高張力鋼の熔接性に及ぼすニッケルおよび クロムの影響 (第 2 報)*

木 原 博** 鈴 木 春義*** 田 村 博***

小 田 豊久**** 宮 野 樺太男**** 田 島 啓介*****

Effect of Nickel and Chromium Contents on Weldability of High Tensile Manganese-Silicon Steels (Report 3)*

By H. Kihara,** H. Suzuki,*** H. Tamura,*** T. Oda,****
K. Miyano***** and K. Tazima*****

Abstract

An extensive investigation was performed of the effects of nickel and chromium contents on weldability of high tensile manganese-silicon steels, fourteen experimental and four commercial, which contained nickel or chromium less than 1 %. The present paper, the second part, describes the results of the following tests, namely, the weld maximum hardness, Jominy, Kommerell and Kinzel tests. From the results of tests, following conclusions have been obtained ;

1. The maximum hardness of heat-affected zone was increased appreciably by nickel addition, but remarkably by chromium. Nickel and chromium increased the maximum hardness at a rate of approximately 40 and 150 VHN per 1% increase of content, respectively.

2. The hardness at a distance, 5/8 inch from the water quenched end in Jominy test, was closely related to the maximum hardness of heat-affected zone, and increased considerably when chromium content exceeded 0.5%.

3. The maximum bend angle in Kommerell test decreased somewhat with increase of chromium content, but was not almost affected with increase of nickel up to about 1 %.

4. Ductility transition temperatures of base and welded plate specimens in Kinzel test were not markedly changed with increase of nickel, but increased considerably with chromium addition. It might be considered that ductility transition temperature of Kinzel test specimens depends more on notch toughness of base metal rather than the maximum hardness of heat-affected zone.

1 緒 言

シリコンマンガン系高張力鋼の熔接性に及ぼす少量のニッケルおよびクロムの影響を明らかにするため、ニッケルおよびクロムを 1% まで変化させた実験用鋼 14 種および商用鋼 4 種について、母材強度と切欠脆性について検討した結果を第 1 報に報告した¹⁾。本報告では同一鋼材について熔接熱影響部の硬化性とビード曲げ延性について種々実験した結果を述べる。

2 使用鋼材

塩基性平炉で溶解した商用鋼 4 種 (A~D) および酸性ライニング高周波電気炉で溶解した実験用鋼 14 種を使用した。これらの鋼の化学成分機械的性質等は第 1 報第 1 表に示した。実験用鋼はニッケルおよびクロムをそれぞれ 1% まで変化させたものである。

3 実験方法

1) 最高硬度試験

硬化性試験としてはまずビード熔接熱影響部の最高硬度を求めた。

国際熔接会議 (I.I.W.) で提案された試験片、すなわち Fig. 1 に示す如き 350×150mm の鋼板の中央に長さ 150 mm の熔接ビードを置き、その熔接断面を研磨腐蝕したのちビード底部に接する方向に硬度測定を行った。測定間隔は 0.5mm として微少硬度計 (ピッカー型圧子、荷重 1kg) を使用した。使用熔接棒は D 4301 (4mmφ) で熔接

* 原稿受付昭和 31 年 7 月 23 日 (昭和 30 年度熔接学会秋季学術講演会において発表)

** 正員 東京大学工学部 Member Faculty of Engineering Tokyo University

*** 正員 運輸技術研究所 Member Transportation Technical Institute

**** 正員 株式会社日本製鋼所 Member Mikow Steel Co Ltd

***** 正員 東洋電極株式会社 Member Tōyō Electrode Co. Ltd

条件は 170A, 30V, 8~9in/min で熔接は自動熔接機を用いた*。

2) ジョミニ試験

実験用鋼の曲げ試験終了後の余材を径 29mm の丸棒に鍛造し, 900°C で焼準したのち径 1in, 長さ 4in のジョミニ試験片を作り, 920°C で30分加熱後一端水焼入を行った。そして均一なオーステナイト状態から焼入れたジョミニ試験の場合を熔接熱影響部の硬度と比較してみた。

3) コマレル試験

ビード曲げ試験としてはまず商用鋼および実験用鋼の圧延状態についてコマレル試験によって熔接部の延性の比較を行った。Fig. 1 に示すごとく 350×150×20mm (板厚)

Fig. 1 Various test specimens

の鋼板の中央にU溝を切り, その中に 125mm の長さで熔接ビードを置き, これを直径 100mm で内側間隔 120mm の2本のローラーの上に乗せ直径 75mm のポンチで曲げ試験を行った。熔接棒は D 4316 (4mmφ) で熔接条件は 185A, 25V, 7in/min* で試験温度は 3°C および 20°C であった。

4) キンゼル試験

商用鋼および実験用鋼の圧延状態について母材および熔接試験片のキンゼル試験を行い遷移温度を求めた。試験前の試験片保持温度は -80~+60°C の範囲で実験は空中で行った。熔接棒は D 4301 (4mmφ), 熔接条件は 170A, 30V, in/min であった。

4 実験結果

1) 最高硬度試験

- * 最近では低水素系熔接棒で 170A, 42±4V, 6in/min が標準として用いられている (JIS Z 3201)。
- * 前項註に同じ

商用鋼4種と実験用鋼14種について行った硬度分布測定結果からその最高硬度 H_{max} を求め Table 1 に示す。

Table 1 Maximum Hardness of Heat-Affected Zone Vickers 1kg Load, D4301, 170 A, 8~9in/min

	CODE	Ni %	Cr %	H MAX		CODE	Ni %	Cr %	H MAX
EXPERIMENTAL	A	0.02	0.05	285	EXPERIMENTAL	P	0.25	0.09	364
	B	0.21	0.06	325		Q	0.11	0.00	345
	C	0.25	0.11	203		R	0.15	0.10	378
	D	0.33	0.24	358		S	0.30	0.11	378
	E	0.08	0.03	355		T	0.24	0.49	432
	F	0.04	0.05	323		U	0.26	0.91	479
	G	0.07	0.03	334		V	0.21	0.19	355
	H	0.26	0.09	363		X	0.52	0.11	355
	J	0.22	0.09	340		Y	0.93	0.11	383

2) ジョミニ試験

実験用鋼14種についてジョミニ試験で得られた各鋼の焼入端からの硬度分布曲線を Fig. 2 に一括して示す。すなわちクロム含有量の多い鋼TおよびUは著しく焼入性が大であることがわかる。ニッケル0.93%の鋼Yもやや焼入性が大であるが、その他はこれらに較べてはるかに焼入深度が浅い。

Fig. 2 Jominy end quench hardenability curves of test steels

3) コマレル試験

商用鋼ならびに実験用鋼について 3°C および 20°C でコマレル試験を行い, 最大曲り角度および横収縮率を求めた結果を Table 2 に示す。

4) キンゼル試験

商用鋼4種と実験用鋼14種の圧延状態について各試験温度と吸収エネルギー, 曲り角度, 横収縮率および剪断破面率

Table 2 Results of Kommerell Test

		TESTED AT 3°C					TESTED AT 20°C				
	CODE	NL	Cr	MAX. BEND ANG. IN 100 CM.	LATERAL CONTRACT.	FRACTURE APPEARANCE	MAX. BEND ANG. IN 100 CM.	LATERAL CONTRACT.	FRACTURE APPEARANCE		
COMMONZEL	A	0.02	005	100	4.4		180	4.4			
	B	0.21	008	180	4.8		180	4.9			
	C	0.35	011	180	4.5		180	4.6			
	D	0.33	024	180	4.4		100	2.5			
	E	0.07	000	180	4.2	NO. CRACK	114	3.4	B. F.		
	F	0.06	003	180	3.5	"	114	3.4	NO CRACK		
	G	0.27	003	81	2.4	B. F.	180	3.9	"		
	H	0.36	008	81	2.0	"	150	4.0	S. F.		
	J	0.38	009	97	3.3	"	180	4.2	NO FRACTURE		
	P	0.25	009	119	4.1	P. B. F.	129	5.3	P. B. F.		
EXPERIMENTAL	Q	0.11	008	88	3.1	B. F.	180	4.2	NO CRACK		
	R	0.15	010	133	6.1	P. B. F.	180	3.0	"		
	S	0.30	011	86	1.5	B. F.	180	4.1	"		
	T	0.24	049	51	2.0	"	91	4.2	P. B. F.		
	U	0.22	019	34	1.4	"	39	1.1	B. F.		
	V	0.21	010	48	0.8	P. B. F.	180	3.8	NO CRACK		
	X	0.68	011	180	4.1	NO CRACK	180	3.9	"		
	Y	0.32	011	85	4.9	P. B. F.	180	3.9	"		

B.F. = BRITTLE FRACTURE, P.B.F. = PARTIALLY BRITTLE FRACTURE
S.F. = SHEAR FRACTURE

の関係を求め、これらの結果から各基準に対応する遷移温度を次のごとく定め、 0°C および 20°C における横収縮率 φ_0 , φ_{20} および曲り角度 α_0 , α_{20} とともに Table 3 に一括した。

T_{rs} (°C)…剪断破面率が50%を示す温度

$T_{r\Phi}$ (°C)…横収縮率が1%を示す温度

Table 3 Results of Kinzel Test

	CODE	BASE METAL								WELDED							
		T ₁₅	T ₁₉	T ₂₄	g ₀	g ₂₀	d ₀	d ₂₀	T ₁₅	T ₁₉	T ₂₄	g ₀	g ₂₀	d ₀	d ₂₀		
COMMERCIAL STEEL	A	-20	-05	-75	4.5	5.0	35	36	-20	-35	-30	4.0	4.5	5	11		
	B	-10	-60	-45	4.0	4.0	35	40	-5	-15	0	3.0	4.0	6	15		
	C	-35	-75	-65	3.5	3.5	31	32	-40	-40	-20	3.5	4.0	7	12		
	D	-15	-30	-65	3.5	4.0	42	43	-20	-25	-20	3.5	3.5	6	9		
EXPERIMENTAL STEEL	E	40	-00	-55	2.5	3.7	21	24	35	15	40	0.5	1.2	6	26		
	F	30	-60	-60	2.5	3.0	21	25	30	20	20	0.5	1.0	6	13		
	G	35	-65	-30	2.5	3.0	22	27	35	20	25	0.5	1.0	3	6		
	H	25	-50	-20	1.5	2.2	16	22	20	20	35	0.5	1.0	9	16		
	J	20	-60	-30	2.5	3.1	21	27	20	0	5	1.0	2.3	4	17		
	P	15	-45	-30	1.7	2.5	21	26	15	5	20	0.9	1.9	4	10		
	Q	50	-30	15	1.3	1.7	13	17	40	25	40	0.2	0.7	1	4		
	R	5	-70	-15	2.0	2.4	19	24	10	-5	20	1.2	2.3	6	15		
	S	10	-50	1.5	2.2	2.5	16	20	15	5	15	0.8	2.0	17	5		
	T	45	-45	15	1.8	2.1	14	16	45	15	30	0.5	1.2	4	15		
	U	50	-15	20	1.4	1.9	12	14	50	30	60	0.2	0.5	31	55		
	V	0	-45	-10	1.5	2.0	17	20	5	-5	20	1.4	1.9	15	31		
X	15	-40	15	2.0	2.4	20	24	15	5	15	0.8	2.3	30	34			
Y	5	-40	0	2.0	2.3	15	20	5	5	10	0.7	1.9	29	33			

T _{TS}	°C = TRANSITION TEMPERATURE	AT 50 %	SHEAR FRACTURE
T _L	°C = " "	AT 1 %	LATERAL CONTRACTION
T ₁₀	°C = " "	AT 15 %	BEND ANGLE
%	= LATERAL CONTRACTION	AT 0°C	
0°	" "	AT 20°C	
30	DEG = BEND ANGLE	AT 0°C	
70	DEG = " "	AT 20°C	

5 考察

1) 最高硬度試驗

以上の測定結果からニッケルおよびクロム含有量と最高硬度の関係を求めるに当り、マンガンシリコン系高張力鋼の研究結果から導いた修正された Dearden and O'Neill の式²⁾

および板厚 20mm に対するビード熔接の最高硬度と等価炭素量の式³⁾

$$H_{\max} \text{ (Vickers)} = 666C_{eq} + 66 \dots\dots\dots(2)$$

中の C_{eq} の係数666を用いることによって、Table 2 の測定値に含まれるニッケルあるいはクロム以外の成分の変動による影響を除外した。すなわち鋼材の $C_{eq}\%$ の値と全鋼材の平均値0.41%との差、 $C_{eq}\%$ 各鋼材に対して求めれば最高硬度の増加量 ΔH_{max} は

$$\Delta H_{\max} = \Delta C_{\text{eq}} \times 666 \dots\dots\dots (3)$$

となり，測定値とこの $\Delta H_{\max}$ との差が補正された最高硬度として求められる．Fig. 3 はこのようにして求めた最

Fig. 3 Effect of nickel and chromium contents on maximum hardness of heat affected zone

高硬度の修正値にニッケルおよびクロムの関係であるが、ニッケルによる最高硬度の変化は比較的わずかであるがクロムの影響は著しい。いまこれらの関係を直線的と考えると各成分1%増加に対する最高硬度の増加量を求めると

ニッケル約30, クロム約150 (ピッカーズ)

となる。すなわち約1%までの範囲ではクロムはニッケルの約4倍大きい硬化性を有するわけで Dearden and O'Neill または Tremlett⁵⁾ などの提唱している等価炭素量の係数とはよく一致した値となる。なお Fig. 3 ではたとえばクロムが0.5%超えると(1)を式で仮定したクロムの係

数の影響が大きくなるので、クロムの多い鋼の測定点をニッケルと最高硬度の関係図から除外した。

Fig. 3 の関係によるとニッケル0.25%添加されることによる硬度の増加はビッカース約10、クロム0.10%に対しては約15となるわけであるが、Fig. 3 の測定点のパラッキから考えるとこの程度の値はきわめて少ないものと考ええる。

先の(1)式で計算した各鋼材の等価炭素量と最高硬度の測定値の関係を図示すると Fig. 4 のごとき明瞭な直線

Fig. 4 Relation of maximum hardness of heat affected zone and carbon equivalent

関係が得られる。たゞし前に求めた各種高張力鋼についての結果から導いた直線(点線)より硬度が高い方に移動しているのは、本実験の方が溶接速度がやゝ高いことによるもので、両者を比較すると4mm溶接棒を用いて

板厚20mmのビード溶接について、Vickers(1kg)硬度では

$$\left. \begin{aligned} (170A, 6in/min \text{ の場合}) H_{max} &= 666Ceq + 66 \\ (170A, 8\sim 9in/min \text{ の場合}) H_{max} &= 666Ceq + 100 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

となる。すなわち Ceq の係数は同じであるが、常数のみが少し異なっていて、溶接速度の増加に伴って最大硬度が増加することが示されている。

2) ジョミニ試験

実験用鋼14種について行ったジョミニ試験結果から、例えば水冷端から $\frac{5}{8}$ in の場所の硬度を求めて、ニッケルおよびクロムに対して図示すると Fig. 5 のごとなる。ニッケルについては0.9%以上でやゝ硬度が大になるが、一方クロムは明らかに0.5%以上で著しく硬度が増加している。すなわち均一なオーステナイト状態からの焼入性に対してクロムはニッケルに比して著しい影響を示していることは溶接部の最高硬度に対する影響と同様である。なお一般にジョミニ試験は均一なオーステナイトからの焼入であ

Fig. 5 Effect of nickel and chromium contents on hardness at $\frac{5}{8}$ " from water cooled end in jominy test

Fig. 6 Relation of maximum hardness of heat-affected zone and hardness at $\frac{5}{8}$ " from water cooled end in jominy test bar

るから溶接熱影響部のごとき不均一なオーステナイト状態からの急冷時の硬度を推定することは困難と考えられているが、本実験用鋼の結果では両者の間には Fig. 6 のごときは直線関係があり、ジョミニ試験結果から溶接熱影響部の硬化を定性的に推定することが可能なが認められた。なお Fig. 2 においてニッケルおよびクロムが特に少ない鋼 E, F, G の硬度が比較的強く現われているが、しかしこれはニッケルとクロムの両成分が低いこれらの鋼だ

けでなく、Ni 0.52%, Cr 0.11% を含む鋼Xにもかゝる傾向があらわれているから、ニッケルおよびクロムがとくに少ない焼入性が小さくなるともいえないようである。

3) コマレル試験

Table 2 の結果からニッケルおよびクロム量と最大曲り角度の実測値を図示すると Fig. 7 のごとくなる。試験温度 3°C の場合は本実験用鋼の遷移温度附近であったと考えられて測定値の変動が大きくニッケルの影響は明らかでない。試験温度 20°C の場合もニッケルの影響は不明瞭であるが一応その影響は少ないとみてよい。一方クロムは両温度とも成分の増加とともに曲り角度は減少する。すなわちこの傾向は前の最高硬度測定結果ときわめて類似している。Fig. 9 は最高硬度とコマレル試験の最大曲り角度の関係を示すもので、硬度 350 附近から硬度が増すにつれて曲り角度は減少し従来の結果とは一致した傾向を示す。いずれにしても実験値が少なく変動も多いので本試験結果からは定量的な結論は得られない。なお商用鋼の結果が実験用鋼より一般に優れている点は V シャルビ試験結果と同様である。

4) キンゼル試験

商用鋼および実験用鋼について求めた Table 3 の結果からニッケルおよびクロム含有量とキンゼル試験による T_s および T_{ϕ} 遷移温度の関係を、母材および熔接試験片について求めると Fig. 10, 11 のごとくなる。キンゼル試験ではコマレル試験同様、合金元素量との遷移温度の関係を示す定量的公式がないので、引張試験あるいは V シャルビ試験で行ったときニッケルおよびクロム以外の成分の変動を除き得なかった。従って Fig. 10, 11 の傾向は他の成分の影響がある程度含まれると考えなければならない。

Fig. 10, 11 によると T_s 遷移温度は母材、熔接試験片とも全く同一でニッケルの増加とともに減少し、クロムとともに増加する傾向を示すが、これもニッケル 0.11% 以下、クロム 0.03% 以下の測定点を含めて考えると実験結果に著しいバラツキのあることが認められる。しかしながらこれらの測定点の変動を考慮しても母材、熔接試験片ともに一応上述した傾向には変わりなく前のシャルビ試験結果の T_s あるいは

Fig. 7 Effect of nickel content on maximum bend angle in kommerell test

Fig. 8 Effect of chromium content on maximum bend angle in kommerell test

Fig. 9 Relation of maximum bend angle in kommerell test and maximum hardness of heat affected zone in maximum hardness-test

Fig. 10 Effect of nickel content on transition temperature in kinzel test

Fig. 11 Effect of chromium content on transition temperature in kinzel test

T_{rB} 遷移温度の傾向ときわめて類似していることから、キンゼル試験の T_{rS} 遷移温度は熔接試験片の場合も母材の切欠靱性が著しく結果に影響するものと考えられる。いま試みにキンゼル試験における T_{rS} 遷移温度とVシャルビ試験で求めた T_{rS} 遷移温度の関係を図示すると Fig. 12 上図のごとくなる。すなわち両者の間には比較的明瞭な関連性が認められている。なおこの図から遷移温度の高い範

る筈である。Fig. 12 下図はキンゼル試験の $T_{r\phi}$ とVシャルビ試験の T_{r15} 遷移温度の関係を示したもので変動が先の T_{rS} で比較した場合よりやや大きいとその平均線を求めるとキンゼル試験の $T_{r\phi}$ は、

$$T_{r\phi}^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4} \times T_{r15} - 32$$

としてVシャルビ試験の T_{r15} から近似的に求めることができる。

また従来熔接試験片の $T_{r\phi}$ 遷移温度は熔着鋼あるいは熱影響部の延性に対して比較的感度が大なるものと考えられているから、いま熱影響部の最高硬度と熔接試験片の $T_{r\phi}$ との関係を図示すると Fig. 13 のごとくなる。この図からわかる通り本供試鋼について求めた結果のみに注目すれば最高硬度の増加とともに $T_{r\phi}$ は上昇しており、その傾向はほぼ

$$T_{r\phi}^{\circ}\text{C} = \% \times H_{\max} - 145$$

なる直線関係で与えられる。ところで図中に示した他の多くの系統の高張力鋼（主として Mn-V あるいは Mn-Cr-Mo 鋼）の結果とは全く同一直線範囲で示すことは困難である。すなわちキンゼル試験片の $T_{r\phi}$ 遷移温度に対しては、熱影響部の硬度（延性）のほかたとえ母材や熔着鋼の靱性などのほかの要因が結果に著しく影響を及ぼしていることがこの図から推定できよう。

なお、Vシャルビ試験の T_{r15} 遷移温度ではニッケルとクロムがともに少なくなると遷移温度が低下する傾向が見られるが、キンゼル試験では母材の $T_{r\phi}$ 遷移温度にこの傾向がわずかに見られるほかこれらの傾向は認められず、 T_{rS} ではこの範囲で逆に遷移温度が上昇を示すほどであった。

また商用鋼の結果が実験用鋼よりも著しく優れている点はVシャルビ試験、コマルル試験結果と同様である

Fig. 12 Relations of transition temperatures between kinzel test and V-charpy test

囲ではVシャルビ試験の方が、また低い範囲では逆にキンゼル試験の方が感度が良好なことが明らかである。

次に Fig. 11, 12 の下図の $T_{r\phi}$ 遷移温度と各成分の関係では T_{rS} に較べて測定点のバラツキがやや少なく、また母材と熔接試験片とでは遷移温度の値が著しく異なっている。ニッケルの増加については母材の場合 $T_{r\phi}$ はわずかに上昇の傾向が見られ、熔接試験片ではほぼ一定である。一方クロムについては母材、熔接ともある程度成分の増加とともに $T_{r\phi}$ が上昇の傾向を示す。 $T_{r\phi}$ 遷移温度は比較的試験片の変形が少ない範囲で求めた遷移温度であるから、母材の場合はVシャルビ試験片 T_{rB} あるいは T_{rS} より T_{r15} 遷移温度と関連が求められ

Fig. 13 Relation of maximum hardness of heat affected zone and $T_{r\phi}$ transition temperature in kinzel test

VI 結 論

以上ニッケルおよびクロムを1%程度まで変化させた4種の商用鋼および14種の実験用鋼について最高硬度、ジョミニ、コマレルおよびキンゼル試験を行った結果から次のごとく結論し得る。

1) 熔接熱影響部の最高硬度試験結果ではニッケルの増加に対する硬度の増加は比較的わずかであるが、クロムの場合には増加が著しく、成分1%当りの硬度増加はニッケル約40、クロム約150(ピッカース)であった。すなわち硬化能においてクロムはニッケルの約3.8倍であった。

2) ビード熔接熱影響部の最高硬度は炭素当量 Ceq. とともに直線的に増加した。

3) ジョミニ試験の結果は熱影響部の硬度試験結果とは同一の傾向を示しクロム0.5%以上で焼入深度が著しく増大した。

4) 標準ジョミニ試験片の水冷端から $\frac{1}{8}$ in の位置の硬度は、熔接熱影響部の最高硬度と良好な直線的関連を示した。

5) コマレル試験による室温の最大曲り角度はクロムの増加とともに減少したが、ニッケルによる変化は少なくは熱影響部の硬度と類似の傾向を示した。

6) 熱影響部の最大硬度が350附近を越えると、室温に

おけるコマレル試験の曲げ延性が急速に減少した。

7) 母材および熔接部のキンゼル試験結果では横収縮率遷移温度は、母材、熔接試験片ともにニッケルの増加に対する影響は少ないがクロムの増加とともに上昇する傾向を示した。一方破面遷移温度についてはニッケルの増加とともに低下し、クロムでは上昇しほとんどのVシャルビ試験の破面遷移温度あるいはエネルギー遷移温度と同一の傾向を示した。

8) 熔接したキンゼル試験の横収縮遷移温度は、熱影響部の最大硬度とほとんど関聯がなく、母材の靱性が大きく影響するようである。

文 献

- 1) 木原, 鈴木, 田村, 小田, 宮野, 田島「高張力鋼の熔接性に及ぼすニッケルおよびクロムの影響第1報」, 熔接学会誌, Vol. 25 No. 12
- 2) 木原他「マンガンシリコン系高張力鋼の熔接性」, 熔接学会誌 Vol. 25 (1956) No. 5 p. 242~303.
- 3) 日本造船研究協会第23部会報告, 1955. p. 2~33.
- 4) J. Dearden and H. O'Neill, "A Guide to the Selection of Lowalloy Structural Steels", Trans. Inst. Weld., (1940), 203.
- 5) H. Tremlett; Iron Coal Trade Review, 148 (1944), 477.

圧延鋼板の機械的異方性について*

——異方性の発生原因にかんする実験的考察——

渡辺正紀** 出口義治** 蒲地一義** 浜名恒美**

On the Directionality of Mechanical Properties of Rolled Steels

—Experimental Study about the Causes of the Directionality—

By M. Watanabe,** Y. Ideguchi,** K. Kamachi** and T. Hamana**

Abstract

The authors have published some papers¹⁾ concerned with anisotropic mechanical properties of structural rolled steels and described that tensile strength exhibits little or no directional properties but elongation and reduction of area decrease markedly as the angle between the test specimen axis and the rolling surface increases and approaches the thickness direction as seen in Fig 1 & 2.

In this paper, supposing that banded structures and brittle inclusions are probably important variables which contribute to the poor ductility in the thickness direction, the authors have studied the effects of these variables on the directionality or the ductility in the thickness direction. Based on the experimental results as shown in Figs 5(a)–5(e), 9, 11 and 12, it would be concluded that the directionality, in other words, the poor ductility in the thickness direction is more caused by the alignment and shapes of microscopic inclusions, than existence of the banded structure as found in hotrolled steels.

* 原稿受付 昭和31年7月17日(昭和31年度熔接学会春季学術演会において発表)

** 正員大阪大学工学部 Member Faculty of Engineering, Osaka University