

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

L₈2⁷ 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, α_K=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。

Table 1. Chemical analysis of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sol Al	Pb	N
B ₀	0.09	0.40	0.57	0.017	0.038	0.11	0.10	0.18	0.005	—	0.008
B ₄	0.09	0.41	0.55	0.017	0.038	0.11	0.10	0.18	0.007	—	0.008
B ₅	0.09	0.37	0.53	0.017	0.038	0.11	0.10	0.18	0.005	0.20	0.008

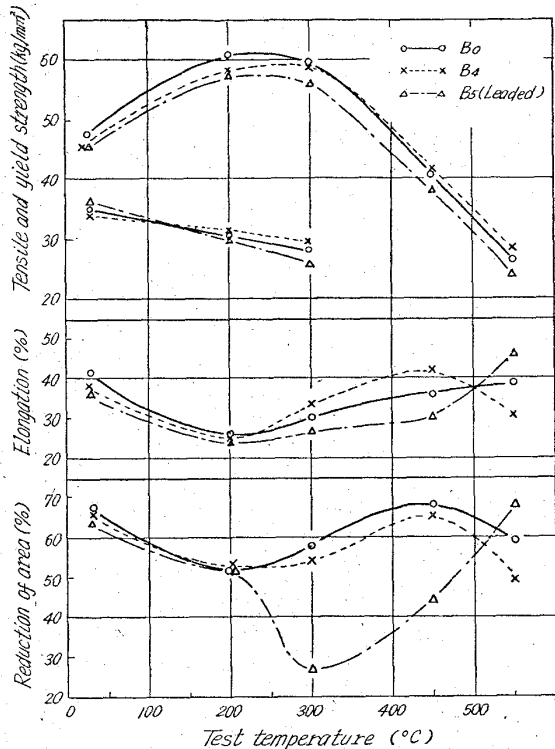


Fig. 1. Short-duration elevated-temperature tensile tests of leaded and nonleaded specimens as normalized.

被削性試験は 22mm φ 焼準材, 18mm φ 引抜材, およびこれの 200°C×1 hr 時効材, 16mm φ 引抜後 700°C×1 hr 歪取焼鈍材などをタンガロイ S1 バイトを用い切込 1.0mm, 送り 0.3mm/回, 切削速度 50 m/min, 100m/min, 切削油なしなどの諸条件で切削分力計付き L S 型実用高速旋盤で行ない, 主分力 (F_c), 背分力 (F_t), 送り分力 (F_s) を測定した。

以上の諸試験は含鉛 B₅, 無鉛 B₀, B₄ 試料について行ない, 歪時効, 青熱脆性状態でのこれら諸特性におよぼす鉛の影響を調査検討した。

III. 実験結果

1) 昇温引張試験

Fig. 1 に焼準材の常温より 550°C までの各温度で行なった昇温引張試験結果を示す。~300°C 以上では含鉛によりわずかに引張強さが低下している。降伏強さも大体同傾向のようである。伸び, 絞りも 300°C 以上で低下するが特に絞りのそれははなはだしい。550°C では逆に向上が認められる。

2) 昇温歪後の常温引張試験

Fig. 2 に焼準材の常温 ~550°C までの各温度で ~12% 伸びの歪を与えたものの常温引張試験結果を示す。歪後の引張強さは含鉛による応力時効緩和のた

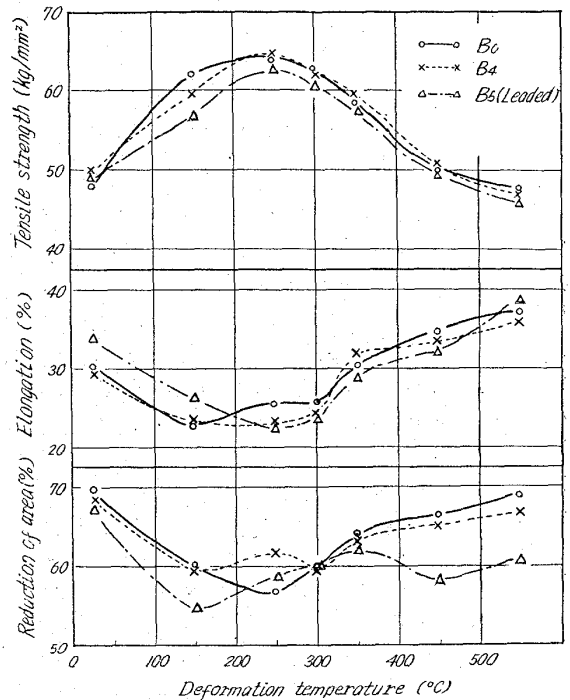


Fig. 2. Room-temperature tensile properties of leaded and nonleaded specimens after deformation, 12% elongation at the indicated temperatures.

めか 200°C 前後で若干低下している。伸びは 250~300°C を境として低温歪では含鉛材は向上し高温歪ではわずかに低下気味ではあるが大差ない。絞りは 300°C 前後では差がないが ~150°C および 400~550°C 歪材では無鉛に比しかなり低い。

3) 歪時効後の常温引張試験

Fig. 3 に 16mm φ 引抜材 (冷率率 4.7%) を常温 ~550°C までの各温度で 1 hr 時効後の常温引張試験結果を示す。

含鉛による歪時効緩和のため, 引張強さは大体全域にわたって低下を示し伸びは ~250°C 以下の歪時効では低いだがそれ以上では大差は認められない。絞りは無鉛の B₀, B₄ の間にも相当大きなバラツキがあるので何ともいえないが ~150°C 以下は含鉛 B₅ は少し低めであるが大差はない。550°C で向上がみられるのは再結晶挙動に関係すると考えられる。

4) 焼準材, 歪時効材の疲労試験

Fig. 4, Fig. 5 に焼準材および 47% 引抜加工後 200°C×1 hr の歪時効を行なった試料の小野式回転曲げ疲労試験機で行なった疲労試験結果を示す。900°C 焼準では含鉛の B₅ は無鉛の B₀ に比較して若干の疲労限の低下が認められるようである。一方冷率後 200°C 歪時効

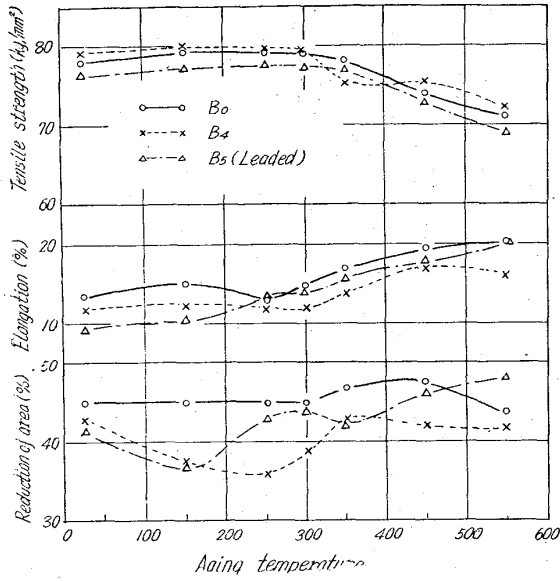


Fig. 3. Room-temperature tensile properties of leaded and nonleaded specimens cold worked 47% reduction of area, and aged at the indicated temperatures.

では無鉛の B₀, B₄ の間にもかなりのバラツキがあり含鉛の B₅ との有意差は認められないようである。

5) 被削性試験

22mm φ 焼鈍材, 18mm φ 引抜材, およびこれの 200°C×1 hr 時効材, 16mm φ 引抜後 700°C×1 hr 歪取焼鈍材を 50m/min の速度で切削分力計付き L S 型実用高速旋盤を用いて被削性試験を行ない 3 分力を測定した結果を Table 2 に示す。

切削速度 50m/min では焼鈍状態および引抜後 700°C 焼鈍状態では各分力とも明らかに含鉛の B₅ は無鉛の B₀, B₄ に比して低くなっている。しかし引抜のままおよび引抜後 200°C 時効を行なったものは各分力とも含鉛の方が低いが前者ほど著しい差はみられない。また含鉛のものは引抜のままより引抜後時効したものの方が各分力とも低く無鉛のものはこれと反対の傾向にある。100m/min の切削速度で行なった結果 (表省略) では含鉛と無鉛との差がほとんどなくなる。そして引抜材と引抜後時効材との分力の関係が 50m/min の場合と逆になる。つまり含鉛材は引抜のままより引抜後時効した方が各分力が高くなるようである。

IV. 総括ならびに考察

昇温引張特性におよぼす鉛の影響については低炭素鋼

Table 2. Cutting forces of leaded and nonleaded specimens. (cutting speed: 50 m/min)

S	Normalized			Cold drawn			200°C aged after C. D.			700°C annealed after C. D.		
	B ₀	B ₄	B ₅	B ₀	B ₄	B ₅	B ₀	B ₄	B ₅	B ₀	B ₄	B ₅
F _c main force	61	—	45	46	46	43	46	46	42	61	66	51
F _t thrust force	23	—	13	19	18	17	19	19	16	26	26	17
F _s side force	35	—	18	30	28	25	28	28	24	45	49	30

S: Steel No.

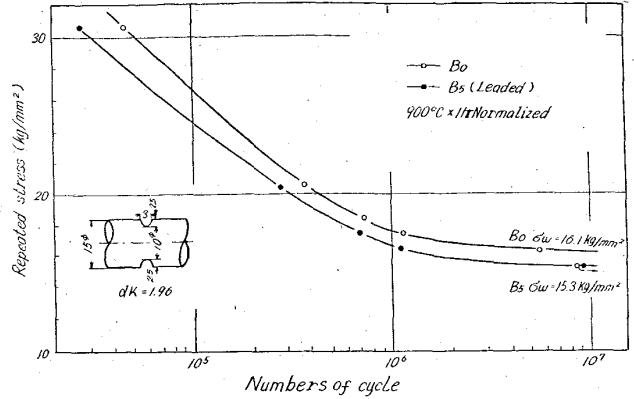


Fig. 4. S-N Curves of leaded and nonleaded specimens, normalized.

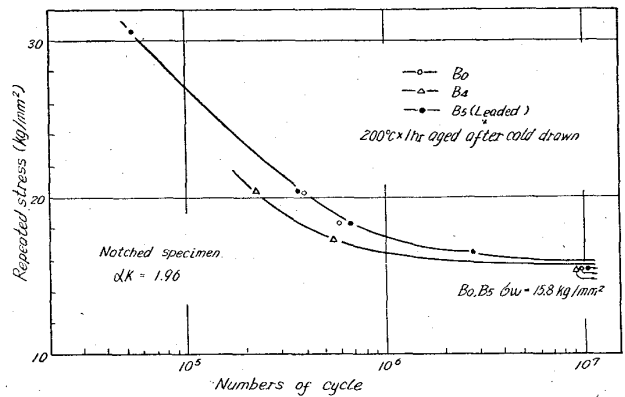


Fig. 5. S-N Curves of leaded and nonleaded specimens, cold drawn and aged.

にも従来の報告²⁾のように ~300°C で著しい絞り低下が確認され溶融鉛の切欠効果促進が主因と考えられる。程度は少ないが伸びも同様の傾向にある。絞りの ~550°C での含鉛による向上は再結晶挙動に関連した粒界剪断³⁾の相異と考えられる。昇温予歪後の常温引張では予歪率を ~12% 目標にしたが、若干の不揃いを生じた。~150°C での含鉛による絞りの低下もこれが一因である。400~550°C 予歪材での低下は予歪時の内部切欠促進と関係があるようだが明らかでない。歪時効後の常温引張試験では無鉛材同志の絞りのバラツキが大で含鉛による相異は少ないが 550°C での絞りの向上は過時効による再結晶挙動の相異のためと考えられる。

これら 3 種類の引張試験を通じて含鉛による歪時効, 応力時効緩和のためかわずかではあるが引張強さの減少がみられるにも拘らず延性が低下するのは鉛の内部切欠

の影響の大きいことが主因であろう。

切欠疲労試験では焼準材で含鉛による若干の低下がみられたが歪時効材では見られなかった。引抜時の残留応力の相違も影響していると考えられる。

被削性試験での3分力は切削速度 50m/min では明らかに含鉛による減少を認めたが 100m/min では大差がなかった。

文 献

- 1) 例えば J. WOOLMAN: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1950), July p. 257
- 2) 荒木他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1491
- 3) J. L. PETERSON: Trans. Amer. Soc. Metals 56 (1963), p. 304

(145) 低炭素鋼の衝撃特性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 the Impact Characteristics of Low Carbon Steel.

Akira KOYANAGI and Dr. Tōru ARAKI.

I. 緒 言

鋼の衝撃特性におよぼす鉛の影響については若干の報告^{1)~3)}があるがいずれも中炭素鋼や合金鋼に関するもので特に低炭素鋼の歪時効、青熱脆性と関連させた報告はない。低炭素鋼管についての著者らの報告⁴⁾は低温衝撃特性を主体とし、遷移温度と加工度の関連を明らかにした。

本報では低炭素鋼の同一溶解の含鉛、無鉛のものについて低温衝撃特性を確認する一方、主として冷間引抜後、各種温度に歪時効したものの常温、昇温衝撃試験、および昇温歪歪を与えた後の常温衝撃試験、焼準状態での昇温衝撃試験を行ない、青熱脆性、歪時効と関連した衝撃特性におよぼす鉛の影響について調査検討を行なった。

II. 供試材および実験方法

供試材は 150 kg 塩基性高周波炉で溶製した 30 kg 丸

型鋼塊を 50mm 角に鍛伸後、Aグループは 20mm ϕ 、Bグループは 22mm ϕ に圧延した。900°C 焼準後、Aグループは 20mm ϕ より 18, 17, 16mm ϕ に、Bグループは 22mm ϕ より 21, 20, 18, 16mm ϕ に中間焼鈍せずに引抜いて試料とした。Hグループは前報⁵⁾で用いたのと同様で 30 kVA 真空管式高周波炉で中性雰囲気溶製の 7kg 鋼塊を 20mm ϕ に鍛伸、900°C 焼準を行なったものである。化学組成を Table 1 に示す。

低温衝撃試験はHグループのみ常温 $\sim -60^{\circ}\text{C}$ で JIS 4号試験片 (2mm Vノッチ) を用いて行なった。昇温衝撃試験はHグループは 20mm ϕ 焼準材より 4号試験片を削りだし、Aグループは 20mm ϕ 圧延材、Bグループは 16mm ϕ 引抜材を 900°C \times 1 hr 焼準後それぞれ JIS 3号 (2mm Uノッチ)、4号試験片を削りだし常温 $\sim 600^{\circ}\text{C}$ までの各温度に 30min 加熱直後に行なった。また A, B グループとも 16mm ϕ 引抜材よりそれぞれ 3号, 4号試験片を削りだし同様に昇温衝撃試験を行なって焼準材のそれと比較した。

歪時効後の衝撃試験は B グループの 21, 20, 18, 16 mm ϕ の引抜材を常温 $\sim 550^{\circ}\text{C}$ までの各温度に 30min 歪時効して 3号, 4号試験片で行なった。

昇温歪歪後の衝撃試験は平行部 11mm 角、平行部長さ 55mm、両端部ネジ付き試験片を A グループは 20mm ϕ 圧延材、B グループは 22mm ϕ 圧延材 (何れも 900°C \times 1 hr 焼準後) より採取し 30 t アムスラー試験機に加熱炉をとりつけ常温 $\sim 500^{\circ}\text{C}$ までの各温度に 30min 加熱保持し所定温度で A グループは $\sim 17\%$ 伸び、B グループは $\sim 10\%$ 伸びを生ずるまでダイヤルゲージで測定しながら引張予歪を与え、空冷後平行部より 4号試験片を削りだし常温衝撃試験を行なった。これら各種状態での衝撃特性を硬さ、マイクロ組織などもあわせて比較検討し鉛の影響を調べた。

III. 実験結果

1) 低温衝撃試験

Fig. 1 に H グループ焼準材の常温 $\sim -60^{\circ}\text{C}$ までの V ノッチシャルピー衝撃試験結果を示す。

明らかに含鉛による低温衝撃特性の向上が認められる。鉛の添加によりフェライト粒は微細化し無鉛の H₁ の粒度番号 7.5 は含鉛 H₂, H₃, H₄ でそれぞれ 7.8, 8.2, 8.5 となつた。低温衝撃値の向上はこれが主因と

Table 1. Chemical analysis of specimens.

steel No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sol Al	Pb	N
A ₁	0.15	0.34	0.56	0.018	0.039	0.11	0.10	0.18	0.096	—	0.010
A ₂	0.14	0.33	0.56	0.018	0.039	0.11	0.10	0.18	0.119	0.06	0.010
A ₃	0.14	0.33	0.54	0.018	0.039	0.11	0.10	0.18	0.094	0.12	0.010
A ₄	0.14	0.32	0.54	0.018	0.039	0.11	0.10	0.18	0.061	0.14	0.010
B ₀	0.09	0.40	0.57	0.017	0.038	0.11	0.10	0.18	0.005	—	0.008
B ₄	0.09	0.41	0.55	0.017	0.038	0.11	0.10	0.18	0.007	—	0.008
B ₅	0.09	0.37	0.53	0.017	0.038	0.11	0.10	0.18	0.005	0.20	0.008
H ₁	0.09	0.20	0.52	0.010	0.019	0.03	0.04	0.08	0.010	—	0.009
H ₂	0.10	0.22	0.57	0.010	0.020	0.03	0.04	0.08	0.012	0.07	0.007
H ₃	0.10	0.25	0.59	0.010	0.019	0.03	0.04	0.08	0.015	0.12	0.007
H ₄	0.09	0.26	0.58	0.010	0.017	0.03	0.04	0.08	0.015	0.14	0.007