

Table 2. Effect of tantalum on mechanical properties of steel material,

Specimen No.	Yield strength (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Yield point (%)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Hardness (HB)	Charpy impact value (kg-m/cm ²)
T-1 (Ta: None)	34.2	56.6	60.4	35.0	59.3	137	7.4
T-2 (Ta: 0.010%)	40.7	55.4	73.4	34.6	60.9	140	10.5
T-3 (Ta: 0.095%)	41.3	55.4	74.5	33.2	61.2	145	14.8
T-4 (Ta: 0.129%)	42.8	53.1	80.5	35.2	61.4	136	13.4
T-5 (Ta: 0.148%)	42.0	53.4	78.6	36.0	62.4	142	13.8
T-6 (Ta: 0.188%)	41.3	52.3	77.5	35.3	59.7	146	15.3

0.095% の Ta の添加によつて降伏点は約 7 kg/mm², 衝撃値は約 8 kg-m/cm² 上昇する。このような Ta のすぐれた特性を利用することにより、複雑な熱処理をおこなうことなく靱性の高い鋼をつくるのが可能であり、また調質処理材においても熱処理条件を適当に選択することにより、さらに靱性のすぐれた鋼をつくるのが可能である。

9. 衝撃遷移温度

Ta の添加によつて鋼の衝撃遷移温度は低温側へ移行する傾向が認められる。たとえば Ta 量が 0.095% の場合、遷移温度 (15 ft·lb エネルギー) は -48°C であり Ta を含まない同鋼種の鋼に較べて約 30°C 低温側に移行している。同様な現象は焼準材または調質材においても認められる。

10. 焼戻し軟化抵抗性および焼戻し脆性

1100° および 1200°C で焼入をおこない、700°, 650°, 600°, 550°, 500°, 470°, 440°, 410°, 350°, 300°, 250° および 200°C の各温度で焼戻し、常温における衝撃値ならびに硬度を測定し、焼戻し軟化抵抗および焼戻し脆性におよぼす Ta の影響を調べた。その結果によれば Ta は鋼の焼戻し軟化抵抗性を向上させる作用を有しており、わずかながら二次硬化現象ならびに焼戻し脆化現象が認められるが、焼戻し後の靱性はやや向上する傾向がある。

11. 応力歪による歪時効性

前記 II 項に述べたようにして調製した鍛伸材を 900°C で 1 hr 加熱して焼準し、さらに 700°C で 6 hr の球状化処理をおこなつたのち、JIS 4号引張り試験片 (9.9 mm φ) を作製し、引張り試験機により降伏点以上に荷重を加えて 5% 歪をあたえたのち、荷重をとりさり 230°C の油浴中で 5, 10, 60 および 600 min 保持して時効させ、ふたたび荷重をかけた場合の降伏点の変化を測定し、それより時効量を求めた。本実験に用いた鋼種を考慮すれば、供試材中の Ta 量が本鋼種に対しては少なく、したがつて歪時効性におよぼす Ta の影響を如実に把握することはむづかしいが、本実験結果によれば Ta は鋼の歪時効性を減少する作用を有していることを認めた。

V. 結 言

鋼中の特殊元素に関する研究の一環として、鋼の諸性質におよぼす Ta の影響について検討をおこなつた結果を要約すればつぎのとおりである。

(1) 鋼中に Ta を添加すると、微細な Ta の炭化物または窒化物が析出し、鋼のオーステナイト結晶粒は微細化する。これらの炭化物または窒化物はいずれも地鉄

に対する溶解度が非常に小さく、しかも固溶速度がきわめて遅いので結晶粒の粗大化温度をいちじるしく上昇させる。また、(2) 鋼に Ta を加えると結晶粒の微細化と相俟つてこれらの微細な析出物が転位の移動を拘束する結果、鋼の材力的強度とくに降伏強度が増大し、降伏比が大きくなり、常温ならびに低温における靱性が向上することを明らかにした。

このような Ta のすぐれた化学冶金学的性質を利用することにより新しく優秀な材質を有する高温滲炭用鋼、構造用鋼ならびに構築用鋼あるいは珪瑯用鋼の開発が可能であると考えられる。

(143) ステンレス鋼分塊圧延におよぼす Si 含有量の影響

(ステンレス鋼線材製造技術に関する研究—I)

神戸製鋼所, 神戸工場

水内 通・○相原 精一

Effect of Si Content on Hot Rolling of Stainless Steel.

(Technique for production of stainless steel wire rod—I)

Tōru MIZUUCHI and Seiichi AIHARA.

I. 緒 言

ステンレス鋼線材の多くは冷間伸線され、金網、コールドヘッダー、スプリング、溶接棒芯線などに使用されている。一般に線材は耐食性ほかに良好な冷間伸線性および圧造性が要請されている。したがつて AISI の規格鋼種でも Ni, Cr の成分バランス C, Si, Mn, P などの成分範囲がかなり限定されているばかりでなく、製品の表面疵は 0.1 mm 以下に規定されている場合が多い。ゆえに溶解で十分な成分調整を行なうとともに合理的な熱間加工をほどこし表面疵の少ない製品を製造しなければならぬ。

実際ステンレス鋼の分塊圧延ではしばしばクラックが発生し、歩留が大巾に低下することがある。ゆえに鋼塊均熱方法ならびに分塊圧延法はいろいろとくふうされているが、最も重要なのは成分の調整にある。すなわち、若干の成分含有量の変動は表面疵発生に大きな影響を与え鋼塊均熱および分塊圧延法を大きく左右するものである。

従来ステンレス鋼の各成分が高温捻回値におよぼす影響についての研究^{1)~3)}はいろいろ行なわれているが、実

Table 1

Steels Specimen	Chemical composition (in wt.%)										Rotation speed (rpm)	Testing temperature (°C)	Heating time (min)	Number of test			
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	N	O							
310	1	0.11	0.18	1.73	0.016	0.020	0.08	21.98	26.87	0.018	0.0150	328	1150,	1200,	1250	30	4
	2	0.11	0.32	1.73	0.016	0.020	0.08	21.98	26.80	0.017	0.0104	328	1150,	1200,	1250	30	4
	3	0.11	0.50	1.70	0.017	0.020	0.08	21.98	26.80	0.018	0.0078	328	1150,	1200,	1250	30	4
	4	0.11	0.73	1.70	0.017	0.020	0.08	21.98	26.75	0.018	0.0063	328	1150,	1200,	1250	30	4
308	1	0.04	0.15	1.59	0.020	0.012	0.07	9.85	21.02	0.021	0.0095	328	1150,	1200,	1250	30	4
	2	0.04	0.30	1.58	0.021	0.012	0.07	9.85	21.08	0.021	0.0089	328	1150,	1200,	1250	30	4
	3	0.04	0.44	1.55	0.022	0.013	0.07	9.85	21.05	0.022	0.0051	328	1150,	1200,	1250	30	4
430	1	0.07	0.08	0.73	0.026	0.011	0.05	0.21	17.05	0.014	0.0103	328	1150,	1200,	1250	20	4
	2	0.07	0.24	0.72	0.025	0.011	0.05	0.21	17.03	0.014	0.0099	328	1150,	1200,	1250	20	4
	3	0.07	0.44	0.73	0.027	0.010	0.05	0.21	17.03	0.014	0.0071	328	1150,	1200,	1250	20	4
	4	0.07	0.65	0.70	0.027	0.010	0.05	0.21	17.00	0.014	0.0085	328	1150,	1200,	1250	20	4
17Cr-1Cu	1	0.04	0.08	0.44	0.018	0.013	0.84	0.24	16.44	0.014	0.0106	328	1150,	1200,	1250	20	4
	2	0.04	0.16	0.44	0.018	0.012	0.84	0.24	16.45	0.013	0.0101	328	1150,	1200,	1250	20	4
	3	0.04	0.28	0.40	0.019	0.013	0.84	0.24	16.40	0.013	0.0091	328	1150,	1200,	1250	20	4
	4	0.04	0.55	0.43	0.019	0.012	0.84	0.24	16.40	0.014	0.0088	328	1150,	1200,	1250	20	4

際の生産工程でしらべたデータは比較的少ない。われわれはステンレス鋼の分塊圧延時表面クラック発生の要因となる諸成分元素のうち、線材の冷間加工性にも重要な意味をもつ Si に着目し、これが熱間加工性におよぼす影響をオーステナイト系フェライト系およびマルテンサイト系の各鋼種について、現場データの解析を行なうとともに高温捻回試験との関係を実験し、さらに 17Cr-1Cu ステンレス鋼 (フェライト系) については Cu 含有量および分塊温度なども要因にとり工場実験を行ない、Si との関係をはっきりさせた。

II. 実験ならびに調査方法

(1) 高温捻回試験

高温捻回試験材は AISI 304, 308, 310, 316, 430, 17Cr-1Cu の各鋼種について 500kg 塩基性高周波炉で溶製した。Si 含有量の調整は 1 溶解で順次成分を高めつつ 50kg 鑄型に注入し、これを 40mm φ の鋼片に圧延し、これより平行部 10mm φ × 80mm の捻回試験片を切削して作成した。つぎに上記の鋼種のうち 310, 308, 430 および 17Cr-1Cu 試片の成分および高温捻回試験条件を Table 1 に示す。

(2) 現場調査要領

線材用ステンレス鋼はいずれも 3t 鋼塊より 110mm φ の鋼片に分塊圧延するが、分塊過程で発生したクラックなどの表面疵はいずれも鋼片にて疵取りを行なうので、この疵取り歩留損失をもつて表面品質の代用特性値とし、Si そのほかの成分との関係を統計的にしらべた。さらに AISI 310, 308, 17Cr-1Cu ステンレス鋼については稀土類元素の処理およびコンセルアーク溶解などの効果も合わせて Si 含有量との関係をもとめた。さらに 17Cr-1Cu ステンレス鋼については Cu 量, Si 量, 均熱温度などを要因にとり L_s2⁷ 型の工場実験を行ない、これらの成分と分塊割れとの関係を明らかにした。

III. 調査結果と考察

1. オーステナイト系ステンレス鋼の高温加工性におよぼす Si の影響

オーステナイト系ステンレス鋼は一般に変形抵抗が大きく、また変形能も悪い。とくに 310 (25Cr-20Ni) 系のは酸素に起因した熱間脆性を示し、さらに 308 のごとく Ni, Cr 成分のバランスで α, γ の 2 相組織を含むものは組織上きわめて変形能が悪い。Si は前者に対しては脱酸上重要な意味をもち、また後者については脱酸上ばかりでなく組織的にも影響があると考えられる。

Fig. 1 は 310, 308 ステンレス鋼について Table 1 に示すごとく、Si 含有量 0.18~0.73% に変化せしめ高温捻回試験を行なった結果を示す。

310 では Si 含有量の増加とともに捻回数が増加する。これは Table 1 に示すように Si 含有量の増加につれて O 量が減少し熱間脆性が改良されるものと考えられ、310 の場合 Si 含有量と O 含有量とは直線的な関係にあり、実際分塊作業の指針となりうる。また温度との関係については 1200°C が最も良好であり温度の低下とともに急激に捻回値が低下し、加工性が悪くなる。一方 308 については、Si の含有量は捻回値に大きな影響がなく、むしろ Si の増加とともに若干減少の傾向にあり、α 相の増加に起因するものと推定される。しかし

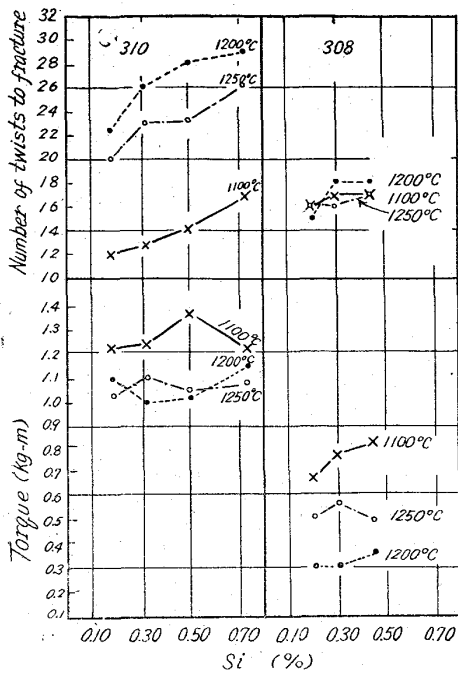


Fig. 1. Effect of Si content on hot-ductility of AISI type-310 and 308 stainless steel.

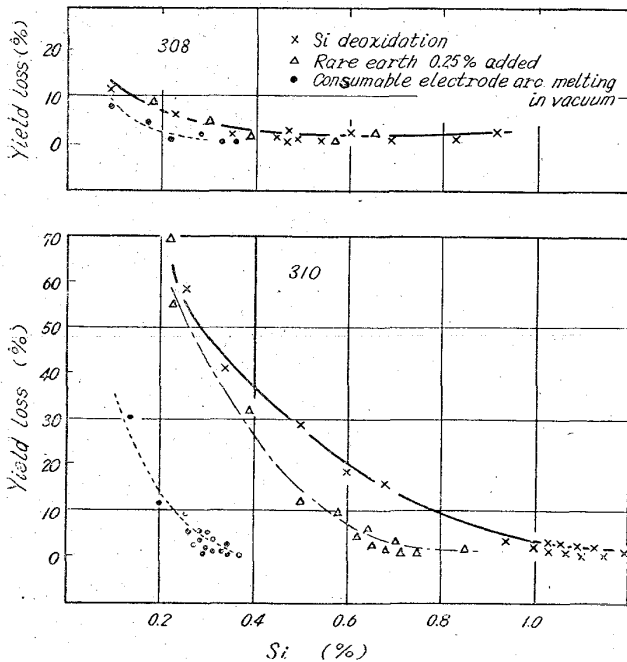


Fig. 2. Effect of Si content on yield loss for cleaning defect of billet

Si が 0.20% 以下になると若干減少する。このときの O は 0.0095% となり Si 0.44% のときの O = 0.0051% に比してかなり増加している。

次に 310 について約 50 チャージ、308 について約 20 チャージの現場調査結果について検討したところ Fig. 2 に示すとおりである。310 についてみれば Si 単独脱酸を行なった場合 Si 量 0.8% 以下になると分塊時コーナークラックが発生し、急激に歩留損失が多くなり、さらに Si 量が 0.4% 以下になると全面的なクラック発

生が起こる。しかし希土類元素 2.5 kg/t の使用によって改善され Si 0.6% までクラックの発生がなくなる。しかし希土類元素の使用効果は絶対的なものでなく、Si 0.4% 以下になるとクラックの発生が起こる。すなわち希土類元素 2.5 kg/t の添加は Si 0.20% に相当する効果が認められる。次に消耗式電弧真空溶解を行なうと O 含有量は 0.0040% 以下にまで下がり、その結果 Si 0.20% までほとんどクラックの発生はない。若干鋼塊の頭部に介在物に原因するクラックが発生するにすぎない。

308 は現場作業では鋼塊ソーキングによりおおむねオーステナイト一相として分塊するが若干残留しているフェライトの影響が大きく、Si 含有量は大きな影響はない。しかし Si = 0.20% 以下になると酸素含有量の増加によって若干加工性が悪くなり、クラック発生が起こる。このような 2 相組織を示すものについてコンセルアーク溶解の効果を見るため数チャージの実験を行なったが、Si 含有量の低いものには若干の効果がみとめられた。

以上オーステナイトステンレス鋼の場合、高温捻回試験結果と、現場操業結果と非常によく似た傾向を示しており、単一 γ 組織のオーステナイトステンレス鋼では Si 量によって高温加工性の良否が判断できる。

2. フェライト系ステンレス鋼の熱間加工性におよぼす Si の影響

フェライト系ステンレス鋼の代表鋼種として AISI 430 (17Cr) ステンレス鋼があげられるが、オーステナイト系に比して変形低抗が小さく、また変形能も良好である。ゆえにほとんど問題なく分塊しうる鋼種であるが、Cu を 1% 含有した 17Cr-1Cu ステンレス鋼になると、しばしば分塊時にクラックの発生をみることがある。この問題を解明するため、430 および 17Cr-1Cu ステンレス鋼について Si 含有量を 0.08~0.70% に変化せしめて高温捻回試験を実施した。その結果を Fig. 3 に示す。

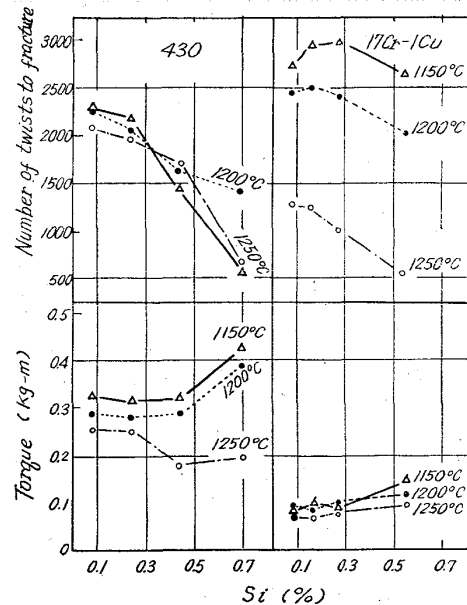


Fig. 3. Effect of Si content on hot-ductility of AISI type 430 and 17Cr-1Cu stainless steel.

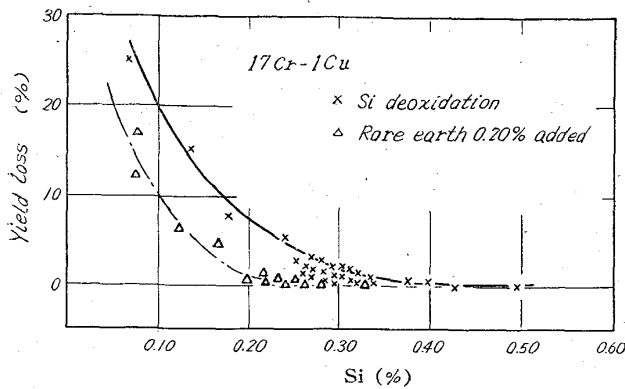


Fig. 4. Effect of Si content on yield loss for cleaning defects of billet.

430 の場合 Si 含有量が多くなれば捻回値は順次低下してくる。一方 17Cr-1Cu は 430 に比して Si 含有量の増加による捻回値の低下は顕著でない。また 1100~1250°C の温度範囲では明らかに低温がよい。捻回トルクは Si 量増加により両鋼種ともに上がり気味である。総じてフェライト系ステンレス鋼は脱酸不良による熱間加工性の低下はほとんどなく、むしろ Si 固溶による加工性の低下のほうが大きいと考えられる。

そこで 17Cr-1Cu ステンレス鋼の分塊時に発生するクラックの原因を現場実験にてしらべることとした。

すなわち要因として次の 3 因子 2 水準をとり、特性値は歩留をもつて示した。

Si 含有量	<0.20%	>0.30%	2 水準
Cu 含有量	0.75~0.85	0.95~1.05%	2 水準
均熱温度	1150°C	1250°C	2 水準

L₂₇ 型の現場実験を行なったところ Si 含有量については 1% の危険率で有意、Cu 量は有意差なし、均熱温度については 5% の危険率で低温が良好である。そこで低温圧延を行なった 20 チャージについて Si 量と分塊時に発生するクラックによる歩留損失との関係を現場データよりしらべたところ Fig. 4 に示すごとくである。この図より Si 0.30% 以下になると分塊時にクラックが発生する。この結果と高温捻回試験結果とからみて、脱酸不良による脆性でなく、ほかの原因によるものと考えられいろいろと調査の結果、Si 30% 以上含まれるものについては Silicate に属する A 型の介在物が多かつたが、Si が 0.20% 以下のものでは Chromite 系の多量の介在物の集合がみとめられ、これよりクラックの発生が起こつたものと推定される。

IV. 結 言

各種ステンレス鋼について、熱間加工性におよぼす Si 含有量の影響を高温捻回試験結果と現場操業とを対比して述べたが、フェライト系とオーステナイト系では若干その性状をこととしている。すなわち

(1) オーステナイト系とくに 310 型については Si 含有量の低下につれて熱間加工性は悪化し、Si が 0.60% 以下になると分塊は不可能になる。しかし希土類元素の添加および真空溶解を行なうことによりかなり改善される。

(2) フェライトおよびマルテンサイト系ステンレス鋼は Si 含有量の増加により本質的に熱間加工性を悪く

する。しかし Si=1.00% 程度まで分塊圧延を困難ならしめない。Si 量が極度に低いときは Cr₂O₃ 系の介在物が鋼塊表面に多量に集積し、分塊時のクラック発生の原因となるものと考えられる。

文 献

- 1) 森島達夫: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 928~929
- 2) 塚本富士夫他: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 1892~1897
- 3) R. A. PERKINS and W. O. BINDER: J. Metals, (1957), p. 239~245

(144) 冷間または昇温歪をうけた低炭素鋼の 2, 3 の機械的性質におよぼす鉛の影響

山陽特殊製鋼 ○小 柳 明
金属材料技術研究所 工博 荒 木 透

Effect of Lead on Some Mechanical Properties of Low Carbon Steel, Cold or Warm Strained.

Akira KOYANAGI and Dr. Tōru ARAKI.

I. 緒 言

鋼の引張り特性におよぼす鉛の影響については従来、若干の報告があるがとくに冷間加工、歪時効、青熱脆性と結びつけた報告はあまりない。本報では低炭素鋼の昇温引張、昇温予歪後の常温引張、冷率材の歪時効後の常温引張試験などを行なって主として歪時効、青熱脆性との関連において低炭素鋼の引張特性におよぼす鉛の影響を調査した。一方、歪時効状態での疲労特性や歪時効、過時効状態での切削分力を測定し焼準状態のそれらと比較した。

II. 供試材および実験方法

供試材は別報“低炭素鋼の衝撃特性におよぼす鉛の影響”で使用した中の B グループで塩基性高周波炉製 30 kg 鋼塊より鍛伸された 50mm 角ピレットを 22mm φ に圧延後焼準した。これより中間焼鈍なしで冷間引抜した 18, 16mm φ 材も供試材とした。その化学成分は Table 1 に示す。

昇温引張試験は 18mm φ 引抜材を 900°C×1 hr 焼準後、平行部径 8mm, 標点距離 30mm, 両端ネジ付き引張試験片を削り出し常温より 550°C の各温度で 30 分加熱保持しながら 30 t 引張試験機で行なった。

昇温予歪後の常温引張試験は同様に平行部径 10mm 標点距離 36mm の試験片で常温より 550°C までの各温度で 30 分加熱保持しながらダイヤルゲージの読みが ~12% 伸びを示すまで引張り、空冷後常温で再び引張り破断させた。

歪時効後の引張試験は 16mm φ 引抜材を常温 ~550°C までの各温度で 1 時間歪時効後、平行部径 10mm, 標点距離 36mm の試験片を削り出し引張った。

疲労試験は 22mm φ 焼準材, 16mm φ 引抜歪時効材 (200°C×1 hr 時効) より 15mm φ, 長さ 210mm, αK=1.96 の切欠試験片を削り出し小野式回転曲げ疲労試験機で行なった。