

界を縫って走っている。その局部拡大図を Photo. 4-a に示す

ii) Photo.4-b は錫メッキ用に使用される C 1.0% の高炭素鍛鋼ロールの内部に発生した水素系欠陥を示したものである。本腐食法を使用することにより、割れは粒内を走っていることがわかる。

iii) Photo.4-c, d は Table 1 成分で 850°C 水焼入をした供試材の焼割れ断面を示す。この場合、大部分粒界割れであるが、ごく一部粒内割れのところがみられる。

iv) Ni-Cr-Mo鋼製の型鍛造用型用鋼に焼鈍過程中発生した水素系欠陥を Photo.4-e, f に示す。この場合、割れは主に粒内を走っている。

3.2 鋼製品の表面から内部へかけての粒度変化

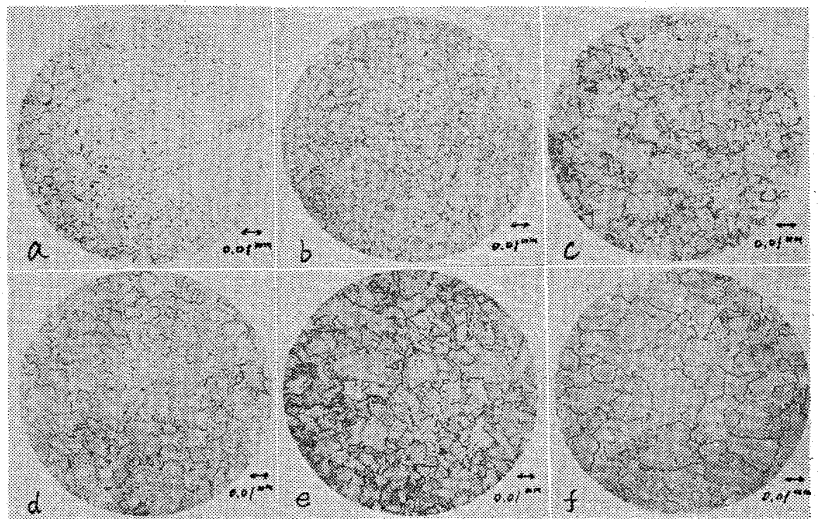
鋼製品には粒度の点でも質量効果が考えられる。たとえば中、大型の鍛鋼品では造塊、鍛錬、熱処理の効果が表面と内部で異なるので、当然粒度も表面と内部の各位置では異なってくる。それを確かめるために鍛鋼品として冷間圧延用焼入ロール(直径 546mm, 中心孔直径 100mm)を選び、その表面から中心孔に向つての粒度の変化を求めてみた。その結果を Photo. 5 に示す。a は表面より 5mm, b は表面より 10mm の位置でいずれもマルテンサイト組織であり、本腐食法にて粒界を明瞭に現わすことができた。ところが 15mm の位置より中心孔まではベイナイト組織であり、本腐食法では粒界が明瞭に現われなかつた。そこで 65°C-5hr 保持, 15°C/min で徐冷する、いわゆる脆化処理を行なった後に本腐食法を適用したところ、粒界が明瞭に現われた。その結果を c, d, e, f に示す。Photo. 5 よりロール表面から中心孔に向うにしたがつて粒子が大きくなって行くことがわかる。

4. 結 言

調質鋼の粒界を現わす腐食液、腐食方法について研究し、市販の数種の洗剤の添加が有効であることを確かめた。またこの腐食法を利用して数種の割れの断面を観察し、粒界割れか、粒内割れかを判定した。更にこの腐食法を利用して、鍛鋼製焼入ロールの表面から中心に向つての粒度の変化を求めた。

文 献

- 1) 日本規格協会: JIS ハンドブック・鉄鋼, (1964) p. 83
- 2) J. B. COHEN, A. HURLICH, M. JACOBSON: Trans. Amer. Soc. Metals, 39 (1947), p. 109
- 3) G. A. DREYER, D. E. AUSTIN, W. D. SMITH: Metal Progress, 85 (1964) 4, p. 116



1st Etchant: Picric acid-water-Monogen W solution. (×400)
 2nd Etchant: Picral.

- a. Position of 5 mm under the surface.
- b. Position of 10 mm under the surface.
- c. Position of 70 mm under the surface after embrittled (600°C-5hr-15°C/hr cooled).
- d. Position of 120 mm under the surface after embrittled (Same as C).
- e. Position of 150 mm under the surface after embrittled (Same as C).
- f. Position of 5 mm from the center hole surface after embrittled (Same as C).

Photo. 5. Grain size change from surface to centre of forged steel roll with diameter of 546 mm, inter hole diameter of 100 mm and composition of Table 1.

(191) 少量の Ni, Cr を含む構造用低炭素鋼の組織と被削性について

(鋼の被削性と微量元素に関する研究—II)

金属材料技術研究所

工博○荒木 透・谷地重男・吉松史朗

On the Machinability and Microstructure of Low Carbon Construction Steels Containing a Small Quantity of Ni and Cr.

(Study on machinability and minor alloy elements steel—II)

Dr. Tōru ARAKI, Shigeo YACHI and Shirō YOSHIMATSU.

1. 結 言

構造用低炭素鋼に微量不純物として含有されている金属元素 Ni, Cr その他の影響に関してはその機械的性質浸炭性などについてすでに研究報告がなされている¹⁾²⁾。しかし量産過程における普通構造用鋼の被削性におよぼす微量元素の影響については特殊鋼、合金鋼などの難削材に比して実験上解析の困難性も多く文献が少ない。むしろその使用量的見地から見て一般機械構造材の被削性についてはより深く追求されるべきであろう。

本実験では生産規模の製品について行なった前報³⁾に引き続き、被削性におよぼす微量 Ni, Cr の影響につい

て、さらに実験変動要因を少なくするため実験炉で溶製した一連の構造用低炭素鋼について調べた。すなわち 1%以内の Ni, Cr を複合添加したものであつて、その標準金属組織としては一般的に用いられるフェライト、パーライト状態において穿孔指数、旋削抵抗、早期旋削工具寿命などについて検討した。

2. 供試材の組織とその硬さ

供試材は 100 kg 高周波炉にて溶製したものを 50 kg 鋼塊に分鑄した。さらに 30 mm 粗角に熱間圧延し (鍛造比 15) 熱処理として 920°C に上昇後 30 min 保持後空冷した。その分析結果を Table 1 に示した。

被削材の結晶粒は JIS フェライト粒度番号で 6.7~7.4 の範囲にあつた。オーステナイト結晶粒は細粒鋼に属し各チャージ間には基本的差は認められない。しかし当然パーライト量 (および硬さ) の測定値には Ni, Cr 量について系統的な関係を見出した。Table 2 に金属組織の諸因子を表わす統計量としてパーライト量 (xP [%]), 島状パーライト巾 (b [μ]), 島状パーライト間最隣接距離 (d [μ]) および硬さ (H [HRB]) を Ni, Cr 量に

関連して示した。

なお高温ビッカースによる 800°C までの硬さ測定を行なつたがその内切削過程に関連が多いと思われる青熱ぜい性域の最高硬さ (H_b), および 600°C における硬さ (H_6) を次に示した。

3. 切削実験結果

1) 穿孔試験は万能工具フライス盤のバーチカル装置を改良して自由落下法により 10 mm のドリル (SKH9) を用い荷重 75 kg, 800 rpm³⁾ で、行なつた。まずドリルによるバラツキをなくするため 15 本のドリルをドリル研削盤にて研削し、標準材を穿孔して平均値に近い 8 本を選定し実験を行なつた。Fig. 1 a に各サンプルについて 8 孔平均の逆数値を穿孔指数 (Drillability Index) として示した。一般的な傾向としては Ni 量の増加は穿孔性を劣下させ Cr 量は向上させている。図中 ⊙ 印のみが異常を示した。

穿孔動力計を用いてトルク、スラストの 2 分力を測定した結果は穿孔深さによるバラツキが大きく 800 rpm, 0.07 mm/rev の条件で試料面下約 3 mm 位の位置にお

Table 1. Chemical composition of steels.

Specimen	Chemical composition (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	Sol N	Total N
D 0	0.16	0.22	0.38	0.0020	0.017	0.07	0.05	0.04	0.010	0.0085	0.0088
D10	0.16	0.20	0.38	0.020	0.017	0.07	0.33	0.33	0.010	0.0071	0.0086
D11	0.16	0.22	0.41	0.021	0.017	0.072	0.28	0.56	0.009	0.0066	0.0094
D12	0.16	0.21	0.40	0.021	0.018	0.074	0.30	0.83	0.014	0.0051	0.0100
D13	0.17	0.24	0.43	0.021	0.017	0.073	0.61	0.29	0.011	0.0086	0.0092
D14	0.16	0.22	0.42	0.021	0.018	0.073	0.62	0.57	0.016	0.0074	0.0097
D15	0.16	0.23	0.41	0.020	0.018	0.072	0.62	0.84	0.011	0.0073	0.0104
D16	0.18	0.26	0.44	0.020	0.018	0.075	0.94	0.30	0.011	0.0084	0.0098
D17	0.18	0.23	0.41	0.020	0.018	0.074	0.94	0.54	0.016	0.0080	0.0103
D18	0.15	0.21	0.40	0.020	0.018	0.073	0.96	0.84	0.012	0.0075	0.0104

Table 2. Observed statistic figures micro-structure and hardness of samples.

Cr variation	Cr % 0.04		Cr % 0.29 ~0.33		Cr % 0.54 ~0.57		Cr % 0.83 ~0.84	
	xP 11.6 b 5.4	H73.5 d 41.1						
Ni variation % 0.05								
0.94~0.96			xP 21.8 b 6.2	H85.8 d 23.1	xP 33.2 b 8.5	H88.0 d 17.1	xP 37.6 b 9.5	H88.5 d 15.8
0.61~0.62			xP 18.6 b 6.1	H81.7 d 26.6	xP 23.5 b 7.1	H84.2 d 23.2	xP 31.3 b 10.1	H85.5 d 22.7
0.28~0.33			xP 13.8 b 5.4	H77.2 d 36.0	xP 21.8 b 8.0	H80.3 d 29.6	xP 30.2 b 11.1	H83.7 d 25.6

Note: Observed statistic figures of microstructure are xP (pearlite area [%]), H (hardness [HRB]), b (width of pearlite islands [μ]), d (nearest distance of pearlite islands [μ]).

Specimen	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
H b	150	151	161	158	159	168	160	170
H 6	123	132	122	140	146	135	139	148

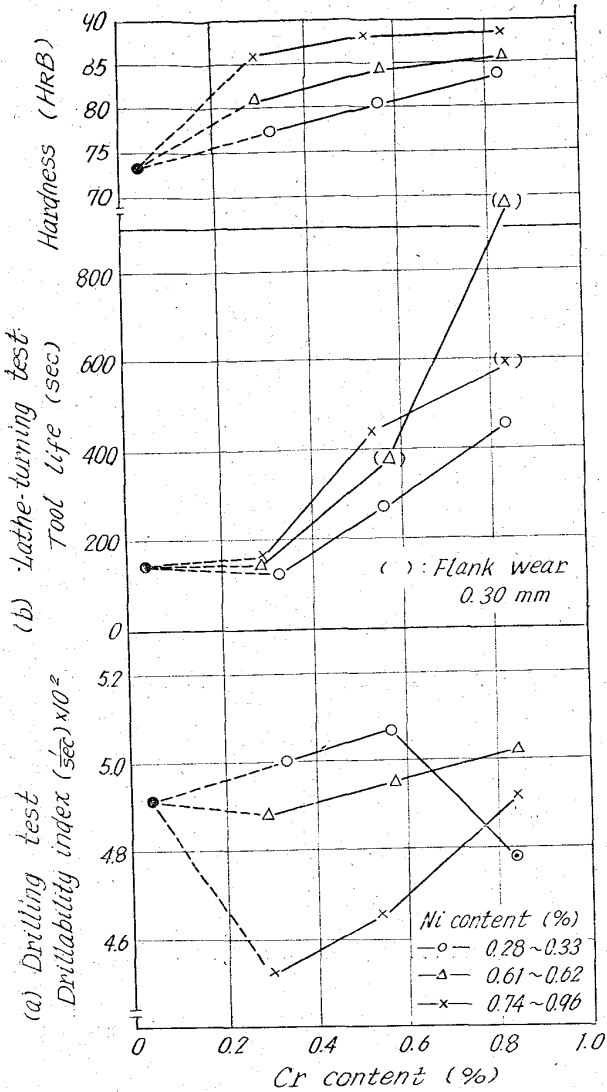


Fig. 1. Drillability index with drilling test and tool life at lathe-turning test in relation to Ni, Cr content in steels.

いてトルク 25~30cm kg, スラスト 93~100kg の範囲にありあまり差は見られなかつた。

2) 旋削による早期工具寿命試験は 6.5mm 角の SK H 4 種の完成バイト (HRC 67±0.5) によつて行なつた。バイトは万能工具研削盤を使用して仕上げ、バイト形状は [8, 10, 6, 6, 15, 15, 0.25] として、旋削速度 60m/min で乾切削を行ない光輝寿命までに要した時間を求めた。Fig. 1 b は上記による早期工具寿命を Ni, Cr 量に関して示したものであるが D14, 15, 18 は寿命が長く材料の量の関係でフランク摩耗 0.3mm の時の値をもつて示した。この図からは Ni, Cr 量はともに寿命の増加が見られるがとくに Cr 量による早期工具寿命の優性が著しい。

3) 旋削抵抗の測定は超硬バイトを使用して前項の型と同形を用い主分力 Fc, 送り分力 Fs, 背分力 Ft, を測定した。旋削速度は 2~150m/min の範囲で乾切削を行ない切屑の形状, 厚さをもチェックした。Fig. 2 は旋削速度と主分力および各分力の算術和 (ΣF) を Ni 量に

分類して示したものである。ベース材の Fc 曲線は従来からいわれている通り中速域における構成刃先の悪影響が見られる。とくに Cr 量の少ない D0, D10, D15 において顕著な傾向が見られる。しかし D0 が高速域において Fc のなだらかな減少を示すのに対して他の試料はほとんど 80~150m/min で Fc の増加が見られ、特に D10, D15 は著しい。切削の状態を見ると D10 において 100m/min 附近から Photo. 1 のごとくスプリング状になり 150m/min ではカール半径も 3~3.5mm より 4.5~6.5mm と大きくなる。また切屑の厚さは多少厚くなり切屑剪断角の減少が予想される。しかし D15 では切削抵抗の急変化にもかかわらずカール半径が多少増しているが、切屑厚さにあまり変化がなかつた。

Ni, Cr 量の影響を全体的に見ると Ni 量の増加は 20 m/min 以上の速度域において Fc の値を減少させており最大約 5kg に達する。

ΣF の曲線ではさらに高速側において添加元素による影響が大きく強調される。

4. 考察ならびに総括

前報では低炭素鋼のパーライト量 20% 以下の大型鋼塊による現場製品によつて検討したのに対して本実験では同鋼種を実験炉溶解によつてやや高めの炭素量に Ni, Cr を系統的に添加し、極力他の変動要因をおさえた。パーライト量はこの場合焼ならしにより 20~40% の範囲に入った。

まずマイクロ組織におよぼす成分の影響としては Ni, Cr 量の増量によつてパーライト量は増加し、その増加の割合は約 Ni:Cr=3:5 である。しかしロックウェル硬さに与える影響は大體逆に観察される。このことは一般的に Cr 量は炭化物、窒化物生成元素であり Ni はフェライト固溶強化に働くことから予想される。こころみに行なつたパーライト部分の微小硬さ (荷重 25g, 50g 各 5 点平均) 測定によると定性的には Ni 量増加はパーライト部分の硬さを減少させるように観測された。統計的に求めた島状パーライト巾 (b) は Cr 量により増加し、Ni 量に対してはほとんど変化がなかつた。さらに島状パーライト最隣接間距離 (d) は Ni, Cr 量ともにその間隔を狭めるが Ni 量の影響が大きい。

硬さ (HRB) とマイクロ組織の関係はこの鋼種における実測によると島状パーライト間最隣接距離 (d) との間

$$H = -0.589d + 98$$

の直線の逆相関が見られた。このことは d がパーライト量、一定距離間のパーライト個数などから最終的に得られたものであり、本実験の試料に関する限り硬度 (HRB) とは直線関係に評価される結果を得た。

穿孔性におよぼす Ni, Cr 量の影響を考察すると D12 を除いて Ni 量によつて減少、もしくは Cr 量増加によつて若干穿孔性をよくしており、必ずしも硬度、d などの直線関係はない。ベース材と比較すると D10, D11, D15 のごとく Ni 量の少ないものは良穿孔性を示し、Ni 量の多い D16, D17 においてその劣下は約 10% にもおよんでいる。しかし Ni, Cr 量のともに増した試料においては穿孔指数が向上しベース材に近づく。すなわち Cr 量の影響は Ni 量による劣下を回復する方向に効果がみられる。このことは Ni 量を増すことによるフェラ

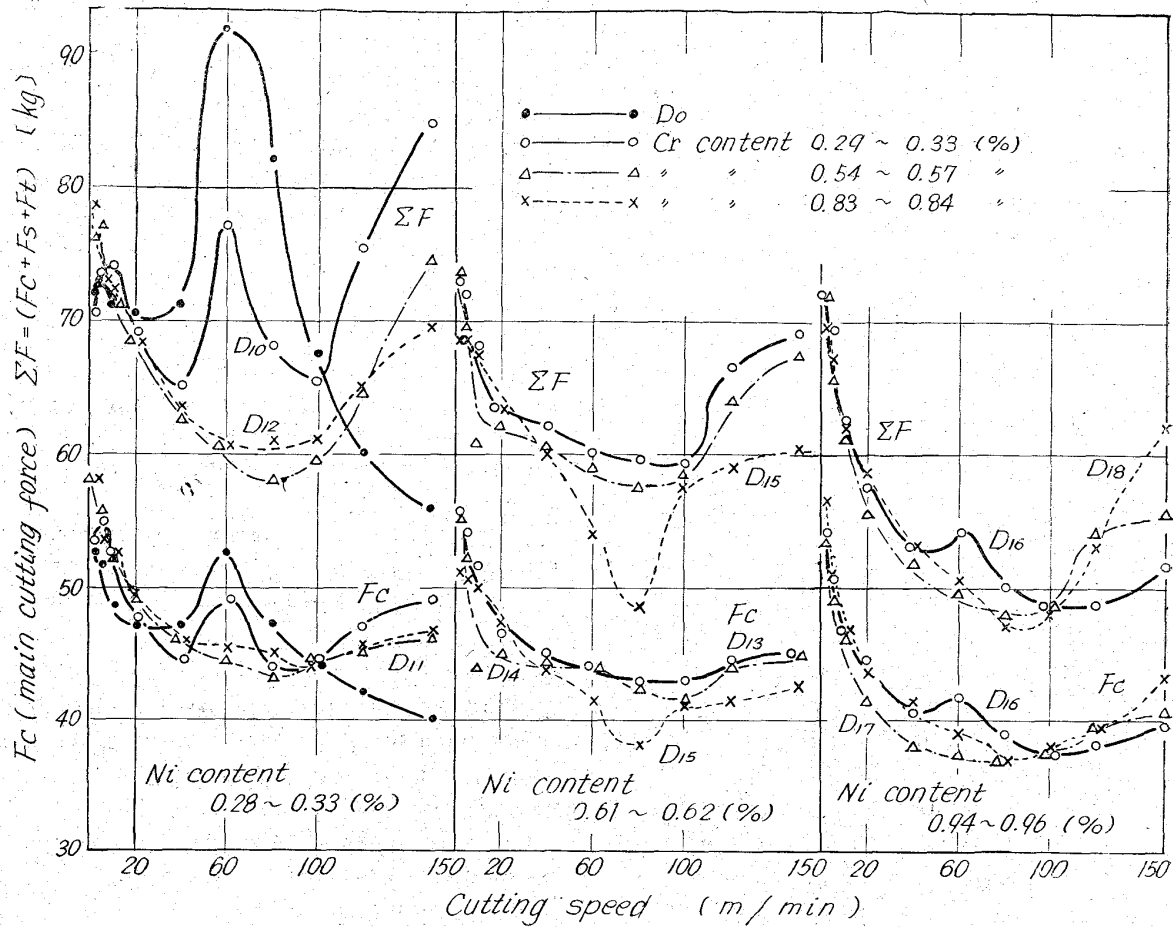


Fig. 2. Cutting forces of steels with various Ni, Cr contents in relation to cutting speed of lathe-turning.

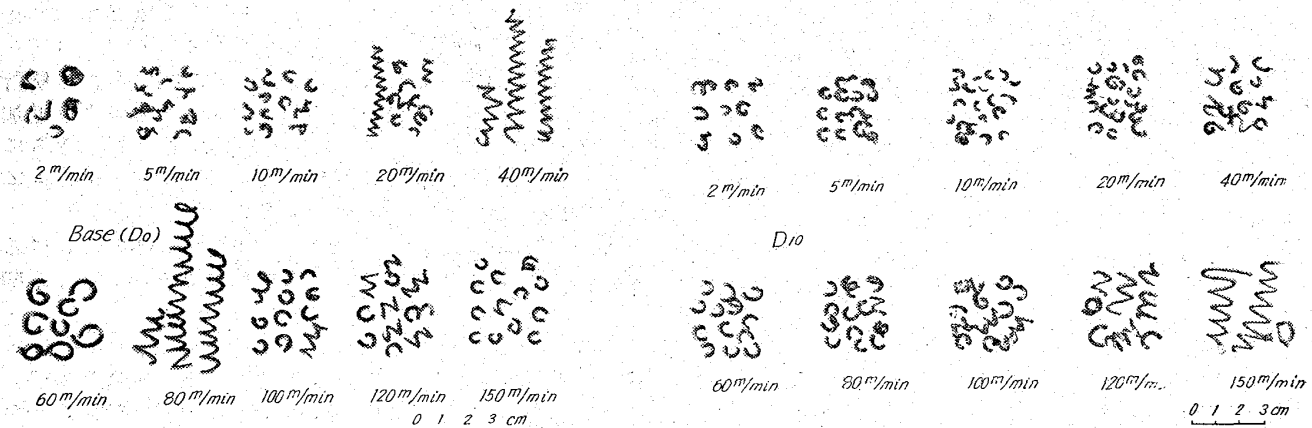


Photo. 1. Behaviours of chip formation at various cutting speed of lathe-turning (Specimens: D_0 and D_{10}).

イトの強化, パーライト部分の硬さの減少に加えて Cr を増すことによる島状パーライトの広がり, したがって d の減少など異なつた組織的要因が重なることからもたらされる結果であつて各種の被削への影響は一義的でない。

旋削早期工具寿命においては Ni, Cr 量はともにその寿命を助長するが Cr 量による効果が著しい。一方われわれの高温ピッカース測定によると Cr 量増加による青

熱ぜい性域の高温側移動が定性的に見られた。ベース材, 低クロム材の場合構成刃先⁵⁾が影響してもたらした切削抵抗のピーク (60m/min) が Ni, Cr の添加による構成刃先生成の状況変化によつて低下消失している事実などに関連して解釈されると思われるが詳細な機構は不明である。前報告の鋼種よりパーライト量がより多い範囲にある本鋼種の切削抵抗の絶対値については Ni, Cr の添加によつてともに低下する傾向が明確に得られた。

文 献

- 1) 倉部, 荒木, 吉松: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 562
- 2) 吉松, 河田, 荒木, 中川: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 529
- 3) 荒木, 谷地: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 2019
- 4) 竹山: 機械試験所報告, 31号, p. 14
- 5) 白井: 機械試験所報告, 43号, p. 64

(192) 履歴の異なる機械構造用低炭素鋼における不純物としての Ni, Cr の影響について

(鋼の諸性質におよぼす不純金属の影響に関する研究—III)

金属材料技術研究所

○吉松史朗・工博 荒木 透
工博 中川龍一・三井達郎

Effect of Small Amount of Ni and Cr on Properties of Low Carbon Constructional Steels from Different Histories. (Studies on effects of metallic impurities on properties of steel—III)

Shirō YOSHIMATSU, Dr. Tōru ARAKI, Dr. Ryūichi NAKAGAWA and Taturō MITUI.

1. 緒 言

合金元素としての Ni, Cr の影響については、過去に

数多くの研究があるが 1%未満のいわゆる不純物の水準でフェライト+パーライト組織におよぼす影響を系統的に調べた研究は数少ない。このため戻り材よりの蓄積や、また将来ラテライト鉄の開発が進み鉄資源として脚光をあびた場合などを考えると、Ni, Cr など不純物の水準での影響を把握しておく必要がある。当所においては、機械構造用炭素鋼に関する研究をおこないその結果を発表してきたが^{1)~4)}、今回は低炭素鋼の製造履歴の異なる場合における Ni, Cr の影響について、総括的にその結果を眺めてみたい。

2. 供 試 材

供試材中D系列は市販S10Cを原料に Ni, Cr 0.3~0.9% 複合添加した実験炉溶製鋼(第1報参照) L系列は鉄鋼協会ラテライト委の共同研究試料で、20t 平炉溶製鋼であり Ni 0.5, 1.0% をベースに Cr を0.3~0.9%の範囲で添加し、4.4t 鋼塊より 60mm 角のピレットに圧延したものである。P系列はインドネシア産ラテライト鉄を直接還元した海綿鉄を 5t 塩基性電気炉で精錬したものをさらにD系列同様実験炉で Ni, Cr を添加して溶製したものである。またV系列は、当初ガス成分の影響をみる目的で、10kg 高周波溶解炉で真空溶製し 7kg の鋼塊を作成したものであるが、組織的に興味ある変化を示したのでその意味でつけ加えた。なお原料はD系列と同様である。

以上の各試料の化学成分を Table 1 に示す。D, P, V の各系列の鋼塊、L系列のピレットは 1200°C で 1hr 保持後 20mm φ までに鍛圧した。熱処理は 930°C ×

Table 1. Chemical composition of the specimens. (%)

Specimen	C	Si	Mn	Ni	Cr	N sol ×10 ⁻⁴	N insol ×10 ⁻⁴	O ₂ ×10 ⁻⁴	Al
D11	0.16	0.22	0.38	0.05	0.04	85	3	107	0.01
D12	0.16	0.20	0.38	0.33	0.33	71	15	100	0.01
D13	0.16	0.22	0.41	0.28	0.56	66	28	114	0.01
D14	0.16	0.21	0.40	0.30	0.83	51	49	100	0.01
D15	0.17	0.24	0.43	0.61	0.29	86	6	100	0.01
D16	0.16	0.22	0.42	0.62	0.57	74	23	95	0.01
D17	0.16	0.23	0.41	0.62	0.84	73	31	111	0.01
D18	0.18	0.26	0.44	0.94	0.30	84	14	94	0.01
D19	0.18	0.23	0.41	0.94	0.54	80	23	107	0.01
D20	0.15	0.21	0.40	0.96	0.84	75	29	120	0.01
L 1	0.12	0.23	0.54	0.03	0.06		57	20	0.03
L 2	0.15	0.24	0.61	0.51	0.33		56	98	0.01
L 3	0.12	0.27	0.54	0.49	0.54		46	46	0.01
L 4	0.12	0.22	0.47	0.47	0.61		39	32	0.01
L 5	0.13	0.23	0.56	0.49	0.85		33	30	0.02
L 6	0.12	0.23	0.42	0.97	0.22		51	23	0.02
L 7	0.14	0.29	0.53	0.99	0.66		38	26	0.02
P 1	0.16	0.23	0.44	0.25	0.11	122	4		0.02
P 2	0.16	0.22	0.43	0.30	0.31	112	16		0.01
P 3	0.16	0.28	0.50	0.60	0.30	111	14		0.01
P 4	0.16	0.25	0.48	0.88	0.30	121	16		0.01
P 5	0.14	0.25	0.43	0.60	0.59	67	57		0.01
P 6	0.14	0.23	0.42	0.60	0.89	44	83		0.01
V 1	0.20	0.32	0.24	0.61	0.31	8	3	3	0.02
V 2	0.21	0.32	0.22	0.60	0.58	8	5	8	0.01
V 3	0.22	0.33	0.24	0.59	0.87	11	5	4	0.01
V 4	0.23	0.33	0.24	0.87	0.30	10	5	3	0.01