

669.14.018.29

(129) 構造用炭素鋼の諸性質におよぼす Ni, Cr の影響

(鋼の諸性質におよぼす不純金属の影響に関する研究—I)
金属材料技術研究所

○吉松 史朗・理博 河田 和美
工博 荒木 透・工博 中川 龍一

Effects of Ni and Cr on Properties of Structural Carbon Steel.

(Studies on effects of metallic impurities on properties of steel—I)

Shiro YOSIMATU, Dr. Tomoyoshi KAWADA,
Dr. Toru ARAKI and Dr. Ryuichi NAKAGAWA.

I. 緒 言

溶解材料として銑鉄, scrap その他含 Ni, Cr 鉱石を使用することにより, 鋼中に必然的に存在する少量の Ni, Cr の影響が問題になっている. 然しながら構造用鋼材の諸性質におよぼすこれら不純金属の影響について調べた報告はその数が少く鋼材の使用目的により Ni, Cr 含有許容量を明らかにする必要がある.

本研究においては, これらの研究の一環としてその基礎的なデータを得るために高炉→平炉履歴を持つ鋼材について, Ni, Cr を単独に添加して溶製した試料について引張り試験, 衝撃試験, 疲労試験その他の試験を行ないその影響を調べたものである.

II. 供 試 材

Table 1 に各供試材の化学成分を示す. 基本成分は, S10C, S35C, S50C とし, Ni, Cr を単独にそれぞれ 0.3, 0.6, 0.9% を目標に添加して溶製したものである.

Table 1. Chemical analysis (%) of steel investigated.

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	N ₂ sol.	N ₂ insol.
S11	0.095	0.17	0.42	0.010	0.016	0.11	0.040	0.035	0.014	0.0046	0.0004
S12	0.102	0.16	0.39	0.009	0.011	0.11	0.31	0.034	0.013	0.0050	0.0003
S13	0.083	0.18	0.37	0.010	0.010	0.11	0.73	0.036	0.013	0.0039	0.0001
S14	0.080	0.15	0.32	0.009	0.008	0.11	1.03	0.033	0.019	0.0037	0.0001
S16	0.082	0.12	0.34	0.009	0.011	0.10	0.041	0.27	0.013	0.0043	0.0005
S17	0.087	0.16	0.35	0.009	0.014	0.10	0.035	0.52	0.009	0.0045	0.0006
S18	0.086	0.15	0.35	0.011	0.010	0.10	0.030	0.76	0.014	0.0044	0.0013
S19	0.080	0.10	0.31	0.010	0.012	0.10	0.036	0.98	0.015	0.0044	0.0012
S31	0.40	0.26	0.65	0.026	0.022	0.12	0.046	0.087	0.019	0.0070	0.0006
S32	0.42	0.26	0.66	0.026	0.026	0.13	0.28	0.085	0.018	0.0088	0.0006
S33	0.41	0.24	0.61	0.023	0.020	0.13	0.70	0.080	0.020	0.0076	0.0005
S34	0.39	0.25	0.63	0.023	0.022	0.13	0.99	0.075	0.019	0.0074	0.0005
S35	0.41	0.23	0.60	0.024	0.022	0.13	0.045	0.22	0.021	0.0065	0.0007
S36	0.41	0.20	0.58	0.021	0.022	0.12	0.047	0.52	0.019	0.0065	0.0010
S37	0.40	0.23	0.60	0.020	0.022	0.12	0.046	0.90	0.021	0.0059	0.0025
S51	0.50	0.23	0.59	0.013	0.025	0.18	0.038	0.050	0.016	0.0066	0.0002
S52	0.49	0.20	0.56	0.012	0.019	0.18	0.37	0.046	0.022	0.0068	0.0003
S53	0.49	0.24	0.61	0.012	0.019	0.17	0.68	0.045	0.015	0.0067	0.0002
S54	0.50	0.21	0.58	0.012	0.023	0.17	0.91	0.044	0.019	0.0065	0.0001
S58	0.53	0.25	0.57	0.010	0.025	0.17	0.040	0.32	0.017	0.0056	0.0005
S59	0.53	0.29	0.58	0.011	0.021	0.16	0.041	0.60	0.015	0.0051	0.0010
S60	0.51	0.26	0.55	0.010	0.023	0.16	0.041	0.92	0.017	0.0055	0.0031

溶解は塩基性高周波溶解炉で 100kg 溶製し, Ni, Cr の量を変化させて 50kg インゴットに分鑄し 2 鋼種とした.

つぎに S10C については 1200°C, S35C, S50C については 1150°C に加熱後 20mm φ の丸棒にまで鍛圧し (鍛造比 38:1) 試料に供した. 熱処理は S10C については 940°C×30mn, S35C については 890°C×30mn, S50C については 840°C×30mn それぞれ加熱後空冷し各試験片に供した. なおこの場合の冷却速度は同じ 60°C/mn である.

III. 実験結果および考察

1) 引張り性質

引張り性質におよぼす Ni, Cr の影響は, Fig. 1 に一部を示す. なお引張り試験は JIS 4 号試片で行なったものである.

S10C; 低炭素鋼では, フェライトが優先して影響を

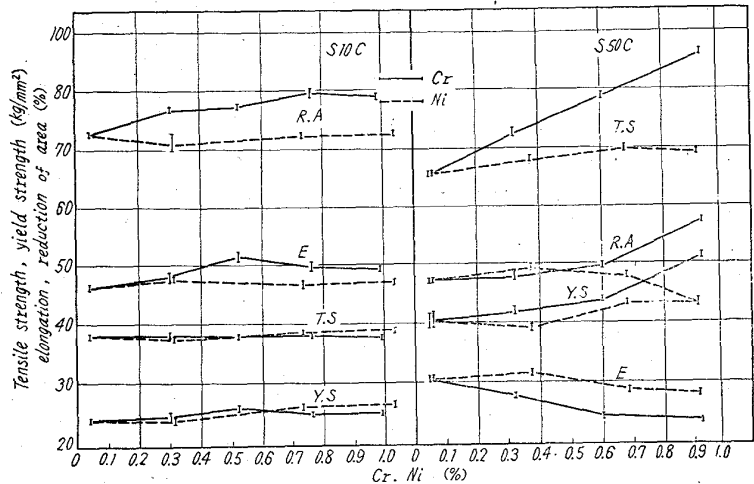


Fig. 1. Effect of Ni and Cr on tensile properties of 0.1% C and 0.5% C steel.

あたえらる。引張り強さにおよぼす Ni, Cr の影響について信頼度 95% でその平均値を検定した結果 Ni, Cr 共に有意差は認めない。一方絞り, 伸びにおいては, Ni は影響を与えないが, Cr はやや上昇せしめる傾向を示す。Cr はマトリックスの軟化をもたらすりとされているが, 0.4% Cr 附近 ductility の山が存在するかどうかは本実験でははつきりしない。純フェライトでは Cr の添加によつてあまり影響をうけないことからこの ductility の上昇の原因は, 一つには C の挙動が考えられ, また N₂ の固定による結晶の細粒化および Cr の歪硬化割合の少ないことなどの因子が複合して少くともマイナスの方向には働いていないためと考えられる。

S35C, S50C; 引張り性質の全般の傾向は両鋼種同様であるが, S50C において Ni, Cr の影響がより顕著にあらわれる。引張り強さ, 降伏強さと Ni, Cr 量との関係はほぼ直線的なもので, S50C における引張り強さの増加量は, 95% の信頼度で推定した結果それぞれ $4.3 \text{ kg/mm}^2/1\% \text{ Ni}$, $22.2 \text{ kg/mm}^2/1\% \text{ Cr}$ である。伸びは S35C ではあまり影響が見られないが, S50C では Ni, Cr 量の増加とともに減少する。伸びにはフェライトが優先して影響するため Cr の影響は S50C に顕著にあらわれる。一方絞りに対しては, Ni はフェライトの方へ固溶しかつ歪硬化割合の大きな元素であるので, 絞りを減少する方向へ働き特に S50C で添加量の多いものではその影響が明らかである。Cr は S35C, S50C 共, その添加量の増加とともに絞りを増加する傾向を示し, 特に Cr 0.9% ではその影響が明らかである。Cr の場合フェライトの歪硬化におよぼす影響が少いうえに, パーライト量の増加とその spacing の減少および均一化がその原因である³⁾と考えられる。

IV. 衝撃値

衝撃試験は, 焼準した 20mm φ の丸棒より JIS 4 号片を採取し, S10C については +30~-70°C, S35C, S50C については +90~-20°C の温度範囲で試験した。

S10C および S50C の一部について各試験温度における衝撃値を 95% の信頼度で母平均的推定を行なった結果を Fig. 2, 3 に示す。なお各供試材の遷移温度曲線は省略する。

S10C; [Ni の影響] 最大衝撃値は Ni 量によりほとんど影響をうけない。遷移温度は, 添加量を増すと低下する傾向を示す。

[Cr の影響] 最大衝撃値は Cr の量によつて幾分増加する。遷移温度は, Ni と同様低下する傾向を示し少くとも 0.8% Cr までは T_{RE} , T_{20} 共に上昇する傾向は認められない。

低炭素鋼の場合 Cr が C, O, N などの挙動に大きな影響を与えるためであると思われる。

S35C, S50C; [Ni の影響] S35C においては, Ni 量が増すにつれやや遷移温度を低下せしめる。そのほかの点では Ni の影響は顕著でない。

[Cr の影響] 最大衝撃値に対しては, Ni と同様顕著な影響は認められない。遷移温度に対しても S35C, S50C 共に大きな影響はみられないが, パーライトの

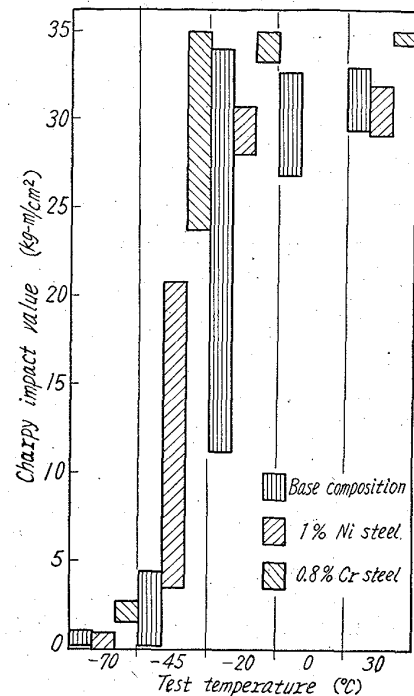


Fig. 2. Relation between Charpy impact value and test temperature of 0.1%C steel.

増加により遷移温度範囲を広げるため T_{RE} (average energy) を基準にとるとその遷移点は上昇する。

一般にパーライト鋼の脆性破壊は, パーライトコロニーの界面で優先して進行するため⁵⁾ Cr の添加によりフェライト-パーライト界面が減少しかつパーライトメラーが細くなることにより, Cr に脆性域ではさほど悪影響をおよぼさないものと考えられる。

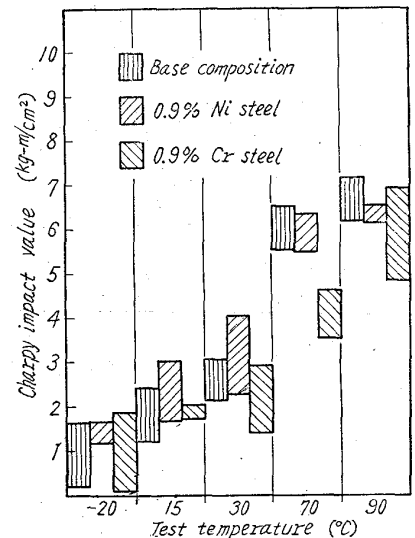


Fig. 3. Relation between Charpy impact value and test temperature of 0.5%C steel.

V. 疲労限におよぼす Ni, Cr の影響

疲労試験は小野式回転曲げを行ない, 回転速度 1500 rev./mn の条件下で S-N 曲線を求めた。

S10C においては, Ni はわずか疲労限および耐久比を上昇せしめる。一方 Cr は疲労限, 耐久比をわずかに減少せしめる傾向を示すように見られる。C 量の多い S50C においては, Ni はやはりわずか疲労限, 耐久比を上昇せしめるが, 耐久比は変らない。Cr の場合パーライト量が増しかつパーライトメラーが細くなっているが, そのためフェライトの受ける歪硬化の分担が

減少するためのある程度まで疲労抵抗を示すが、Crack の伝播はパーライトラメラに必ずしも左右されないため耐久比は上昇しないものと考えられる。Dieter も mean free ferrite path は疲労性質に決定的な因子とはならないといっている。

文 献

- 1) C. A. EDWARDS, D. L. PHILLIPS, and H. N. JONES: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1940) No. II p. 199.
- 2) W. P. REES, B. E. HOPKINS, and H. R. TIPLER: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1954), p. 93.
- 3) C. E. LACY and M. GENSAMER: Trans. Amer. Soc. Metals, 32, (1944) p. 88.
- 4) J. A. RINEBOLT: Trans. Amer. Soc. Metals, 46, (1954) p. 1527.
- 5) A. M. TURKARO: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 218, (1960) p. 24.
- 6) G. M. SINCLAIR, and T. J. DOLAN: Amer. Soc. Test. Mat., (1950) Proc. p. 587.
- 7) G. E. DIETER, R. F. MEHL, and G. T. HORNE: Trans. Amer. Soc. Metals, 47 (1955) p. 423.

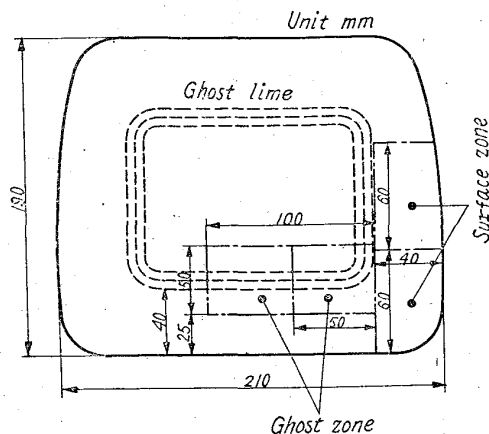


Fig. 1. Sampling position on a bloom section.

鋼塊のゴースト部と健全部との比較の試料は S35C および S30C 材として出鋼された 3 チャージより 4 本の鋼塊 (5.7t) を指定し、これを 200mm φ ブルームに圧延せるものより鋼塊の各部位 (頭部、中央部、底部) に相当する試料を採取した。ブルームにおけるゴースト部を S プリントで確認し Fig. 1 のようにゴースト部と表面部とを切出した。

製品素材およびブルームより切出した試片は 19 mm φ に鍛伸し、焼準または焼準後焼入焼戻しを行ない、疲労試片その他の試片に機械加工し、それぞれの試験を行なった。疲労試験は小野式回転曲げ試験機、試片は 2 号片で行なった。

ブルームより切出した鍛伸材はその後、チェック分析、オースナイト結晶粒度および介在物清浄度試験を行なった。

III. 試験結果および考察

(1) 製品についての試験

S50C 材では焼準材と焼入焼戻し材、S30C 材は焼入焼戻し処理して行なった。これらの試料および試験結果の一部を Table 1 に示す。

S50C 焼準材では引張試験値に介在物良、不良の差は殆んど認められなかつたがグループ I で疲労強度は介在物良材が不良材に比して良好な結果が得られた。しかし、グループ II ではその差が認められなかつた。グループ I, II とも衝撃値は介在物不良の方に高い傾向があつた。S50C 焼入焼戻し材では清浄度 A 系および介在物程度に差のある 2 組について比較したが疲労強度は一方の組で介在物良材が高く、他方の組で低く、介在物との関係は明らかではなかつた。衝撃値と介在物との関係も不明であつた。

S35C のグループ I では介在物清浄度および介在物程度が不良の 1 試料と介在物欠陥の軽い 2 試料とを比較したが介在物程度に大差なく、その機械的性質特に疲労強度に差がなかつた。グループ II では清浄度 B 系および介在物マクロ程度に比較的差のあるものを比較した。その機械的性質は不良程度の大なる No. 6 試料が低値であり、特に疲労強度が低い。No. 7 試料も介在物欠陥大の方で疲労強度が幾分低値であり、このグループにおいては介在物の影響があるようである。

(2) 鋼塊の各部位より採取した試料についての試験

669.14:620.192.45:620.178.37

(130) SC 材における非金属介在物と疲労強度について 63130

富士製鉄中央研究所 工博 小池 与作
 〃 釜石製鉄所 531~533
 清水幸男・駒塚正一郎・高橋宣夫

Relation between Nonmetallic Inclusions and Fatigue Limits of the SC-Grade Carbon Steel.

Dr. Yosaku KOIKE, Yukio SHIMIZU,
 Shoichiro KOMAZUKA and Nobuo TAKAHASHI.

I. 緒 言

鋼中の非金属介在物の悪影響の一つとして疲労強度の低下が考えられる。製品としての SC 材の疲労強度の水準を調査するとともに疲労強度を主に、その他の機械的性質と非金属介在物との関係を調べるため 2, 3 の実験を行なった。さらに鋼塊のゴースト部と健全部との疲労強度その他の機械的性質を比較するため S35~30C 材のブルームにおける表面部とゴースト部より試料を採取し、機械試験値と介在物との関係について調査を行なった。

II. 供試材および試験方法

製品の試料は S50C, 100mm φ および S35C 60mm φ の製品について基礎的調査を行なったものから選んだ。すなわち、素材時に成分 C, Mn およびオースナイト結晶粒反応ができるだけ同一で非金属介在物に差異のあるものを比較試験した。介在物の差異は JIS による清浄度試験値と清浄度試片の研磨面の肉眼検査で定性的に 4 階級とした介在物程度の優劣で分類した。