

Table 2. Determination of zirconium in mixed samples (base stainless steel : NBS 101d).

Analytical method	Zirconium added (μg)	Zirconium found (μg)
4·1(2)	0·0	0·0
〃	5·0	5·5
〃	15·0	15·3
〃	40·0	40·3
4·1(1)	0·0	0
〃	150	150
〃	300	302

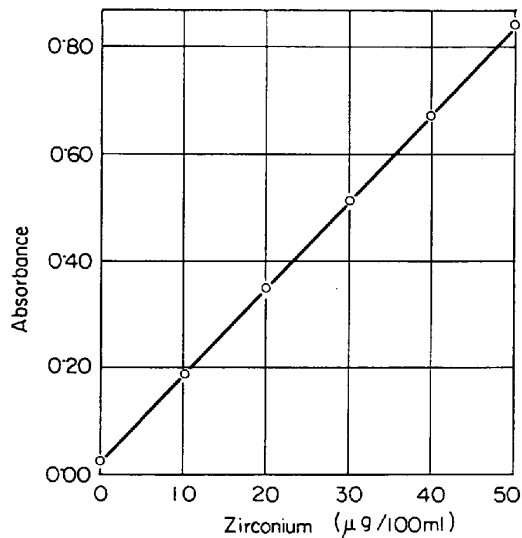


Fig. 1. Calibration curve for zirconium.

Wavelength : 665m μ

Cell : 10 mm,

Reference solution : water

試料 0.1 g を石英ビーカー (容量 100 ml) にはかりとり、(1)の操作にしたがつて分解し、過塩素酸溶液とする。ただし、過塩素酸の残存量は約 3 ml とする。水約 30 ml を加え、磁気水銀陰極電解装置を用いて 20 min 間電解したのち約 30 ml 以下まで濃縮し、硝酸 20 ml を加えて加温する。室温まで冷却後、100 ml のメスフラスコに移し、硝酸 30 ml と尿素溶液 (10%) 5 ml を加える。以下、(1)の操作にしたがつて呈色させ、吸光度を測定して定量する。

4.2 検量線作成操作

標準ジルコニウム 0~5 ml (ジルコニウム量 0~50 μg) を 100 ml のメスフラスコにはかりとり、硝酸 50 ml と尿素溶液 (10%) 5 ml を加えて約 80 ml まで水でうすめてよくふりまぜたのち室温まで冷却する。以下、4.1(1)の操作にしたがつて呈色させ、吸光度を測定し、吸光度とジルコニウム量との関係線を作成して検量線とする。Fig. 1 はその一例である。

5. 定 量 例

ジルコニウムの標準値が示されているステンレス鋼の標準試料は見あたらずなかつたのでステンレス鋼 (NBS 101d, Co 0.058, Cu 0.184, Cr 18.86, Mn 0.739, Mo 0.110, Ni 9.05, Si 0.471, Sn 0.009, V 0.049, P 0.020, C 0.056, N 0.024, S 0.016 各%) 0.1 g

に標準ジルコニウム溶液の一定量を加えて調製した混合試料を 4.1 の定量操作で分析した。結果は Table 2 に示すとおりでジルコニウムの添加量と定量値はほぼ良好に一致した。

6. 結 言

ステンレス鋼中の 0.0005~0.5% のジルコニウムの定量法としてアルセナゾ III による光度定量法を検討した。前報³⁾の硝酸のみによる試料分解法を王水による方法に改め、さらにクロムの妨害を除去するために亜硝酸ナトリウム還元法を加えて定量法を確立した。0.01~0.5% のジルコニウムは約 30 min 間で、0.0005~0.01% のジルコニウムは磁気水銀陰極電解法を併用するので約 60 min 間でそれぞれ定量できる。

文 献

- 1) S. B. SAVVIN: Talanta, 8 (1961) p. 673
- 2) S. B. SAVVIN, D. S. KADANER and A. S. RYABOVA: Zh. Analit. Khim. 19 (1964), p. 561
- 3) 神森, 田口, 小宮: 分化, 14 (1965), p. 106
- 4) 神森, 田口, 吉川: 同誌, 14 (1965), p. 111
- 5) 神森, 田口, 小宮: 同誌, 14 (1965), p. 249
- 6) 神森, 田口, 吉川: 同誌, 14 (1965), p. 548
- 7) 神森, 田口, 吉川: 同誌, 15 (1966), p. 458
- 8) 池上, 神森, 田口: 学振製鋼提出資料19委8265 (1966)
- 9) 上野: キレート滴定法 (南江堂), p. 326 (1962)
- 10) 佐藤, 榊: 学振製鋼提出資料19委7101 (1963)
- 11) 日本工業規格 JIS G 1232-1963

(214) Mn-Cr 肌焼鋼の諸性質について

山陽特殊製鋼

工博 結城 晋・梶川 和男

坂上 高志・○佐藤 紀男

The Properties of Mn-Cr Case Hardening Steels

Dr. Susum YŪKI, Kazuo KAJIKAWA
Takashi SAKAGAMI and Norio SATO

1. 緒 言

最近の自動車業界を中心とする材料のコスト低減の傾向が特に強まり、自動車用ギヤその他に用いられる低合金肌焼鋼についてもより安価な鋼種が要望され、Mn-Cr を主体とした代用鋼の検討が再燃している。この系統の鋼種には 20MnCr 5, 16MnCr 5, その他国内でも 1, 2 見られ、各種試験報告があるが^{1)~3)}、ここでは現用 SCM 21 級の代用鋼として考えられた Mn-Cr 肌焼鋼について報告する。この鋼種は Mn 1%, Cr 1% であり、比較的 Mn 量を低く押えて、地疵、介在物などに対する影響も考慮し、浸炭に対する Cr の影響、SCM 21 に相当する焼入性という点のかねあいから考えられた。また、肌焼鋼では快削性が非常に重要な要素となるので同鋼種に鉛を添加した快削鋼についても同時に検討した。含鉛鋼の被削性の向上については、実用的に広く用いられており明らかであるが、その他粒度におよぼす影響⁴⁾など Mn を上げた場合不利な点⁵⁾を補うような利

Table 1. Chemical compositions of specimens tested.

Mark	Steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Sol. Al	Pb
	Mn-Cr	0.17/ 0.22	0.15/ 0.35	0.90/ 1.20	<0.030	<0.030	—	0.90/ 1.10	—		
A 1	Mn-Cr	0.21	0.26	1.19	0.014	0.021	0.09	1.03	0.02	0.036	0.19
A 2	Mn-Cr, Pb	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	0.038	
B 1	Mn-Cr	0.22	0.22	1.10	0.020	0.025	0.10	1.18	0.03	0.031	
B 2	〃	0.21	0.23	0.70	0.024	0.023	0.10	0.88	0.03	0.022	
B 3	〃	0.19	0.23	1.16	0.014	0.016	0.09	1.15	0.03	0.032	
B 4	〃	0.16	0.29	0.94	0.014	0.017	0.09	0.93	0.02	0.028	
C 1	SCM 21	0.17	0.29	0.69	0.009	0.020	0.09	1.02	0.19	0.033	
C 2	〃	0.17	0.27	0.75	0.011	0.013	0.11	1.14	0.23	0.024	

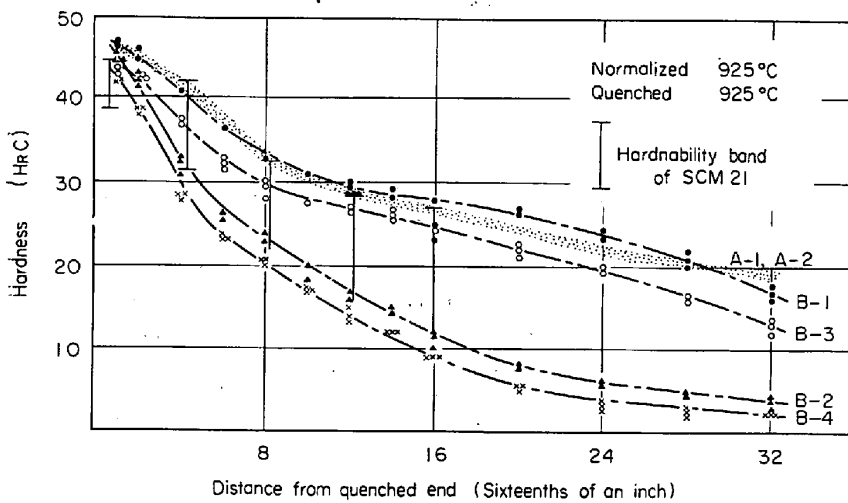


Fig. 1. Hardnability curves of Mn-Cr steels.

点も考えられるので、諸性質におよぼす鉛添加の影響を見た。

2. 試料および実験方法

本実験でとり上げている Mn-Cr 肌焼鋼の成分規格は Table 1 に示すようなものであり、1 t 高周波誘導炉および 25 kg 高周波誘導炉によりそれぞれ試料 A, B を溶製して実験に供した。試料 A は 1 t を 2 回にわけて出鋼し、一方には、鉛を取鋼内に添加してそれぞれ 500 kg 鋼塊に鑄込んだ。以後、φ110 ピレットに鍛造、φ40 に圧延して供試材とした。試料 B は 25 kg 鋼塊を φ30 に鍛伸して供試材とした。この試料は成分的に当鋼種の規格内で Mn, Cr, C の上限、下限の四通りの組合わせをとつたもので、主として当鋼種の焼入れ性の挙動を確認するために用いた。また試料 C の Cr-Mo 肌焼鋼は浸炭時の諸性質の比較および被削性の比較を行なうのに用いたもので、15 t アーク炉溶製による φ40 圧延材より試料採取した。これらの試料により機械的諸性質、浸炭時の諸性質、被削性、冷間鍛造性などの加工性の問題を検討した。

3. 実験結果および考察

3.1 焼入れ性

ジョミニー試験の結果を Fig. 1 に示す。B1, B4 がそれぞれ成分的に上限、下限とみなせるので Table 1 に示す成分規格をとれば最大限 B1~B4 の線で示される焼入れ性の幅を持つことになる。これは図中に参考のため記した現用鋼 SCM 21 の焼入れ性とほぼ同等であ

る。また本実験で用いている試料 A1, A2 は当鋼種としては焼入れ性が上限近くに位置するものになる。

3.2 機械的性質

引張り試験、衝撃試験は供試材を焼準後(900°C × 1hr 空冷) φ25 に施削し 830°C, 850°C, 870°C, 900°C, 930°C の各温度より油冷 170°C × 1.5hr 焼戻してから試験片に削り出した。試験片は引張り試験 JIS 4 号試験片、衝撃試験 JIS 3 号 (U ノッチ, シャルビー試験片) で行なつた。両試験結果を Table 2 に示す。Mn-Cr 鋼の引張り強さは SCM 21 の平均値、(実際のランニング材についての試験値 20 を集計したもの) と比較すると、同硬度レベルではほぼ同じでありまた鋼種として得られる引張り強さの幅も同程度と考えられる。また伸び、絞りについては試料 A は高硬度レベルにあること、B は小鋼塊であることなどから Cr-Mo 鋼との比較が適正ではないので、試料 A

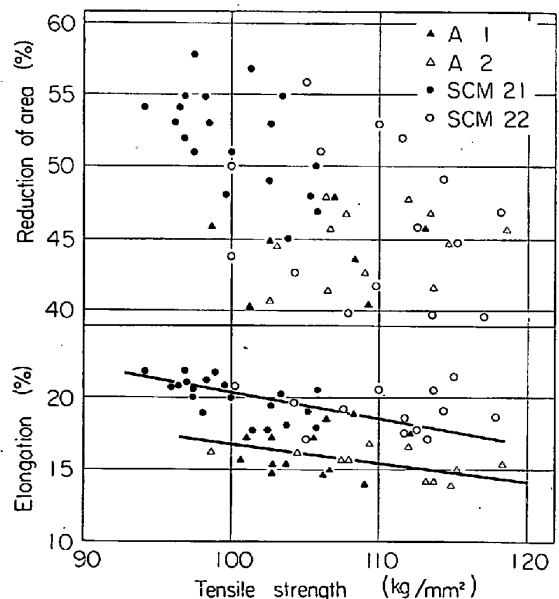


Fig. 2. Relation between tensile strength and elongation, reduction of area of specimens tested, compared with 20 heats of SCM 21 and SCM 22.

Table 2. Mechanical properties of specimens tested.

Specimen	Austenitizing temperature (°C)	Hardness (HRC)	Tensile strength (kg/mm ²)	Reduction of area (%)	Elongation	Impact value (kgm/cm ²)
A 1	830	35.3	109.4	44.8	16.9	8.7
	850	36.0	109.1	44.0	15.7	8.7
	870	34.2	104.1	44.8	15.9	9.0
	900	34.5	102.5	37.1	16.2	8.9
	930	32.4	100.5	44.2	17.1	9.0
A 2	830	38.5	111.7	43.7	16.0	6.9
	850	39.2	113.2	45.5	15.5	7.0
	970	39.3	112.0	47.3	15.3	7.1
	900	37.0	106.0	45.5	15.8	7.2
	930	33.1	104.0	45.9	16.3	7.1
B 1	850	38.1	117.9	36.0	15.3	—
	930	34.6	111.1	32.5	14.2	—
B 2	850	26.9	93.6	37.7	17.9	—
	930	24.5	89.2	39.8	19.1	—
B 3	850	32.3	107.8	42.7	17.1	—
	930	31.5	105.6	36.6	15.7	—
B 4	850	23.6	87.1	41.6	21.3	—
	930	22.3	87.7	34.3	19.5	—
SCM21*	830	30.0	100.0	52.0	20.0	13.0
SCM22*	〃	31.5	109.4	44.6	18.2	9.6

* Average in 20 heats

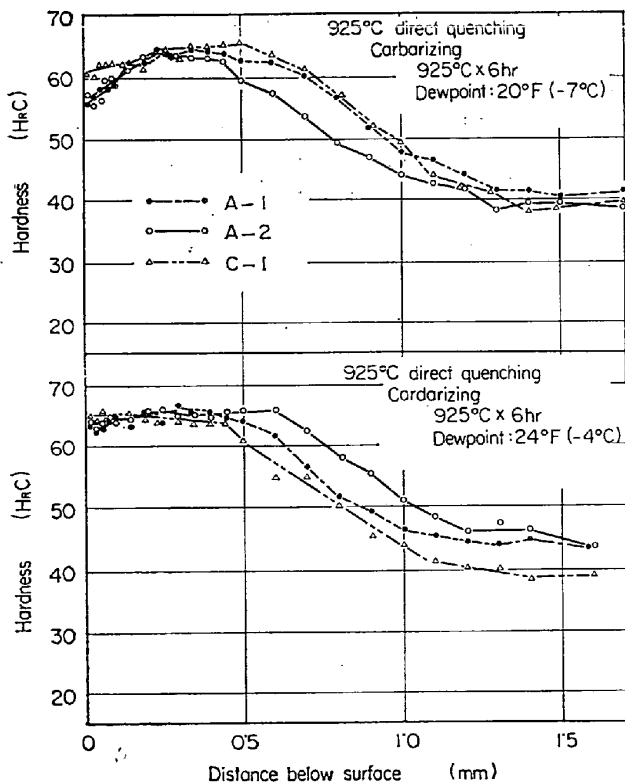


Fig. 3. Hardness gradient curves of carburized layer.

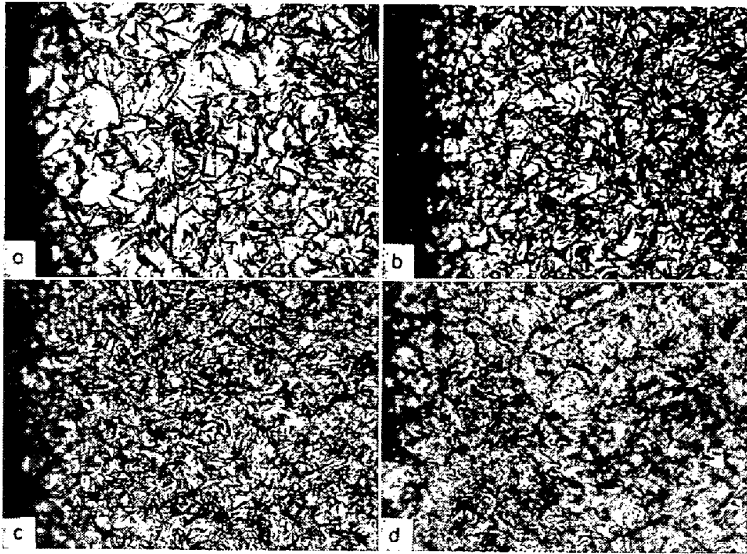
についての結果 (830~930°C 焼入れをすべて含めたもの) を Cr-Mo 鋼の値 (SCM 21, 22 のランニング成績から 20 ヒート分を取り出したもの) と引張り強さ一伸び、絞りの関係をとって比較してみると Fig. 2 のようになり、伸びは少し Mn-Cr 鋼が低いようであるが、絞りは両鋼種ともばらつきが大きく明らかな違いは認められない。含鉛の影響はこれらの性質に出てきていない。衝撃値についても Mn-Cr 鋼, Cr-Mo 鋼に差がないといえるが、鉛を添加した鋼 (A2) の方が A1 より低い値となつてゐるのは、試料の硬度の違いによるところが大きいと思われる。鉛添加の影響そのものは、細粒化による二次的な作用で遷移温度をむしろ下げる方向に働くことが考えられ⁴⁾⁶⁾⁷⁾、また、現用 SCM 22 の含鉛鋼 SCM 22F に関する報告でもその差はないことが認められている⁸⁾。

3.3 浸炭時に問題となる点

3.3.1 浸炭性, 吸熱性ガスにプロパンを添加した雰囲気中で浸炭サイクルの最終 2hr を露点 20°F (-7°C), 24°F (-4°C) の二条件で 925°C × 6hr の浸炭を行なつた φ25 × 100 の棒を施削法により試料採取して炭素濃度曲線を求めると, Mn-Cr 肌焼鋼, Cr-Mo 鋼で浸炭性は同様の傾向を示した。また、鉛添加の影響はない。(図省略)

3.3.2 浸炭焼入れ硬度特性および組織

上記浸炭条件で浸炭後、浸炭温度より直接焼入れ、850°C に下げてから油焼入れ、空冷後 2 次焼入れしたものについて断面のマイクロヴィッカーズ硬度を測定したがその挙動は A1, A2, C1 で大きな差は認められないが、



a) Carburized 925°C×6hr(d.p. -7°C), direct quenched.(A1)
 b) " " " " " (C1)
 c) " " (d.p. -4°C) " (A1)
 d) " " " " " (C1)

Photo. 1. Microstructures of carburized layer of specimen A1, C1 ×409 (4/7)

Table 3. Relation between carburizing temperature and austenite grain size (ASTMNo.).

S \ T	925°C	950°C	975°C	1000°C
A1	7.5	6.6	6.2	5.8
A2	7.2	6.8	6.5	6.0

T: Temperature S: Specimen

Table 4. Drilling torque and slast at constant drilling speed.

Specimen	Torque (kg·cm)	R (%)	Slast(kg)	R
C2	38.6	100	90.9	100
A1	37.8	98	96.0	106
A2	32.0	83	87.6	94

R: Relative value of torque or slast

Table 5. Cutting force (Fc) at cutting speed 50m/min, 70m/min.

Specimen	C Fc (50m/min) kg	R (%)	Fc (70m/min) kg	R (%)
C2	47	100	54	100
A1	44	94	47	87
A2	39	83	40	74

R: Relative value of Fc

カーボンポテンシャルの高い浸炭を行なつて直接焼入れした場合には 残留オーステナイトの生成量は Mn-Cr 鋼の方がやや多くなつて、表面付近の硬度低下に差が生じている。Fig. 3 にこの例を示す。カーボンポテンシャルを下げた条件では、直接焼入れでも残留オーステナイト量は少なく、また両鋼種の差はなくなる。2次焼入れ

をした時には、どの条件でも同様な硬度曲線となる。Photo. 1 に浸炭焼入れ組織の例を示す。

3.3.3 オーステナイト結晶粒成長

925°C, 950°C, 975°C, 1000°C の各温度で、6hr浸炭して(浸炭剤、木炭+炭酸バリウム)徐冷後、オーステナイト粒度を測定した結果、A1, A2 とも 1000°C までには粗大化温度は存在せず整粒で徐々に粒が粗くなる。また、含鉛鋼(A2)の方が粒成長がわずかに少なくこれまで報告されているように鉛の影響があるようである。Table 3 に結果を示す。

3.4 被削性試験

焼準した棒材につきドリルテストおよび切削テストを行ない、A1, A2, C2 における穿孔トルク、スラスト、切削力および旋削工具寿命特性などの比較を行なつた。これらの結果によると、A1, C2 に大きな差はみられないが、鉛を添加した A2 の被削性の向上は著しく、含鉛の効果は十分認められる。Table 4 に送り速度一定の穿孔におけるトルク、スラストの測定結果を、Table 5 に切削速度 50m/min, 70m/min での切削力の測定結果を、またFig. 4 には送り 0.2mm/rev., 切込み 1mm, 切削速度 60~90m/min での工具寿命と切削速度の関係を示した。

3.5 冷間ねじり試験, 冷間圧縮試験

冷間鍛造性のある程度評価しようという観点から、完全焼鈍試料, 球状化焼鈍試料に対して冷間ねじり試験, 圧縮試験を行なつた。ねじり試験は平行部 φ10×100 の試料を電子管式ねじり試験機により、ねじり速度180°/min でねじり破断までの回転角-ねじりトルクの関係を求めた。この試験の再現性は良く、変形中のねじりトルクにおいて、A1, A2, C1 の差はないが、破断までの回転数は、含鉛鋼がわずかに低い。また3鋼種とも球状化焼鈍で著しく破断回転数が増す。この結果は圧縮試験結果とも比較的良い対応がみられるので、変形速度の問題はあるが、定性的には1つの目安とすることができるであろう。Table 6 になじり試験結果を示す。圧縮試験結果は割愛する。

4. 結 言

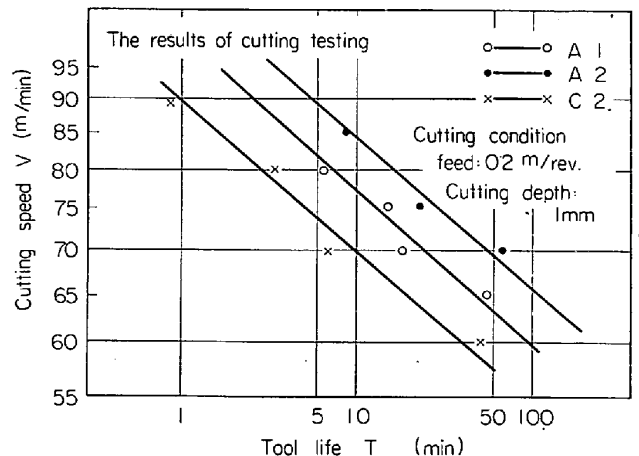


Fig. 4. Machinability of the three steels.

Table 6. Results of torsion tests.

Specimen	Heat treatment	Hardness (H _R B)	Twist No. for fracture	Torque (kg·m)
A 1	Full annealing Spherodized annealing	74.5 70.0	2243° (6.23) rev. 3158° (8.77)	8.14 8.02
A 2	F. A S. A	74.9 72.3	1587° (4.41) 2526° (7.01)	7.77 7.85
C 1	F. A S. A	75.0 71.0	1940° (5.38) 3345° (9.29)	7.95 8.10

SCM21 級の代用鋼として開発された 1% Mn-1% Cr 肌焼鋼およびその含鉛鋼の諸性質を Cr-Mo 肌焼鋼と比較検討した結果

① 機械的性質は、伸び値がわずかに Mn-Cr 鋼で低い点をのぞき、Cr-Mo 鋼と同等である。

② 浸炭性、浸炭硬度、組織でも両者は同様の傾向を示すが、Mn-Cr 鋼の方が残留オーステナイト生成傾向がやや大きい。

③ 被削性では Mn-Cr 鋼の方が Cr-Mo 鋼よりいく分よい結果を得たが、その差は少ない。また、冷間鍛造性でも両者の差は少ないと思われる。

④ 鉛を添加した場合には被削性に著しい向上が見られその他の諸性質には大きな影響を及ぼさない。

文 献

- 1) A. ROSE, H. SOGWART and E. THEIS: Stahl u. Eisen, 81 (1961) 12, p. 800
- 2) H. U. MEYER: Stahl u. Eisen, 76 (1956), p. 68
- 3) V. W. PETER and I. WIESEUNECKER: Stahl u. Eisen 82 (1962) 1, p. 23
- 4) A. P. WEAVER: Trans. Amer. Soc. Metals, 49 (1957), p. 464
- 5) 村上, 今井: 日本金属学会誌, 7 (1943), p. 336
- 6) 浅田, 藤原, 門脇, 村治: 電気製鋼, 31 (1960), p. 2
- 7) 安田, 鈴木: 電気製鋼, 29 (1958), p. 256
- 8) 荒木, 小柳, 大橋: 鉄と鋼, 44 (1958) 9, p. 1097

621. 776. 9: 669. 15/24/26-197

(222) インコネル・クラッド鋼板の試作と機械的性質について

日本製鋼所研究所

工博 宮野樺太男・○百田 昌司

On Manufacturing Procedure and Mechanical Properties of Inconel Clad Steel Plate

Dr. Katao MIYANO and Masashi MOMOTA

1. 緒 言

インコネルはニッケルを主体としたクロム・鉄合金で

強度が高く有機物および塩類の溶液に対して耐食性がある。900°C 以上の高温でも酸化抵抗のすぐれた耐熱、耐食材料である。しかも加工性が良好であるので、クラッド鋼板とした場合益々その優秀な性能が工業的に生かされるものと期待される。そこで熱間圧延法によりインコネル・クラッド鋼板を製造し、その性質を検討してみた。

2. 試作工程

試作インコネル・クラッド鋼板は熱間圧延法により製造されたものである。粗材は Table 1 に示すような化学成分を有し、15 mm の板厚を有するインコネルと 2 枚の 60 mm の板厚を有する SB49B 鋼板であり、2 枚の鋼板のうち 1 枚はクラッド母材として用いられ、他の 1 枚は単に圧延中の温度降下およびクラッド材の板厚寸法偏差や表面状態の悪化を妨げる目的で用いられたものである。

インコネルのように比較的少量のクロムを含有する合金をクラッド材とする場合、クロムの酸化被膜が母材との接着を悪化させることが考えられる。そのため電氣的にこれが取り除かれ、クロム酸化および接着後の母材からクラッド材への異種原子の拡散防止を目的としてニッケルメッキがほどこされた。圧延温度は 1200°C とし、圧延後ノルマライズ処理が行なわれ、母材の材質が調整された。このようにして板厚 15(12+3) mm, 幅 1000 mm, 長さ 4000 mm が製造された。

3. 試作鋼板の諸性質

Table 2 に本試作クラッド鋼の機械的性質を示す。

Table 2 の機械的性質のうち、抗張力が SB49B としてやや高目に出ているのはインコネルの影響が多少含まれていることと、インコネルにおよぼす熱処理の影響を考えて冷却速度を比較的速くしたためと考えられる。ここで特に注目していることは、クラッド鋼のクラッド材の接着性の目安ともなる剪断力が非常に高く、ステンレス・クラッド鋼板のそれと同等あるいはそれ以上を示していることである。したがって本クラッド鋼板の接着力は、クラッド鋼板として十分満足できるものであるといえよう。一般に高ニッケルあるいは高ニッケル・クロム合金のクラッド鋼板は化学装置や压力容器などに利用され、容器の製造工程中あるいは操業中に繰返し熱サイクルや、局部加熱などの熱的取り扱いを受ける機会が多いと考えられる。このような場合、接着部の挙動、特に耐剝離性をあらかじめ調査しておく必要がある。

このような目的で、インコネル・クラッド鋼板の接着部の高温における 100 回繰返し局部加熱冷却による剪