

向上せしめる倍数が大きくなる。

2) 焼戻し抵抗は, Ni, Cr ともに増加の傾向にあるが, 炭化物凝集過程におよぼす影響のために特に Cr の添加によつて強くあらわれる。

3) 引張り特性は, Ni, Cr の添加量とともに向上し, 特に Cr の添加によつて引張り強さ, 降伏点, 降伏比はかなり上昇する。そして伸び絞りの減少は少ない。

4) 衝撃特性, 特に遷移温度は Ni の単独添加ではやや上昇し, また Cr との共存で Ni はある程度まで遷移温度を低下せしめる。Cr は全般に遷移温度を低下せしめる。

5) 疲労特性では, Ni, Cr ともに悪影響は認められない。

文 献

- 1) 吉松, 河田, 荒木, 中川: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 529
- 2) J. M. HODGE, M. A. OREHOSKI: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & pet. Eng., 167 (1946), p. 502
- 3) F. S. BUFFINGTON, I. D. BAKALAR, M. COHEN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 188 (1950), p. 1374
- 4) K. W. ANDREWS: Precipitation in steel, (1959), p. 292
- 5) L. S. LIVSHITS, S. I. PANICH, Ye, A. ASSONOVA: Phys. Met. and Metallography, 13 (1962) 4, p. 85
- 6) B. S. LEMENT, B. L. AVERBACH, M. COHEN: Trans. Amer. Soc. Metals, 47 (1955), p. 291
- 7) 作井, 中村, 布村, 藤原: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 672
- 8) A. M. TURKALO: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 218 (1960), p. 24

(91) 少量の Ni, Cr を含む構造用 低炭素鋼の滲炭性とその性質

金属材料技術研究所

○倉部兵次郎・工博 荒木 透・吉松史朗

Characteristics of Gas Carburized Low Carbon Construction Steel Contain- ing Small Amount of Nickel and Chro- mium.

Hyojiro KURABE, Dr. Tōru ARAKI
and Shiro YOSHIMATSU.

I. 緒 言

肌焼鋼の需要は自動車および機械工業の発達により近年とみに生産量も増加し, 滲炭作業面および材質面で多くの研究がなされている。肌焼鋼には添加元素の種類および添加量の多数の組合せがあるがまだ基礎的資料は十分でない。すなわち滲炭作業は滲炭および熱処理と一連作業からなるため, 鋼質, 滲炭性, 焼入性, 滲炭焼入層の物理的性質についての相互関係の究明に困難がある。ただし滲炭焼入層の性質は鋼質の差異により顕著な影響をうけることは明らかである。本実験では低炭素構造用鋼に微量の Ni, Cr を複合添加せる平炉溶製鋼および実験炉溶製試料について滲炭性, 滲炭層の焼入性および機械的性質を検討するとともに, 肌焼鋼として使用する場合の問題点についてあわせ調査した。

II. 供試材および実験方法

実験に用いた供試材の内 Table 1 の L-1 ないし L-7 は本協会共同研究会ラテライト研究部会鋼質分科会の試料として, 20 t 塩基性平炉で溶製されたものの一部で, 最終 30mm φ, 20mm φ, 8mm φ に熱間圧延した試料である。試料の Ni, Cr の複合添加量の組合せは 7 種類であり, その化学組成およびオーステナイト結晶粒度は表の通りである。結晶粒度は滲炭処理後の滲炭層と心部について瞬間酸化法により測定した。滲炭層のオーステナイト結晶粒は心部より若干細粒の傾向を示し, また試料 L-2 はやや粗粒を示し, 酸素量の高いことに関連している。焼入性試験に用いた標準ショミニー試験片は 30mm φ 材より切削加工し, 両面を 0.3mm 平面研摩し硬度測定面とした。また 20mm φ 材より 4 号シ

Table 1. Chemical composition and austenite grain size.

Specimen	Chemical composition								* Grain size	
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Al	N	O	Case	Core
L-1	0.12	0.23	0.54	0.03	0.06	0.030	0.0057	0.0020	9.0	8.8
L-2	0.15	0.24	0.61	0.51	0.33	0.005	0.0056	0.0098	6.9	6.8
L-3	0.12	0.27	0.54	0.49	0.54	0.006	0.0046	0.0046	8.0	7.6
L-4	0.12	0.22	0.47	0.47	0.61	0.006	0.0039	0.0032	8.5	7.9
L-5	0.13	0.23	0.56	0.49	0.85	0.018	0.0033	0.0030	9.0	8.5
L-6	0.12	0.23	0.42	0.97	0.22	0.013	0.0051	0.0023	9.3	8.8
L-7	0.14	0.29	0.53	0.99	0.66	0.012	0.0038	0.0026	9.3	9.0
D-13	0.17	0.24	0.43	0.61	0.29	0.011	0.0086	—	~7	6.0
D-14	0.16	0.22	0.42	0.62	0.57	0.016	0.0074	—	〃	5.6
D-15	0.16	0.23	0.41	0.62	0.84	0.011	0.0073	—	〃	6.6

* Specimen carburized for 8 hr at 930°C.

シャルピー試験および板厚 0.5mm の滲炭性測定用試料を切断採取した。8mm ϕ 材より大小二種類のねぢ付引張試験片を加工し、大試験片の平行部は 4mm ϕ \times 20mm 試験片の平行部は 2mm ϕ \times 10mm とした。試料の滲炭は Lindberg 社製の有効炉内寸法 150mm ϕ \times 150 の管状滲炭炉を使用し、ガス発生機の出口ガス露点を 1 $^{\circ}$ ~ -1 $^{\circ}$ C に制御し、炉内ガスの露点はプロパンエンリッチを行ない、露点を調節し実験した。本滲炭炉は耐熱鋼製の管状炉を使用しているため、発生ガス露点の管理により作業条件を割合容易に再現できた。滲炭温度は 930 $^{\circ}$ C とした。

ジョミニー試験片、引張試験片、シャルピー試験片の滲炭層は表面炭素量を 0.8~0.9% と 1.1~1.2% を目標とし、滲炭深さを 0.8~1.0mm になるよう作業条件を撰定した。表面炭素量が 1.1% の場合は炉内ガス露点を -12 $^{\circ}$ ~ -13 $^{\circ}$ C に保ち 5hr 間滲炭し、表面炭素量 0.8% の場合は露点を -8 $^{\circ}$ C に保ち、8 hr 間滲炭した。ただし L-4, L-5, L-7 のグループは Cr 量が高いので露点を -11 $^{\circ}$ ~ -12 $^{\circ}$ C とした。各鋼種の滲炭性試験は同一雰囲気に対する平衡炭素濃度および拡散度によつて評価されるので板厚 0.5mm の円板を露点 -6 $^{\circ}$, -8 $^{\circ}$, -10 $^{\circ}$ C にて 5hr 間の滲炭処理後平衡炭素濃度を分析した。各露点につき 3 回の試験を実施した。滲炭の焼入性試験は硬度測定によつて行なつた。すなわち滲炭されたジョミニー試験片を 0.1mm ごとに平面研磨し、各面につき荷重 10kg でピッカース硬度を測定し、ジョミニー硬度曲線を作成した。滲炭層の炭素濃度曲線より各測定面に対応する炭素濃度を決定し、さらにピッカース硬度をロックウェル硬度に換算して等硬度¹⁾²⁾ (Isohardness diagram) を造り、各試料の滲炭層の焼入性を比較検討した。4mm ϕ および 2mm ϕ の引張試験片は滲炭処理後炉冷せる焼準組織のものと、焼入焼戻し組織について試験した。試験機は新興通信工業社製 Tom 万能引張試験機を用い、引張速度は 3mm/min とし歪一応力曲線を拡大記録した。シャルピー試験片は滲炭熱処理後常温で試験した。

III. 実験結果と考察

1. 滲炭性

露点 -6 $^{\circ}$, -8 $^{\circ}$, -10 $^{\circ}$ C で 5hr 間の滲炭処理を各露点につき 3 回行なつた。平衡炭素濃度の平均値を Fig. 1 に示す。同図より 0.5%Ni の試料 L-2, L-3, L-4, L-5 は Cr の増加とともに露点 -8 $^{\circ}$ C では炭素量が増加し、0.8% Cr では L-1 に比して約 0.1% 高い。露点 -6 $^{\circ}$ C では Cr 量につれ若干の増加の傾向がある。露点 -10 $^{\circ}$ C では Cr 量の増加とともに平衡炭素濃度は約 0.3% も増加し、Cr の影響が顕著に表われている。1%Ni 添加の L-6, L-7 は近傍の鋼種に比して滲炭性が低下している。以上の結果より 0.5% Cr 以上では Cr により滲炭炭素量の増加がみられ、カーボンポテンシャルの高い雰囲気ほどその影響が大きい。これは局部に Cr 炭化物の生成することが一因と考えられる。一方 Ni は滲炭性を低下させるよう

である。これらの結果は従来定性的に認められているが、その原因として Cr の増加とともに炭素の飽和量が減少し炭化物の析出を促すが、Ni 添加鋼では炭化物を析出しがたいため、カーボンポテンシャルに差を発生させる³⁾ものと考えられ、ガスとカーボンポテンシャルとの

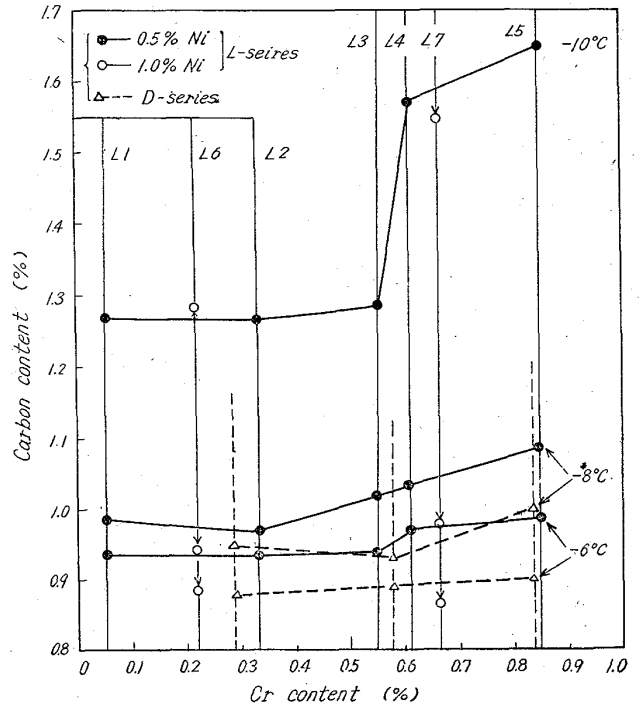


Fig. 1. Relation between carbon content in carburizing gas and chromium content in steel.

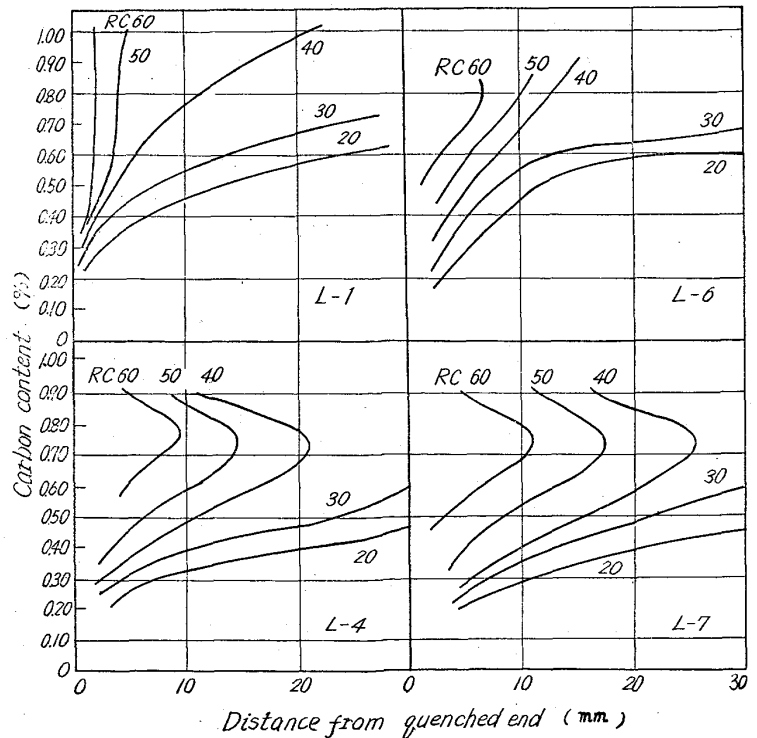


Fig. 2. Isohardness diagram for carburized L-1, 4, 6, 7 specimens.

関係および炭素拡散の研究には炭化物析出のない範囲を選定すべきである。また同図の点線は小溶解試料の滲炭性に対する影響を検討したもので、供試材の化学組成は Table 1 に示す D シリーズである。50kg 高周波炉で溶解し 20mm φ に熱間圧延して供試材とした。D シリーズは平炉鋼の L シリーズに比して若干滲炭性が悪いようであり、材料の製造履歴やわずかな化学組成、鋼質の違いによるものと考えられる。

2. 滲炭層の焼入性

滲炭層の焼入性の評価は等硬度図による方法が便利である。前述の方法により滲炭層の焼入性に対する Ni, Cr の影響を明らかにするため L-1, L-4, L-6, L-7 の鋼種を選定し、等硬度図を作成した。その結果を Fig. 2 に示す。また各試料についての炭素濃度曲線を示したのが Fig. 3 で各鋼種につきほぼ目標の滲炭層を示している。Fig. 2 の等硬度図の硬度曲線が右側に移動するほど焼入性がよく、縦軸に接近するほど焼入性が悪い。L-1, L-6, L-4, L-7 の順に焼入性が増加し、L-6 の 1% Ni の添加鋼ではあまり焼入性は改善されていない。素材のジョミニ硬度曲線でも L-1, L-6, L-4, L-7 の順に焼入性の増加が認められることは滲炭層の焼入性と素材の焼入性とはこの範囲では同一傾向にあると考えられる。滲炭層内の最大の焼入性は 0.7~0.8% C 域に存在し、それ以上の高炭素側では残留オーステナイトのため硬度低下を示す。

3. 滲炭層の機械的性質

滲炭層の機械的性質は滲炭深さ、炭素濃度勾配、表面炭素、鋼質、熱処理法の差異により顕著な影響を受けるが滲炭層の抽出または再現性が困難であるため定量的基礎資料に乏しい。本実験では 2mm φ の引張試験片では滲炭層を代表させ、4mm φ 試験片では残留する心部の影響を調べた。滲炭は前述の二種類で炭素濃度曲線は

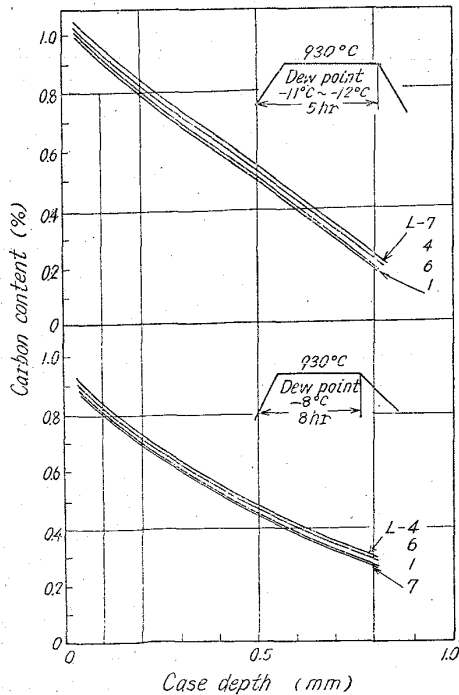


Fig. 3. Relation between carbon content and case depth of gas carburized specimen.

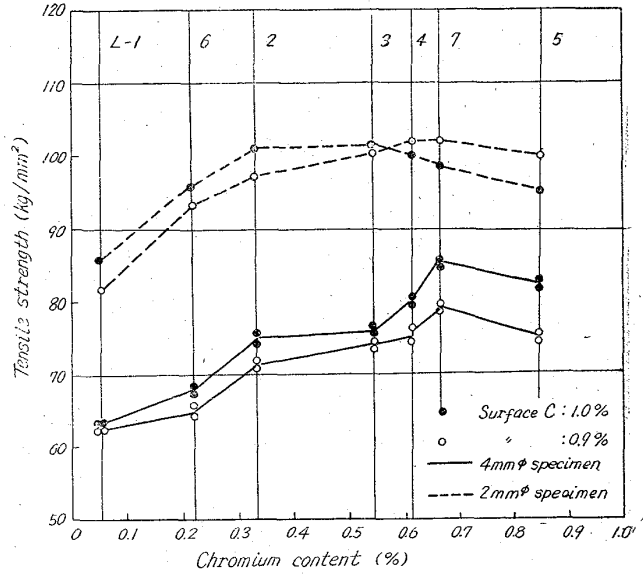


Fig. 4. Effect of Ni and Cr on tensile properties of normalized case and carburized steel.

Fig. 3 に示す通りである。

引張り強さ; Fig. 4 は滲炭層の焼準組織の引張り強さを示したもので、滲炭温度 930°C から 600°C まで炉冷後空冷 (720°C で 30°C/min の冷却速度) した試料の結果である。4mm φ 試験片では Cr の増加につれ引張り強さも増加するが、L-2, L-7 の 1%Ni 添加試料は高い偏位を示す。これは心部のフェライトが Ni により強化されるためで、心部の存在しない 2mm φ 試験片では同様な傾向が認められない。顕微鏡組織によると L-1, L-6 は通常のパーライト組織を示しているが、Ni, Cr の複合添加鋼は微細なパーライト組織を示していた。Fig. 5 は Fig. 4 と同一滲炭処理した試料を、830°C より油焼入、180°C 2hr 間の焼戻し処理した試料の引張り強さを示す。心部の存在する 4mm φ 試験片では Ni, Cr の増加につれ引張り強さも増加する傾向を示し、心部すなわち母材の硬化機構が主体になるようであ

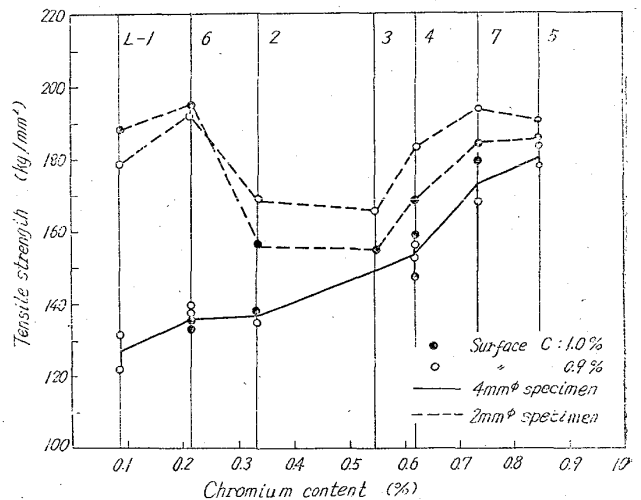


Fig. 5. Effect of Ni and Cr on tensile properties of quenched case and carburized steel.

る。滲炭層だけでは L-2, L-3 に異常な値を示したほか添加量とあまり関係が見出せないが滲炭層の引張強さは大略 150~200 kg/mm² の範囲にあった。

降伏強さ; Fig. 4 の試験における歪-応力曲線には 4 mm φ 試験片において明瞭な降伏点が認められ、L-1 では 35 kg/mm², 他の鋼種では 41~48 kg/mm² であつた。滲炭層を代表する 2 mm φ 試験片では降伏点が認められず耐力 $\sigma_{y0.2}$ を求めた結果 L-1 で 55 kg/mm², 他の鋼種では 62~68 kg/mm² であつた。

シャルピー試験; 4 号シャルピー試験片を 2 種類の滲炭処理後 830°C より油焼入, 180°C 2hr 間の焼戻し処理して常温試験を行なつた。表面炭素量 1.0% C の試料で L-1 は 11~12 kg-m, 他の試料は 1.6~1.8 kg-m の値を示した。表面炭素量 0.9% C の場合は L-1 が 3.5 kg-m, 他の試料では 0.5~1.3 kg-m を示し, 表面炭素量が 1.0% C のグループは良い結果を示すのは残留応力とオーステナイトが有利に作用するようである。

IV. 結 言

構造用低炭素鋼に 1% 以下の Ni, Cr の複合添加せる普通鋼について浸炭性, 浸炭層の焼入性およびその機械的性質を検討した結果を総括すると次の通りである。

1. Cr は低カーボンポテンシャル (0.9% C) では滲炭性に対しさほど影響を与えないが, 高カーボンポテンシャル (1.2% C) では Cr の増加により著しく滲炭性を増し, 共存する Ni は滲炭性を低下させる。
2. 滲炭層の焼入性は 0.6% Cr, 1.0% Ni と 0.6% Cr, 0.5% Ni ではほぼ同程度で, 0.2% Cr, 0.1% Ni では効果が少ない。この範囲では滲炭層の焼入性は素材のそれにほぼ比例するようである。
3. 焼準滲炭層の引張り強さは 95~100 kg/mm² で, 0.3~1.0% の範囲の Ni, Cr の複合添加量にあまり関係しない。
4. 焼入滲炭層の引張り強さは 150~200 kg/mm² でバラツキを示す。滲炭, 熱処理のわずかな違いが著しく強さに影響を与え, Ni, Cr の作用は明らかでない。同様の結果を常温シャルピー試験でも認められた。

文 献

- 1) A. E. GURLY, C. R. HANNEWALD: Metal Treating, 7 (1956) 3
- 2) J. A. HALGREN, E. A. SOLECKI: SAE Transaction, 69 (1961), p. 622~676
- 3) 清水, 奥野: 日本金属学会誌, 24 (1960) 11, p. 727

(92) 表面状態の影響について

(ステンレス鋼の孔食に関する研究—I)

防衛庁技術研究本部第 1 研究所

○安 達 豊

Effect of Surface Condition.

(Study of pitting corrosion for stainless steel—I)

Yutaka ADACHI.

I. 緒 言

ステンレス鋼の孔食に関する研究は古くから UHLIG により報告されているが, その大部分は適当なハロゲン塩溶液に浸漬して行なうもので実験に長時間を要する。このほかに孔食試験には Brenner により考案された電解的試験法があるが, この方法では孔食発生 of 局部的抵抗しか求められない。これらの欠点を改良した試験方法に Streicher 法がある。この方法は比較的短時間で結果を得ることができ, 実際の腐食環境に近い状態での試験が可能であるように思われるためこの試験法について調査研究を行なつた。艦船の排気管の内部は, 海水, 排気ガス中の硫酸分, すずなどが共存し, 乾湿繰返しをとまなう激しい腐食環境を示す。ここで問題になるのは孔食であり, ここに使用するステンレス鋼の耐孔食性を迅速に検討するために本研究を行なつた。また表面状態と孔食発生感受性について検討した結果も報告する。

II. 試 料

実験に使用した試料は, 3~4 mm 厚の市販ステンレス鋼 4 種類 (SUS 28, SUS 33, AISI 321, AISI 347), 5% Mo オーステナイトステンレス鋼, ハステロイ B, ハステロイ C, ハステロイ F を用いその化学成分を, Table 1 に示す。

III. 実 験 方 法

試料は 30×30×3 mm の大きさに旋削し, エメリー紙で表面を 06 番まで研磨しベンジン, アルコールで脱脂洗浄したのちデシケーター中に放置して乾燥する。試験片の一端にリード線を半田付したのち試験面を残してビニール塗料で被覆して試験を行なう, 試験終了後シンナーで塗料を落して裏面を再び試験する。実験装置は Fig. 1 に示すように 1 l のビーカーの底部に試料をおき陽極とし, その上部 5 cm へだてたところに 50×50 mm の白金網陰極を磁製電解隔膜中に設定する。6 Volt の蓄電池より電極間に一定電流密度の電流を一定時間流したのち, 試料をとり出して, 万能投影器にて 10 倍に拡大

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Steels	Code	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	Nb
SUS 33	SM	0.019	0.65	1.34	0.028	0.010	17.12	14.98	2.32	—	—	—
SUS 28	L	0.02	0.43	1.01	0.018	0.011	19.47	11.18	—	—	—	—
AISI 321	T	0.06	0.60	1.65	0.025	0.012	18.69	10.48	—	—	0.32	—
AISI 347	N	0.06	0.24	1.48	0.018	0.010	18.31	11.05	—	—	—	0.87
5% Mo stainless	M	0.05	0.63	1.50	0.015	0.016	17.43	16.50	4.30	0.17	—	—
*Hastelloy B	HB	0.02	0.15	0.42	—	—	0.19	Bal	26.56	Co 0.62	Fe 4.78	W Tr
*Hastelloy C	HC	0.08	0.74	0.56	—	—	15.00	Bal	17.07	Co 0.83	Fe 5.96	W 3.12
*Hastelloy F	HF	0.04	1.00	1.44	—	—	21.78	Bal	6.60	Co 0.27	Fe 21.01	W Tr

* Hastelloy Alloy (Union Carbide Co.)