mm φ から 8mm φ に冷間引抜(断面収縮率57%)を行なった試片について 04 ペーパー仕上げを行ない、アルコール、エーテルで洗浄したのち、40% 沸騰硝酸中で 8h 腐食試験を行なった結果を Fig. 8 に示す。SUS-1, -2 ともに焼鈍状態のものは P の含有量に対する腐食減量も同程度となり P の量による傾向もほぼ同様で、P が 0.03~0.04% 付近で減量は最低となる。さらに P の量が増すとふたたび

減量を増すが、SUS-1, -2 とも 0.05~0.07% で最高値を示し、それ以上の P に対してはむしろ減量はやや低下する。これを焼入することにより、SUS-1, -2 ともに焼鈍状態に比較して腐食抵抗を増し、減量は 1/4~1/2 に減少する。P の量の増加により減量を増し、P は 0.07% 付近で焼鈍状態同様に最大の減量を示す。また SUS-1, -2 ともに腐食減量にはほとんど差が無い。58% 冷間加工を施すと焼鈍状態よりいちじるしく腐食抵抗を増し、焼入状態における場合と同程度になる。P の量による影響も焼入状態のものと同様の傾向を示す。

B) 5% 醋酸による腐食: 850°C で 30mn 保持したのち、炉冷した材料および 1000°C で 30mn 保持後、油冷した。11φ x 51mm の試片について前述のごとき仕上げを行ない、5% 沸騰醋酸中で 8h および 5% 室温醋酸中で 120, 260h 腐食試験を行なった結果を Fig. 9 に示す。SUS-1, -2 ともに焼鈍状態のものは 5% 沸騰醋酸中で腐食減量も多く、一般に SUS-1 がやや多いようで、ともに P の増加により減量は減少し、P が 0.01% から 0.10% に増すと減量は約 1/3 に減少する。これを 1000°C から油冷すると、腐食抵抗は増大し、焼鈍状態に比較して減量は 1/3~1/2 に減少する。P の量による影響も焼鈍状態と同様で、P の量が増すと、減量はいちじるしく減少し、腐食抵抗の増加することを示している。SUS-1 の焼鈍材を 5% 室温醋酸中で 120, 260h 腐食すると、沸騰の醋酸に比較して減量はきわめて少なく、P の量による影響もあまり顕著でないが、120h から 260h に時間を増すと全体に減量を増し、腐食が時間とともに増すことを示している。

以上の腐食試験により、40% 沸騰硝酸では P が 0.03~0.04% 付近でもつとも腐食抵抗が強く、また 5% 沸騰醋酸では P の量が増加するにしたがって腐食抵抗も増大

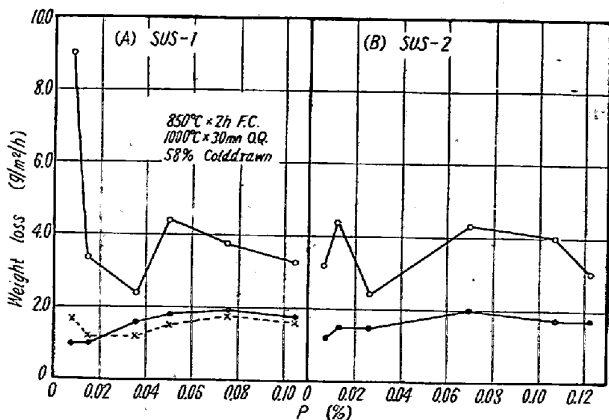


Fig. 8. Effect of P on the corrosion resistance to 40% boiling nitric acid.

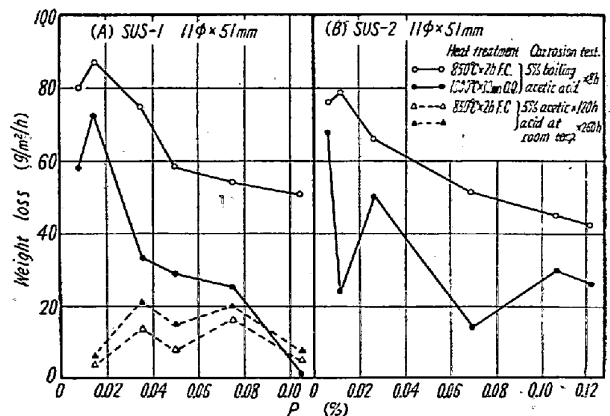


Fig. 9. Effect of P on the corrosion resistance to 5% acetic acid.

することが認められる。

III. 結 言

以上 13 Cr 系ステンレス鋼に P をいろいろ添加して試料を作り、その性質におよぼす影響について実験した結果はつぎのごとくである。

(1) Ac 変態点は P の増加により上昇するが、Ar'' 開始点は P の増加により低下する。

(2) 焼鈍および冷間加工による硬度はいずれも P の増加により上昇する。各種熱処理状態における抗張力、降伏点は P の増加により上昇するが、伸び、絞りおよび衝撃値は低下する。650°C においては抗張力、伸び、絞りともに P の増加によりやや増加する。

(3) 40% 沸騰硝酸に対する腐食抵抗は P の増加によりやや減少するが、5% 沸騰醋酸に対する腐食抵抗は P の増加により増大することが認められた。

(昭和 35 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) J. FRIAUF: Trans. A.S.S.T., 17 (1930), p. 273
- 2) H. SCHRADER: Trans. Indian Inst. Met., 6 (1952), p. 104
- 3) A. COOK: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 148 (1943), p. 217
- 4) D. SCHOEMAKER: J. Am. Chem. Soc., 72 (1950), p. 5793
- 5) R. VOGEL: Arch. Eisenhüttenw., 12 (1939), p. 387

窒素吸収処理による 20% Cr-Ni-Fe 合金の材質改善について*

(耐熱材料における合金元素としての窒素の作用について—IX)

岡 本 正 三**・宮 川 大 海***

On the Improvement of Various Properties of 20%Cr-Ni-Fe Alloys by Nitrogen-Absorption Treatment.

(On the function of nitrogen as an alloying element in heat-resisting materials—IX)

Masazō OKAMOTO and Ōmi MIYAKAWA.

Synopsis:

Studies have been made on the formation of the nitrogen-bearing austenite in 20% Cr-Ni-Fe alloys containing nickel up to 10% by the authors' nitrogen-absorption method and the thermal behavior of the formed austenite. The corrosive resistivity and the elevated temperature spring property obtained by this treatment have also been investigated. The results obtained are as follows:

1) Austenite containing about 0.4% of nitrogen is formed in 20% Cr-Ni-Fe alloys by nitrogen-absorption treatment at 1250°C. for 4 hours. The depth of the nitrogen-bearing austenite zone from the surface is widened with increase of the nickel content of alloys, while the nitrogen content of this zone is lowered gradually as the nickel content is raised in the alloys containing 4% or more of nickel.

2) When the nickel content of the alloys is 2% or more, the nitrogen-bearing austenite is retained by the quenching in water. In the alloys containing 6% or more of nickel, no martensite is formed even by the subzero-treatment using the liquid oxygen.

3) In the nitrogen-absorbed alloys the lamellar phase is developed at grain boundaries during the aging at 700°C.. The fine precipitants are also found within grains after the prolonged aging if the nickel content of alloys is higher than about 6%. The hardness of the aged alloys up to 780 hours is always kept to be higher than that of the alloys before the aging.

* 昭和 35 年 4 月本会講演大会にて発表 ** 東京工業大学 工博 *** 東京都立大学