

低 Mn 系高抗張力鋼の熔接性に関する研究

鈴木音次郎* 小林年夫**

Studies on Weldability of Low Manganese High Tensile-Strength Steel

By Otojirō Suzuki and Toshio Kobayashi
Kasado Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writers, who classified the weldability in five classes, carried out the weldability tests of low manganese high tensile-strength steels and obtained the following results:

- (1) As regards the steel plate under test, there is the close relationship among C_{eq} , the hardness in the vicinity of water-quenched end in Jominy test, the maximum hardness of heat-affected zone during welding, and bead-bend angles. In case C_{eq} exceeds 0.5%, the weldability tends to decline remarkably.
- (2) The higher is the welding current and the lower is the welding speed, the maximum hardness at the heat-affected zone is decreased and the bend angle is increased in that proportion. In the case of hardness below 300 Hv, no measurable differences of bend angles are exhibited.
- (3) Satisfactory weldability is obtained by the use of the low-hydrogen type electrode.
- (4) With regard to the influence upon the elapse of time for bend angle of longitudinal bead-bend test after welding, the bend angle is found to be very small immediately after welding regardless of the variation of electrodes. When the low-hydrogen type electrode is used, the bend angle is rapidly increased in the following 24 hours, making a contrast with the case where the high cellulose type electrode is used. This is ascribed by the writers to the effect of both the hydrogen content absorbed during welding and the residual hydrogen content retained after welding.

〔I〕 緒 言

鋼の熔接性に関する研究は数多く報告されているが、ある一つの熔接性試験方法による結果をもつて、構造物の熔接作業時に生ずる諸問題に適確な解決をあたえることは困難な場合が多いように思われる。そのためには系統的に分類された熔接性相互間の関連性をあきらかにし、また箇々の熔接性に影響をおよぼす要因を適確に把握する必要がある。今回筆者らは主として鉄道車輛に使用される比較的薄い数種の高抗張力鋼を使用して、岡田博士の提案になる⁽¹⁾熔接性分類法にしたがい下記のごと

き熔接性試験を行った。

第1種熔接性...機械性試験, 化学組成などの試験

第2種熔接性...ジョミニー焼入性試験

第3種熔接性...切欠きビード曲げ試験 (熔接棒の影響)

第4種熔接性...縦ビード曲げ試験 (熔接棒, 熔接条件の影響)

第5種熔接性...突合せ熔接試験

そしてこれらの実験結果から供試各鋼種間の組成, 材質の相違が第何種の熔接性に影響をおよぼしているかをあきらかにし, また高抗張力鋼の熔接に適する熔接棒, 熔接条件選択の基準, および接熔熱影響部の硬さを基礎

* ** 日立製作所笠戸工場

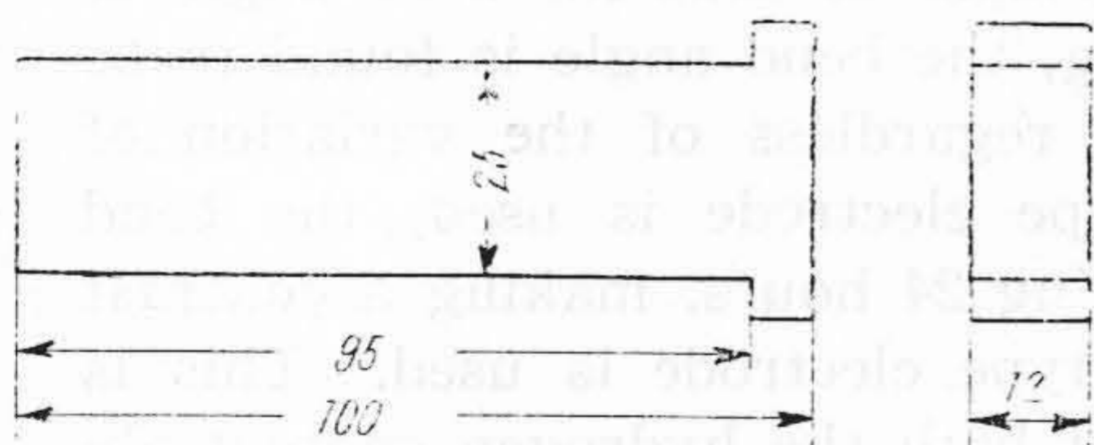
とした各熔接性相互間の関連性などをあきらかにすることができたのでその結果を報告する。

第1表 使用鋼板の化学組成
Table 1. Chemical Composition of the Test Plates

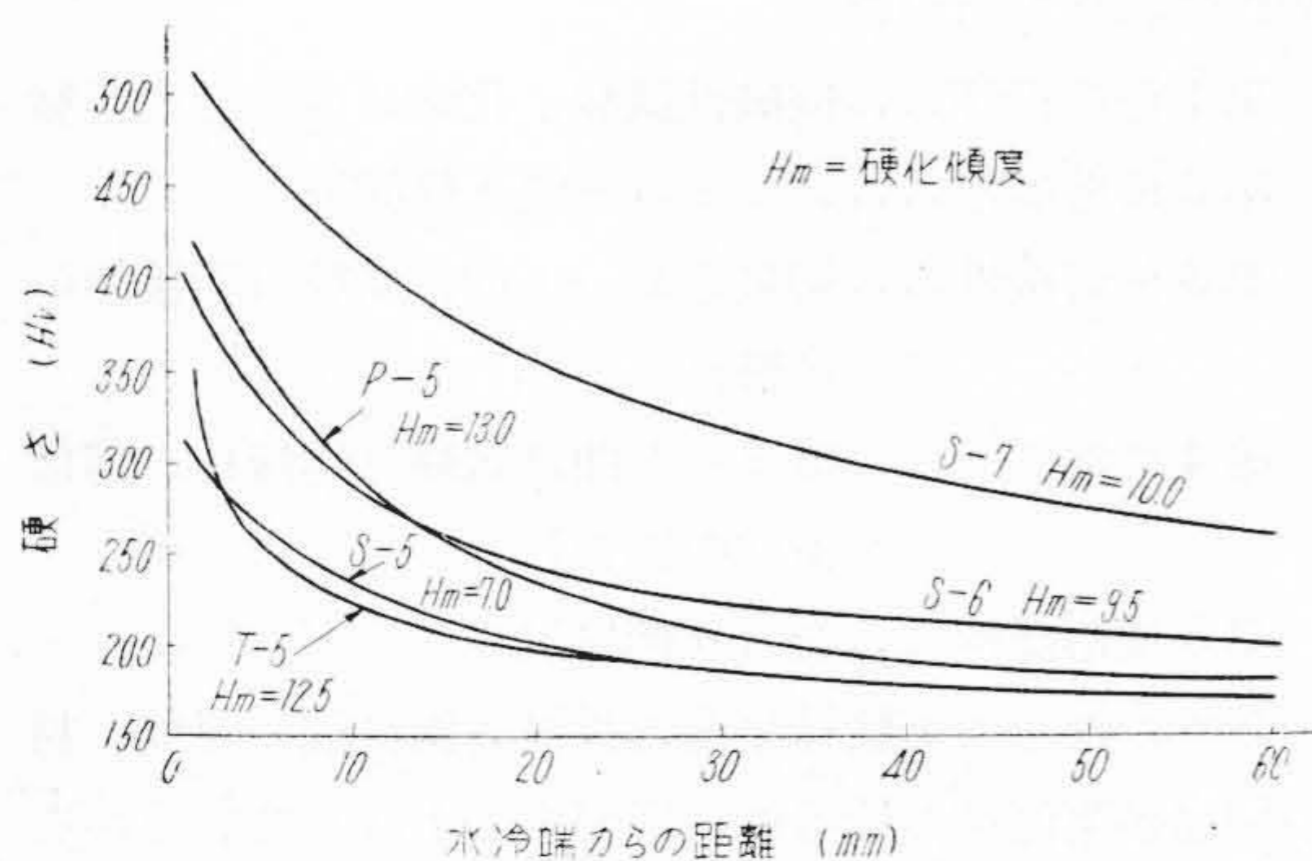
鋼板	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ceq
S-5	0.14	0.57	0.94	0.010	0.010	0.15	0.13	0.034	0.34
S-6	0.18	0.65	1.09	0.009	0.012	0.16	0.50	0.024	0.48
S-7	0.21	0.77	1.14	0.012	0.010	0.30	0.77	0.024	0.58
P-5	0.21	0.16	1.43	0.011	0.017	0.15	0.48	0.032	0.56
T-5	0.19	0.59	1.25	0.019	0.010	0.08	0.30	0.031	0.47

第2表 使用鋼板の機械的性質
Table 2. Mechanical Properties of the Test Plates

鋼板	抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)	曲げ試験	硬さ (HB)
S-5	53.4	25.6	良	167
S-6	59.8	23.3	良	179
S-7	69.7	19.0	良	201
P-5	55.8	24.8	良	170
T-5	56.0	28.1	良	170



第1図 ジョミニー焼入試験片
Fig. 1. Jominy's End-Quench Test Specimen



第2図 焼入性試験結果
Fig. 2. Results of Hardenability Test

〔II〕 供試鋼板

実験に使用した鋼板は3'×6'×12t 圧延鋼板で、その化学組成ならびに機械的性質を示すと第1表および第2表のごとくである。表中に示す Ceq (等価炭素量) は Tremlett の式より求めた。

〔III〕 ジョミニー焼入性試験

ジョミニー焼入性試験により供試鋼板の焼入性を調査した。試験片は第1図に示すごときのものである。あらかじめ供試鋼板の Ac₃ 変態点を熱膨脹試験によつて求め、加熱温度は Ac₃ 以上 42°C とし、焼入操作はすべて所定の方法にしたがい⁽²⁾、焼入後試験片側面の硬さをマイクロビッカース硬度計にて測定した。その結果を示すと第2図のごとくである。

鋼の硬化性の検討には焼入性曲線の水冷端よりある任意の位置において、所定の硬さを示すか否かを吟味して使用目的に適合する材料をえらぶ一つの手段としているようであるが、熔接の場合にはこの結果を利用して熱影響部の硬化状況を推定せんとするものであるから、ある一点の硬さのほかに曲線の形状を検討する必要がある。このための方法として次式により、水冷端から 10mm までの間における単位長さに対する平均硬さの減少率を計算した。

$$\frac{H_e - H_{10}}{10} = H_m (H_v/mm)$$

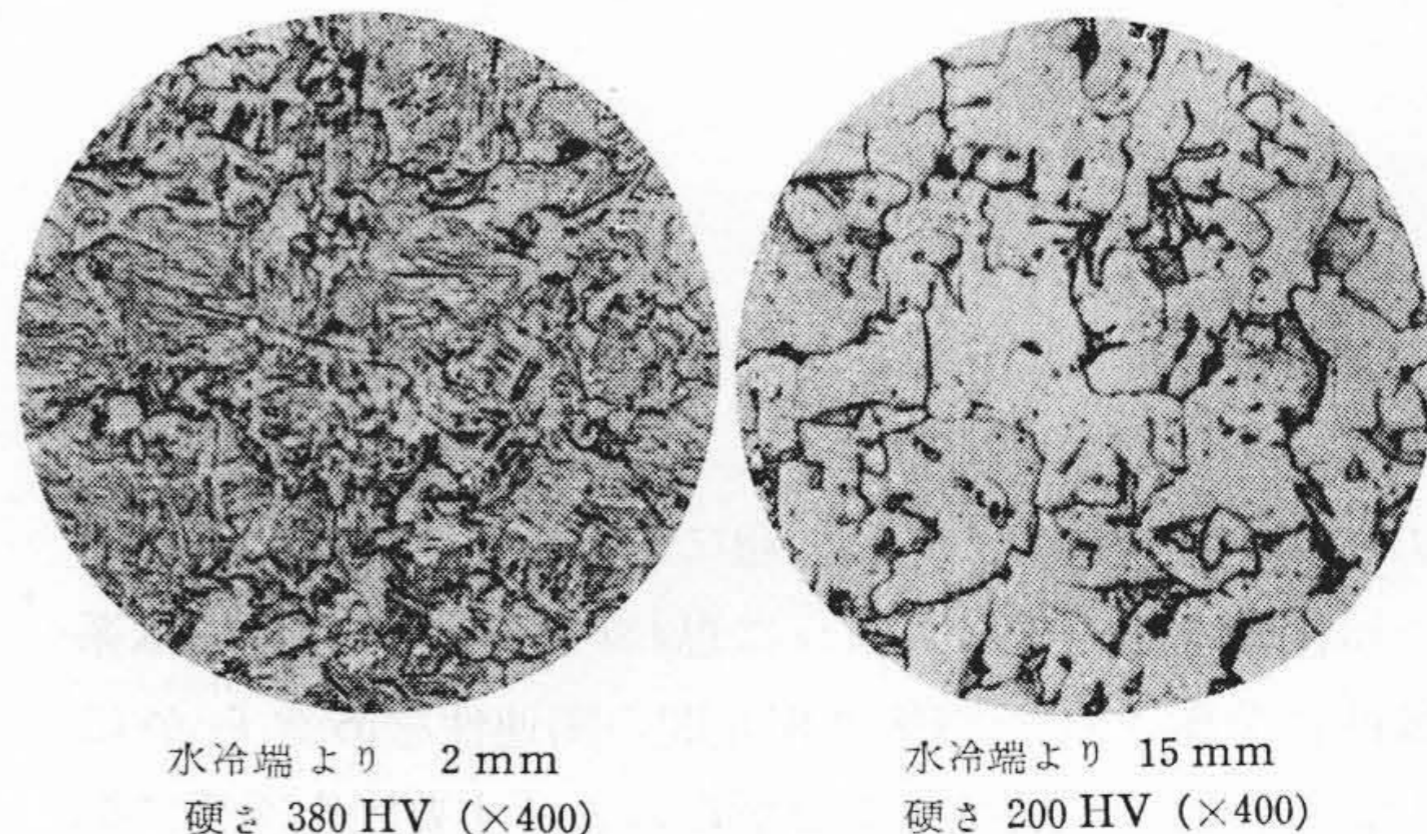
ただし

H_e = 水冷端の最高硬さ (H_v)

H₁₀ = 水冷端より 10mm 離れた位置の硬さ (H_v)

H_m = 硬化傾度

H_m を硬化傾度と呼ぶことにし第2図中にこれを併記



第3図 ジョミニー試験片水冷端附近の顕微鏡組織 (鋼板 T-5)

Fig. 3. The Microstructure in the Vicinity of Water-Quenched End of Jominy's Specimen (Steel Plate T-5)

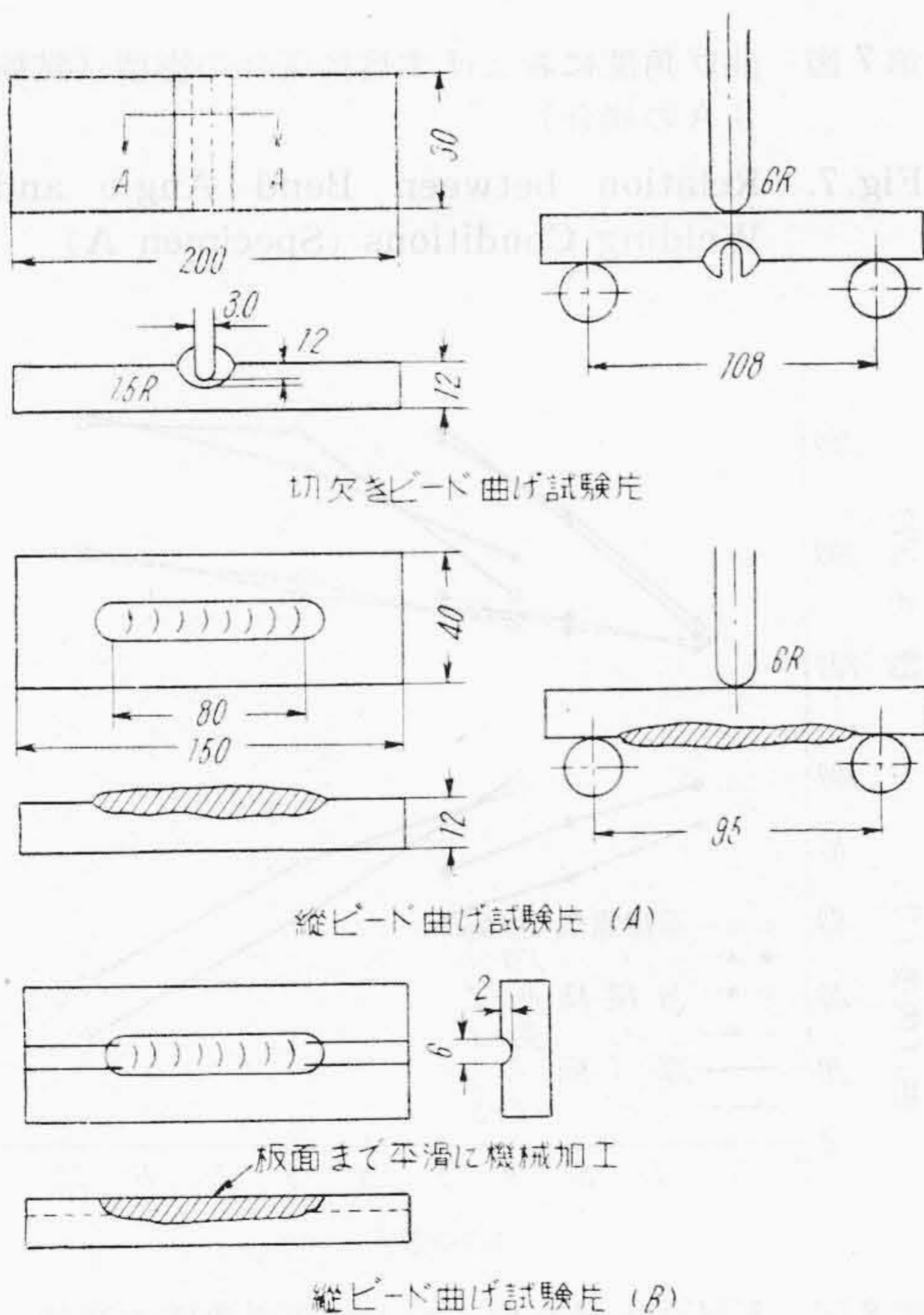
した。すなわち水冷端の硬さが高く、 H_m の小なるものほど硬化のおよぶ範囲が大きいといえるわけである。

これらの結果によると水冷端の最高硬さ、ならびに硬化傾度は C, Mn および Cr 含有量の多少によつて異なり、たとえば S-7 ではあきらかに特殊元素の含有が焼入性増加に影響をおよぼしているものと考えられる。

つぎにこの試験片の水冷端附近の顕微鏡組織分布状態を調査した。一例を示すと第 3 図のごとくである。この結果と次章以下で述べる熔接熱影響部の顕微鏡組織とを比較してみると、一層熔接の場合は水冷端より 2~5 mm

第 3 表 熔着金属の化学組成および機械的性質
Table 3. Chemical Composition and Mechanical Properties of Deposited Metals

熔接棒 (No.)	被覆の 型式	熔着金属の化学組成 (%)					機械的性質		
		C	Si	Mn	P	S	抗張力 kg/mm ²	伸び (%)	絞り (%)
1	低水素	0.07	0.24	0.90	0.011	0.014	53.7	31.2	58.2
2	低水素	0.09	0.24	1.39	0.015	0.009	59.8	31.8	68.3
3	低水素	0.11	0.26	1.85	0.012	0.008	67.9	28.1	69.3
4	高セル ローズ	0.09	0.24	0.39	0.018	0.017	47.9	26.8	59.5



第 4 図 ビード試験片の形状
Fig. 4. Bead Test Specimen

附近、多層熔接では 20~30 mm 近傍の組織がよく類似しているようである。したがつてこれらの関係を詳細に検討すれば、熔接性試験法相互の関連性をあきらかになしうるものと考えられる。

〔IV〕 切欠きビード曲げ、および縦ビード曲げ試験

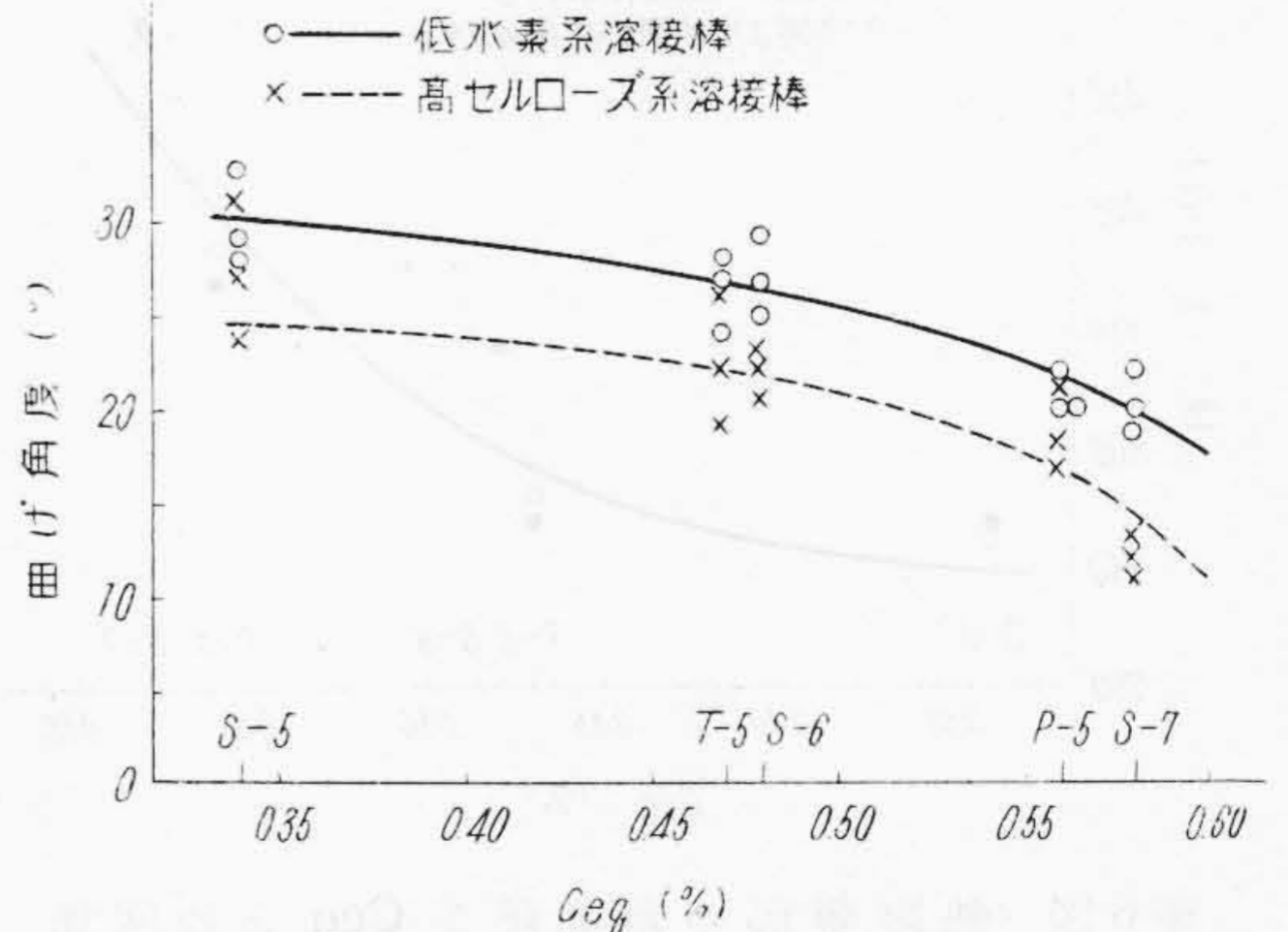
(1) 実験に使用した熔接棒

本研究の熔接実験に使用した熔接棒は高抗張力鋼用低水素系熔接棒 3 種、および高セルローズ系熔接棒 1 種である。後者は軟鋼用熔接棒であつて、熔接棒の影響を検討するためビード試験にのみこれを使用した。これらの熔着鋼の性質を第 3 表に示す。No. 1, 2, 3 はそれぞれ抗張力が異なるので、鋼種 S-5 には No. 1 を、S-6, T-5, P-5 には No. 2 を、S-7 には No. 3 を使用した。

(2) 試験片

切欠きビード曲げおよび縦ビード曲げ試験に使用した試験片の形状を示すと第 4 図のごとくである。縦ビード曲げ試験によつて熔接条件のこまかい影響を検討するためには、ビード波形の影響を除いた方がよいので、本実験では図のごとく板面までビードを平滑に機械加工したものも使用した。

切欠きビード曲げ試験片は同一条件で 4 箇所製作したからこれを一組として横にならべ、さらに両側にエンドピースをおいてビードを切ることなく、熔接速度 150 mm/min, 熔接電流 150 A なる条件で熔接を行つた。曲げ試験は試験片 3 箇所のみを熔接後切欠き部の加工を行い 7 日間経過した後室温 15°C で実施した。試験片のうちの残り 1 箇所はマイクロビッカース硬度計にて A-A 断面の硬さを測定した。縦ビード曲げ試験片の場合は 1 箇所ずつ熔接し、熔接条件はそれぞれ実験の目的に応じて変化した。また必要なものについては B-B 断面の硬さを測定した。



第 5 図 切欠き曲げ試験結果
Fig. 5. Notch Bend Test Results

(3) 切欠きビード曲げ試験

第5図に各鋼種の Ceq と曲げ角度の関係を示す。この結果によると一般に Ceq の増加にともなつて曲げ角度は低下するが、Ceq 0.5% 以上ではやゝその傾向を大にする。また第3種熔接性試験では熔接ビードの影響は含まれないのであるが、実験結果によるとあきらかに高セルロース系溶接棒の場合は曲げ角度は劣っている。これについては熔着金属および母材熱影響部に溶解する水素の影響を考慮に入れる必要があるものと考えられる。

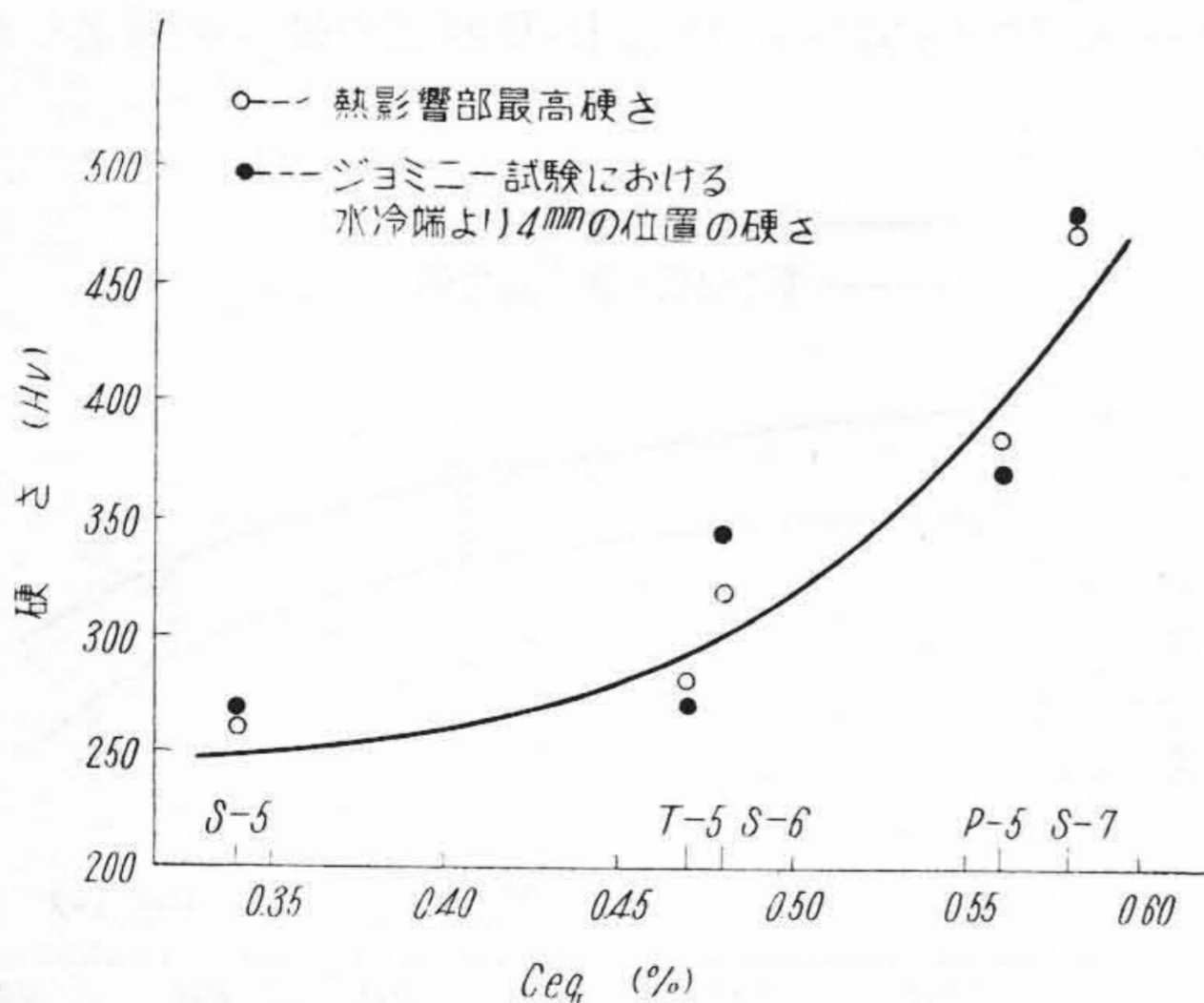
ビード直下の熱影響部硬さに対する溶接棒種の影響は明瞭に認められなかつた。いま低水素系溶接棒による場合の熱影響部最高硬さと Ceq の関係を示すと第6図のごとくである。この図中に先に述べたジョミニー焼入性試験における水冷端より4mmの位置の硬さを求めて図示すると、熱影響部の最高硬さと非常によく一致し、ジョミニー焼入性試験が熔接性判定のためにきわめて有効な試験法であるといえる。しかして第5図および第6図を比較検討すると Ceq 0.5% を超えると硬さは急激に上昇し、曲げ角度は低下の割合を増すことがわかる。

(4) 縦ビード曲げ試験

(A) 曲げ角度におよぼす熔接条件の影響(試験片(A)の場合)

試験片(A)を使用し、熔接速度は切欠きビード曲げ試験の場合と同様に 150 mm/min 一定として、溶接棒の種類と熔接電流の影響を求めた。実験結果を示すと第7図のごとくである。曲げ角度は微細な亀裂の生ずる角度をもつて示したが、曲げ金具の関係上最大曲げ角度は117度 に止められた。したがつてこの角度では亀裂の生じなかつた試験片もある。

この結果によると Ceq の増加にともなつて曲げ角度

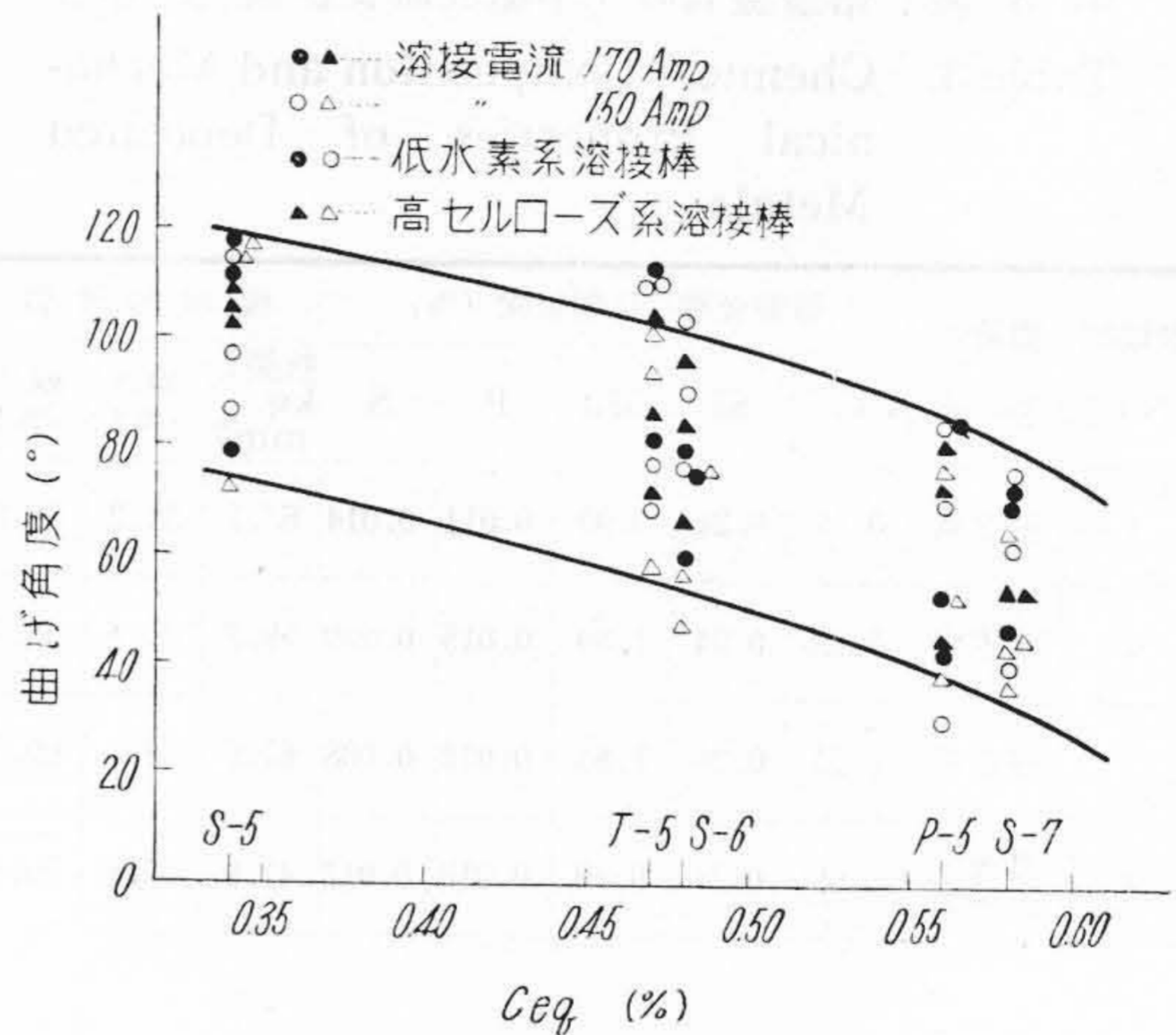


第6図 熱影響部の最高硬さ Ceq との関係
Fig. 6. Relation between Max. Hardness in the Heat-Affected Zone and Ceq

の低下する傾向は第5図の場合と変わらないが、測定値のバラツク範囲が大きく、溶接棒種および熔接電流の影響はあきらかでない。これはビード波形の影響が入るためであつて、試験片(A)による曲げ試験は熔接性判定試験法として適切なものとはいえないようである。

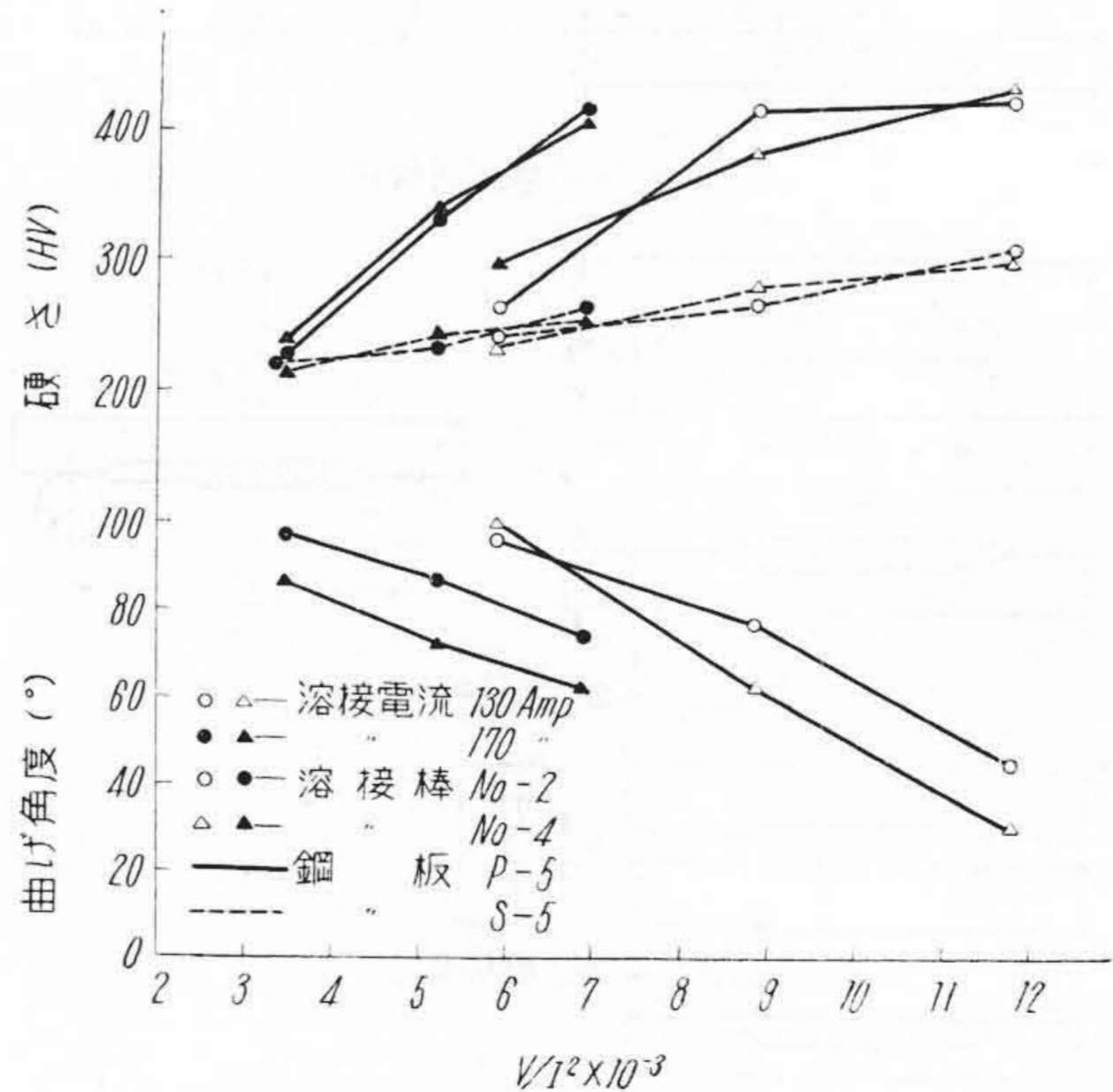
(B) 曲げ角度におよぼす熔接条件の影響(試験片(B)の場合)

熔接後ビードを板面まで平滑に機械加工した状態で曲げ試験を行えば、ビードの一部をおいたままの熔接部の諸性質を前項の実験の場合よりあきらかになしうると考え、先に第4図に示した試験片(B)を使用して再び曲げ



第7図 曲げ角度におよぼす熔接条件の影響(試験片Aの場合)

Fig. 7. Relation between Bend Angle and Welding Conditions (Specimen A)



第8図 V/I^2 と最高硬さおよび曲げ角度の関係

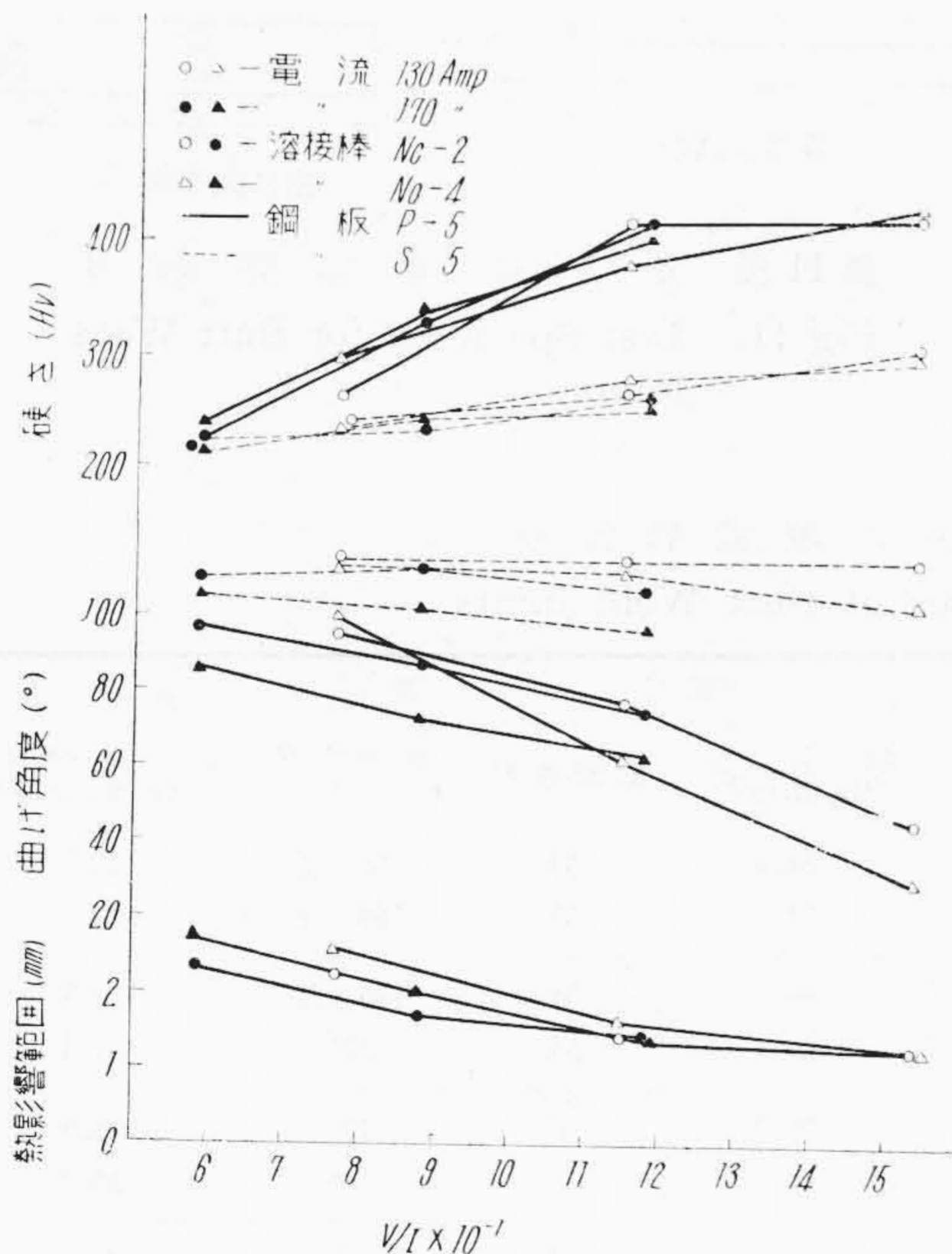
Fig. 8. Relation Among V/I^2 Max. Hardness and Bend Angle

角度におよぼす熔接条件の影響を検討した。鋼板は S-5, P-5 の 2 種とし, 熔接棒は前項の場合と同様で, 熔接電流は 130A, 170A の二通りとした。さらに熔接速度をそれぞれ 100, 150, 200 mm/min の三通りに変化した。実験結果を V/I^2 および V/I を横軸にとつて図示すると第 8 図および第 9 図のごとくである。

これによると C_{eq} の小さい S-5 では熔接条件の影響は僅かであるが, C_{eq} の大きい P-5 ではあきらかに影響が認められ, 第 4 種熔接性試験として採用される縦ビード曲げ試験では, ビードを仕上げた本項の実験がより適切であることがわかる。しかして従来熔接電流および熔接速度の影響を論ずる場合 V/I^2 なる値がよく用いられているが, 本実験結果によると, V/I^2 に対しては電流値の異なる二つの場合があきらかに異つた曲線となるに反し, V/I を横軸にとれば両曲線はほぼ一致することが認められる。

また高セルローズ系熔接棒を用いた場合は, 低水素系熔接棒を用いた場合に比して曲げ角度はあきらかに劣っており, 本実験により熔接棒種ならびに熔接条件の熔接性におよぼす影響を確認することができる。

(C) 熔接熱影響部の硬さにおよぼす熔接条件の影響
試験片(B)による場合のビード直下の最高硬さおよび熱影響部の幅と熔接条件との関係を第 8 図および第 9 図



第 9 図 V/I と最高硬さ, 曲げ角度, 熱影響範囲の関係

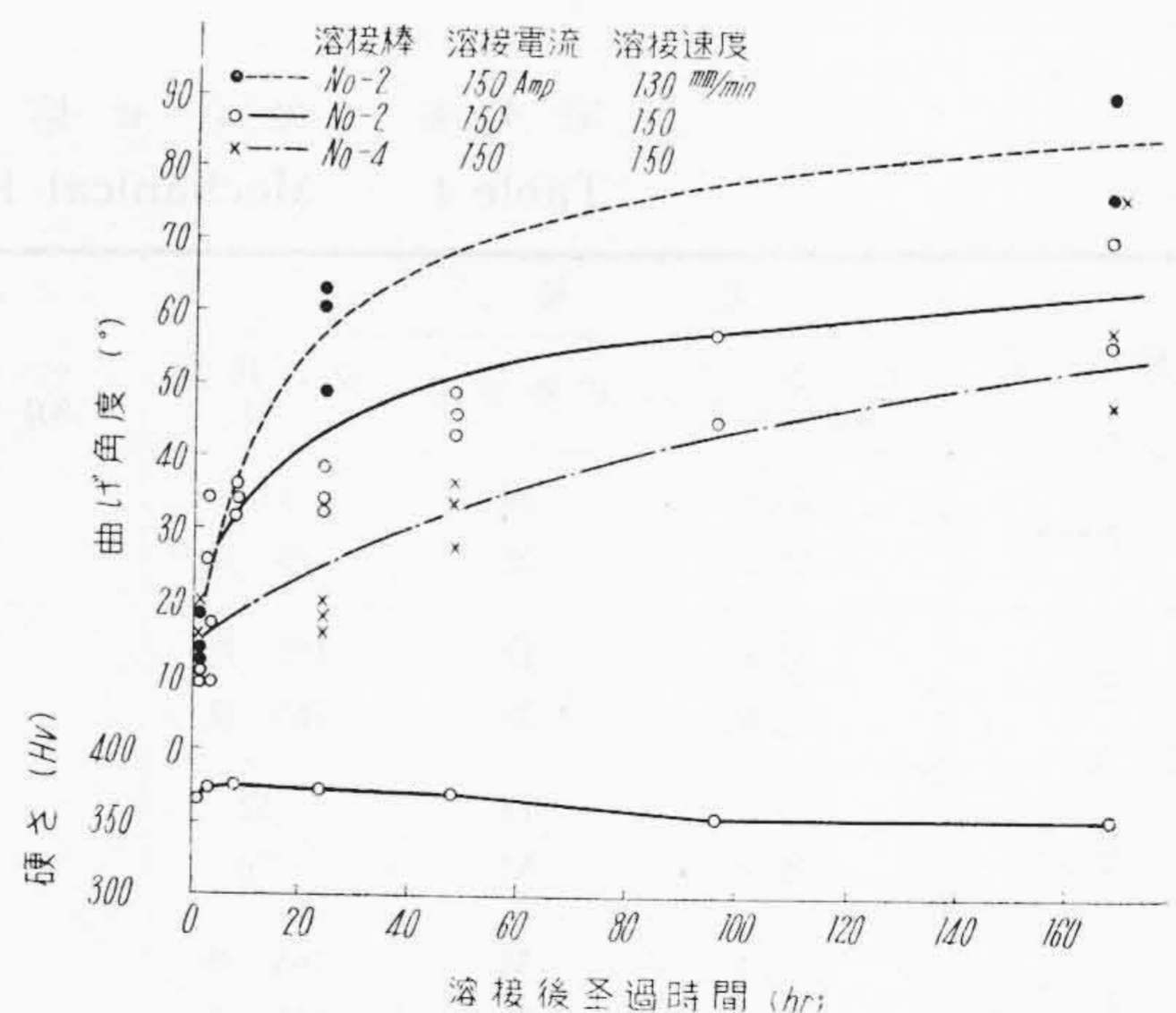
Fig. 9. Relation Among V/I Max. Hardness and Bend Angle and Affected Zone

に併記した。熱影響部の幅は融合線から A_{c1} 変態点以上に加熱され, 組織変化を生じている点までの距離を顕微鏡写真により測定したものである。

熱影響部の最高硬さおよび幅は熔接時にあたえられた熱量と冷却速度を左右する要因によつて決定され, この関係を論ずる場合にも V/I^2 なる値がよく用いられている。しかし本実験では前項の曲げ角度の場合と同様に, V/I^2 をとるよりも V/I をとつた方が電流の異なる二つの場合をよりよく一つの曲線に帰一しうることが認められ, 特に硬化性の大きい P-5 においてその傾向が顕著である。また熱影響部の幅は V/I に関してほぼ一つの曲線となり, 硬さの場合と逆の関係を示すことが知られる。熔接棒種の影響は硬さに関しては認められないが, 熱影響部の幅に対しては V/I の小さい部分において僅かに高セルローズ系熔接棒の方が大きいようである。

本実験の結果を総合すると, 一般に V/I の大なるにしたがい熔接部の最高硬さは上昇し, 終局においてジョミニー試験の水冷端硬さに近接し, 曲げ角度は硬さの増加にともなつて減少するが, 硬さが 300HV 以下ではその変化はきわめて僅少なることがあきらかにされた。換言すれば, 試験片(B)による縦ビード曲げ試験法は, 熱影響部の硬さが 300HV 以上となるような鋼種, および熔接条件のもとで硬さと密接な関連性をもつて熔接性の判定が可能であり, かつ硬さには影響しない熔接棒種の熔接性におよぼす影響をも明確に求めうるといえる。なお熔接熱影響部の幅は V/I に関してビード曲げ角度と同様の傾向を示すので, その曲げ角度におよぼす影響は不明である。

(D) 曲げ角度におよぼす熔接後経過時間の影響
熔着金属およびこれに接する母材は, 熔融状態または



第 10 図 曲げ角度と熔接後経過時間の関係

Fig. 10. Relation between Bend Angle and Elapsing Time

高温に加熱された際に水素を吸収し、冷却につれて放出するが、放出速度は溶接直後では大で、時間の経過とともに緩慢になることはすでによく知られている事実である。この水素の放出過程が溶接性にどのような影響をおよぼすかあきらかにするために本実験を行った。鋼板はS-6を用い溶接条件を二、三変化した場合について、試験片(A)による縦ビード曲げ角度におよぼす溶接後経過時間の影響を求めた。試験片は30秒以内に20°Cの水中に冷却し2分以内に曲げ試験を完了するもの、同様にして水中から取出して2時間、8時間などそれぞれ所定の時間、室温に放置した後曲げ試験を行うものなど数種について曲げ角度を比較した。実験結果を示すと第10図(前頁参照)のごとくである。

この実験では水中冷却による硬化が懸念されるが、図中の硬さ測定結果は熱影響部ビード直下の最高硬さを示すものであつて、経過時間を異にした各試験片の間に大なる差が認められない。曲げられるビードの中心部は水中冷却時すでにAr₁変態点以下に温度が低下していると思われるから、硬化の点に関しては考慮しなくてもよいものと考えられる。したがつて曲げ角度に対しては吸収された水素量と、溶接後一定時間経過後の残留水素量との影響が顕著にあらわれているものと考えられる。

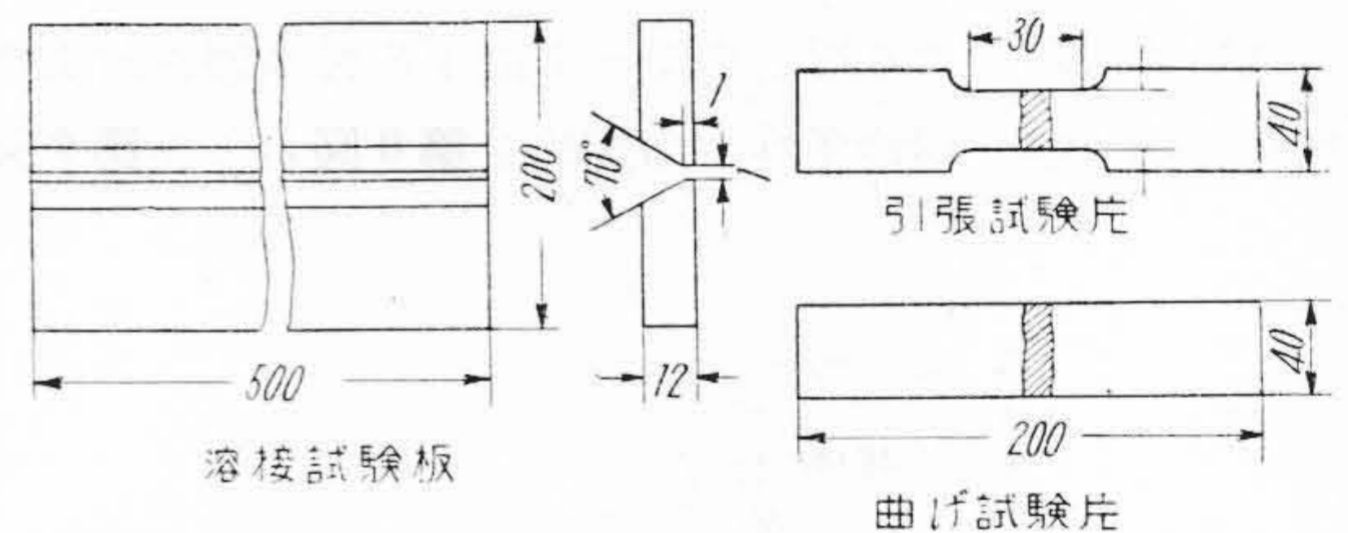
すなわち高セルローズ系溶接棒では溶接時に吸収される水素の絶対量が多く、かつ時間経過後の残留水素量も多いから曲げ角度の回復は緩慢であり、これに反し低水素系溶接棒では水素吸収量が微量で、これが短時間のうちに放出を完了すれば、残留水素量はきわめて少いから急激に曲げ角度を増大するものと思われ、この理由によつて最終的には第5図および第8図に示したごとく溶接性に対する溶接棒種の影響をあらわすものと考えられ

る。しかし低水素系溶接棒の場合に溶接速度のいかんにかかわらず、溶接直後において曲げ角度の劣ることはきわめて興味深いことであつて、今後溶接後水冷しないでそのまま放置した場合の影響などについても慎重に吟味しなければならないが、現場溶接施行にあつては低水素系溶接棒を使用した場合でも、溶接後の急冷、曲げ作業などは厳に慎まなければならぬものと考えられる。

[V] 突合せ溶接試験

(1) 実験の方法

第11図に示す溶接試験板を低水素系溶接棒にて溶接した。鋼板と溶接棒の組合せは前章の実験と同様である。溶接電流は140~150Aとし、溶接速度は150mm/minを標準として7層溶接を行った。これから引張試験片、曲げ試験片および衝撃試験片を各4箇所採取し、それぞれ半数は溶接後650°C1時間焼鈍を施行した。また硬さ試験片も採取して溶接部附近の硬さ分布を調べ熱影響部の最高硬さを求めた。衝撃試験片のノッチは溶着部中央で溶接線方向に入れた。かかる実験によつて主として鋼種に対する溶接棒の適応性と、熱影響部の硬さによる



第11図 突合せ溶接試験片
Fig. 11. Test Specimen for Butt Weld Joints

第4表 突合せ溶接々手の機械的性質
Table 4. Mechanical Properties of Butt Weld Joints

鋼板	溶接のまゝ				650°C 焼鈍			
	抗張力 (kg/mm ²)	破断箇所	曲げ角度 (°)	シャルピー衝撃値 (kg-m/cm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	破断箇所	曲げ角度 (°)	シャルピー衝撃値 (kg-m/cm ²)
S-5	59.8	M	110	19.8	54.4	M	165 良	22.7
	58.2	M	165 良	18.0	54.8	M	165 良	20.1
S-6	64.8	D	165 良	19.8	59.5	M	165 良	22.8
	65.8	M	165 良	21.6	60.4	M	121	22.4
S-7	73.6	D	52	19.6	70.2	M	101	18.9
	73.8	M	70	17.6	70.7	M	108	16.7
P-5	62.8	M	165 良	21.8	58.4	M	165 良	20.8
	61.7	D	165 良	22.5	58.4	M	165 良	20.8
T-5	61.0	M	165 良	21.6	56.8	M	165 良	26.5
	60.8	M	165 良	22.7	57.7	M	165 良	23.7

(注) M=母材 D=溶着金属

他の熔接性試験結果との関連性をあきらかにせんとした。

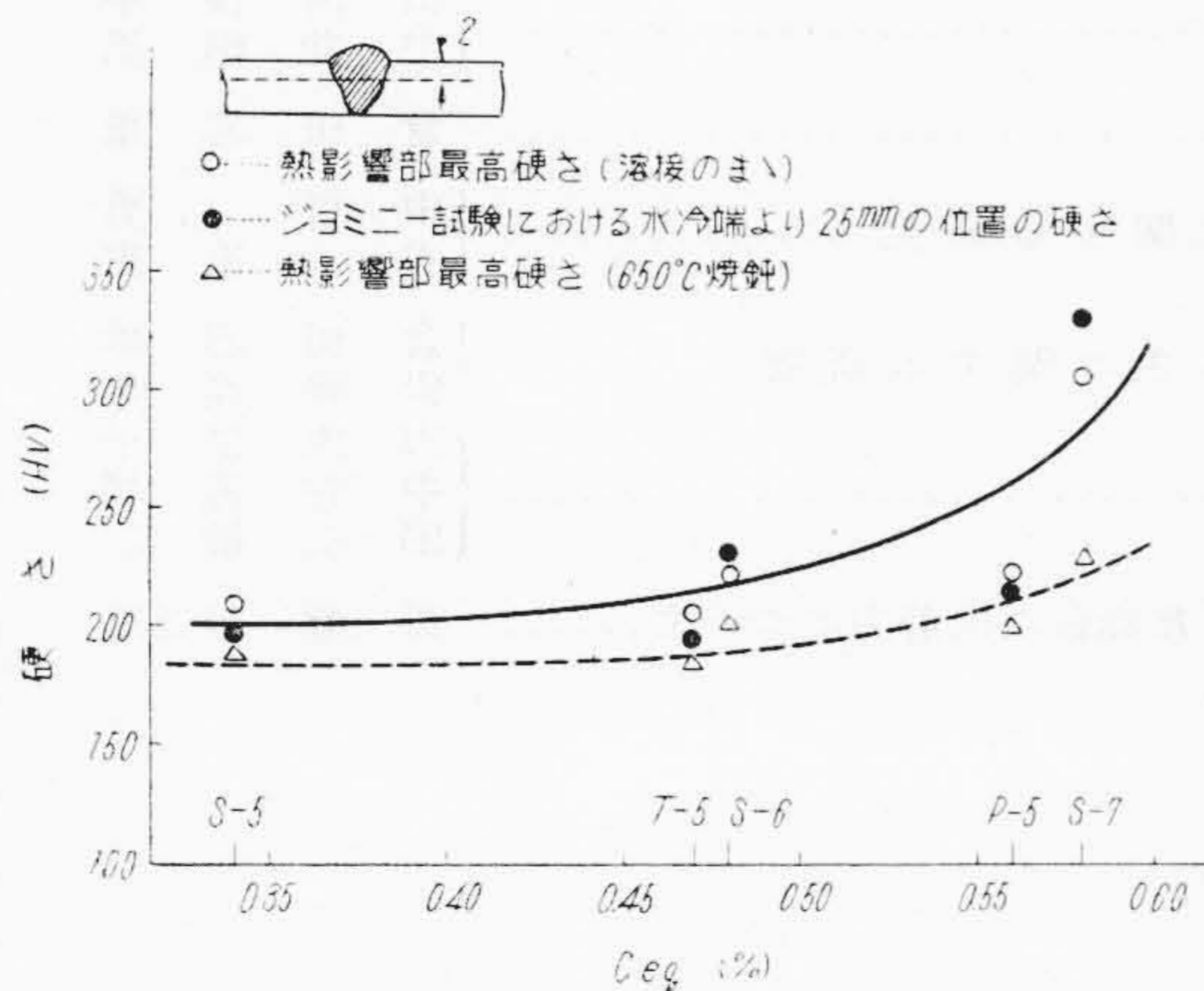
(2) 機械性試験結果

第4表に実験結果を示す。曲げ試験は、曲げ $R=0.5t$ スパン $=7t$ (t =板厚) の条件で行い、曲げ金具の構造上最大曲げ角は 165 度とした。この結果によると熔接したまま、あるいは焼鈍したものでも第3表に示した低水素系熔接棒を使用すれば、それぞれ母材と同等以上の抗張力がえられ、曲げ試験も S-7 を除けばほぼ良好な結果がえられている。S-7 が曲げ試験成績の不良なること、および衝撃値が第3表の全熔着金属による場合よりも全般的に低下しているのは、母材の影響を受けるためであろうと考えられる。

(3) 熱影響部の硬さおよび各種熔接性試験結果との関係

熔接部の硬さは熔接線に直角な断面についてマイクロビッカース硬度計にて測定した。熔接したままの状態では硬さは開先底部に近いほど低下するが、いま表面から 2mm の位置における熱影響部の最高硬さをとつて C_{eq} との関係を図示し、また突合せ熔接した場合の熔接したままの熱影響部の顕微鏡組織は、ジョミニー焼入性試験における水冷端より 25mm の位置における組織と大体一致するから、その硬さを求めて併記すると第12図のごとくである。

この結果による 12mm 厚の供試鋼板突合せ熔接では、 C_{eq} が 0.55% よりも小なるものは熱影響部の最高硬さが 250 Hv 以下となり、S-7 のごとく 300 Hv を超えるものでも 650°C 焼鈍を行えば完全に軟化することがわかる。しかして最高硬さが 300 Hv 以下であれば継手の曲げ試験においてもほぼ満足すべき結果がえられる。



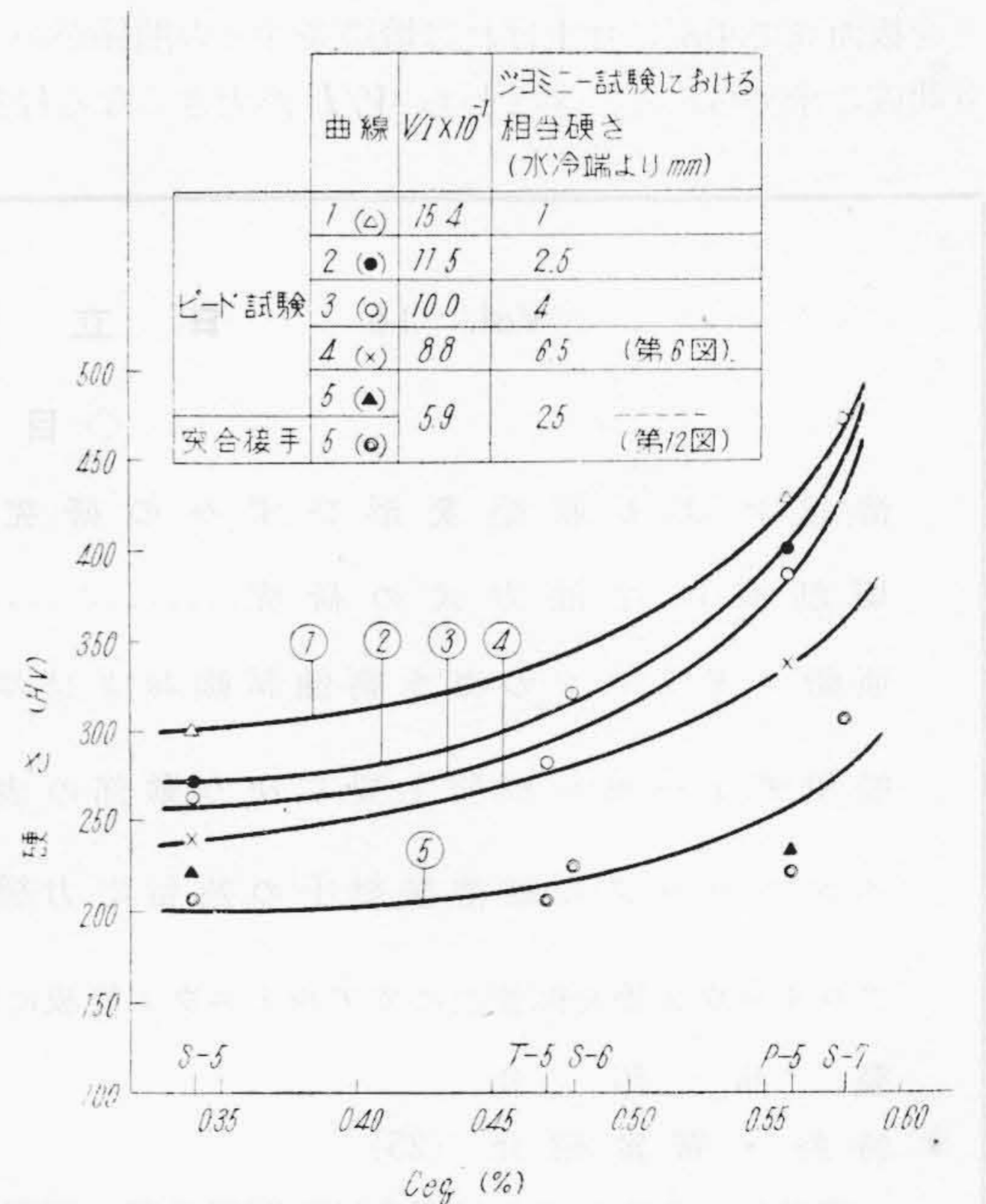
第12図 熱影響部の最高硬さと C_{eq} の関係
Fig. 12. Relation between Max. Hardness in the Heat-Affected Zone and C_{eq}

また T-5, P-5 のごとく焼入性曲線の硬化傾度の異なるものは多少不揃いとなるが、ジョミニー焼入性試験における水冷端より 25mm の位置の硬さをもつて突合せ熔接熱影響部最高硬さが大体推定できるものと考えられる。

このようにジョミニー焼入試験をもつて熔接熱影響部の硬さを推定できることはあきらかになつたが、いま硬さに影響をおよぼす熔接条件をあたえるものとして V/I なる値をとり、先に示した第6図、第9図および第12図の結果をまとめて、種々の V/I に対する C_{eq} と熱影響部硬さとの関係曲線を描き、これに対してそれぞれの曲線の相当する、ジョミニー試験における相当硬さを示す水冷端からの硬さ測定位置を示すと第13図のごとくなる。

すなわちこの図は鋼板の C_{eq} と、これをある条件で熔接した場合の熱影響部の最高硬さ、ジョミニー焼入性試験における相当硬さの位置との関係を示すものであつて、この図からある鋼板についてジョミニー焼入性試験を行えば、これを任意の条件で熔接したときの熱影響部の最高硬さを求めることになる。

一方熱影響部の最高硬さと各種ビード曲げ角度との間には、熔接棒を限定すれば一定の関係が示されているので、本研究で取扱つた各種熔接性相互間の関連性をすべ



第13図 熔接条件を異にする各種最高硬さと C_{eq} 関係曲線
Fig. 13. Relation Curves between Max. Hardness and C_{eq} of Various Welding Conditions

てあきらかにすることができ、溶接熱影響部の硬さをもつて溶接性の良否を判定する限りにおいては、たとえばジョミニー焼入試験を行えば他の各種溶接性試験結果をも大きな誤りなく推定できることになる。

第13図は適当な溶接条件選定の一般的基準を示すものであるが、これにはなお板厚、板の大きさ、および継手の連続多層溶接における予熱効果の影響などを加える必要がある、今後の研究に待ちたいと考える。

[VI] 結 言

以上岡田博士の提案になる溶接性分類法にしたがつて、数種の高抗張力鋼の溶接性試験を行い、主として溶接性におよぼす鋼板の組成、溶接棒の種類、溶接条件などの影響、および熱影響部の硬さを基礎とした各種溶接性相互間の関連性などをあきらかにすることができたが、これらの結果を要約するとつぎのごとくである。

(1) 各鋼板の C_{eq} 、ジョミニー焼入性試験による水冷端附近の硬さ、溶接熱影響部の最高硬さ、およびビード曲げ角度の間には密接な関連が認められる。しかして C_{eq} が 0.5% を超えると溶接性劣化の傾向が著しくなる。

(2) 溶接されたビードを仕上げない縦ビード曲げ試験においては測定値のバラツク範囲が大きく、こまかい溶接条件の影響を検討するにはあまり適当でない。ビードを板面まで平滑に仕上げれば溶接条件との関係がかなり明確に求められる。すなわち V/I が大きくなる程熱

影響部の最高硬さは上昇し、曲げ角度はそれにもなつて低下する。しかし硬さが 300 Hv 以下であれば曲げ角度にあまり差を生じなくなる。

(3) 第3種以下の溶接性試験では低水素系溶接棒がいずれも良い結果を示したが、熱影響部の硬さに対しては溶接棒種別の影響はあきらかでない。

(4) 縦ビード曲げ試験によつて曲げ角度におよぼす溶接後の経過時間の影響を調べたが、溶接棒の型式にかかわらず溶接直後では曲げ角度はきわめて小さい、低水素系溶接棒の場合はその後 24 時間以内に急激に曲げ角度を増大するが、高セルローズ系溶接棒はこれにくらべると著しく緩慢である。この原因は溶接時に吸収される水素量と、溶接後の時間経過にともなう残留水素量の影響によるものと考えられる。

(5) 以上の実験結果から良好な溶接をなすための溶接条件選択の一般的基準があきらかにされたが、なお板厚の影響などに関しては未検討であり、今後さらに研究を進める予定である。

終りに本研究を行うにあたり御教示を賜つた。大阪大学岡田、渡辺両教授に深謝するとともに、実験に協力された渡辺文則、吉元文男両君の労を多とする次第である。

参 考 文 献

- (1) 岡田：機械学会誌 57 329 (昭 29-5)
- (2) 日本鉄鋼協会編：鋼の熱処理と作業標準 59 (昭 27)

Vol. 16 日立造船技報 No. 2

◇ 目 次 ◇

溶接による収縮変形ひずみの研究 (2).....	{ 山 内 俊 平
切削液の注油方式の研究.....	倉 田 忠 雄
亜鉛メタリコンの海水腐蝕試験およびはく離に関する研究	{ 中 村 勇 重
船用ディーゼル機関主要しゅう動部の表面あらさに関する研究	{ 倉 田 忠 雄
ペンストックの縦溶接継手の残留応力緩和法	{ 伊 藤 義 典
アルミニウム管を拡管法にてアルミニウム管板に取りつけた場合の固着力について.....	{ 山 内 俊 平
	{ 中 国 恒 敏 之
製品紹介	齋 藤 禎 三 郎
特許・新案紹介 (25)	

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

発行所 日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之島町 60