の割れの深さとほぼ一致し、 η に関しても T_{rH} の上下で変化は連続的であると考えられる。

IV. 結 論

最大荷重以下の各荷重に対する塑性変形の状態を測定し、また切欠き先端から割れの発生する状況を調査した結果、最大荷重に達するまでの試験片の挙動に関する限り、遷移温度 (T_{rH}) の上下において現象はすべて連続的であることが証明された。従ってカーン試験片が T_{rH} を境として示す剪断型破壊から脆性型破壊への急激な不連続的移行は、最大荷重以後における割れの進展に関連した変化のみに起因するものであることがわかる。

カーン試験片においては最大荷重より10%位小さい荷重

のとき切欠き先端部から割れが発生し始め、最大荷重時にはかなりの深さの割れが存在していることが確かめられた。この割れの深さは、脆性破断面において切欠き先端に隣接した小部分が示す局部的剪断破面の深さとほぼ等しいものようである。またこの割れは非金属介在物と思われる欠陥を伝って成長する傾向を持つが、非金属介在物が鋼の破壊に影響を及ぼす具体例の一つとして注目されよう。

参 考 文 献

- 1) N. Kahn and E. Imbewbo, Weld. J., April 1948 p. 169s.
- 2) 大谷, 太田, 熔接学会誌, Aug. 1953, p. 266
- 3) 文献2の Fig. 12

熱影響部の脆化について (第5報)*

補遺 総合衝撃試験片の幅の効果

永井 信雄** 末光 秀雄*** 應 和 俊 雄**

On the Brittleness of Heat-affected Zone (Report 5)*

—Supplement, On the Effects of Width of the Specimen for the Synthetic Impact Test—

N. Nagai**, H. Suemitsu*** and T. Owa**

Abstract

The effects of the width of the "Synthetic Impact Test" specimen are investigated. Width of the specimen are changed from 0.4 cm to 1.0 cm. By these tests the brittle parts of the Heat-affected zone can be recognized from the appearances of the fractures. As the results of these experiments followings are known:

- 1) The impact value changes approximately linearly with the width of the specimen when the notch shape is not so severe.
- 2) In this impact test the side of parent plate creavage first, so that the brittle range of the Heat-affected zone can be recognized.

邦 文 摘 要

リムドおよびギルド鋼に、低水素系およびイルミナイト系熔接棒により熔接した総合衝撃試験片の幅を 0.4cm から 1.0cm まで変じたものについて試験した。破面の母材側に脆化部が出るが、これについて観察し、前諸報との関

連性について考察した。低水素系熔接部に広い脆化破面が認められるがこの原因につき考察した。また、Uノッチの時には衝撃エネルギーと試片の幅との間に比較的良好な直線比例性が認められるが、Vノッチでははずれてくる。

§1 緒 言

第5報¹⁾において、熱影響部の脆化程度を判定する一方法として総合衝撃試験を紹介した。また第3報²⁾において、低水素系およびイルミナイト系熔接棒による熔接熱影響部の衝撃値分布の相違について報告した。本報告は、綜

* 原稿受付 昭和29年10月12日 (昭和29年度熔接学会秋季関西支部学術講演会において発表)

** 正員 神戸製鋼所 Kobe Steel Works Co. Ltd.

*** 神戸製鋼所 Kobe Steel Works Co., Ltd.

Table 1 Chemical Constitution of Test Plates (Wt. %)

	C	Mn	Si	P	S	N	Reference	Thickness
K-25	0.17	0.67	0.18	0.022	0.019	0.007	Killed St.	25 mm
R-20	0.12	0.47	0.03	0.016	0.037		Rimmed St.	20

合衝撃試験片の幅のみを変じて、これを 1cm から順に 1 mm ずつ小さくした時の衝撃エネルギーの変動状態について観察したものであり、低水素系とイルミナイト系熔接棒をキルド鋼およびリムド鋼に組合わせて熔接した場合、およびノッチ型を変えた場合について調査したものである。鋼材のみについては、オ5報に述べたように、衝撃試験片の幅に大体比例した衝撃値の得られることが認められたが、総合衝撃試験片の場合には、必ずしも、同様な結果が得られるとは限らず、幅の大きい時に代って衝撃値の低下する場合すら認められる。この試験法によれば、試片の破壊様式が一定しており、脆化領域判定に便利なる点もあるので、これらのことについて報告したいと思う。

§2 試料調整

Table 1 の組成をもつ厚さ 25mm のキルド鋼、および厚さ 20mm のリムド鋼を試験母材とし、Fig. 1 のように 20mm の間隔をおいて

Fig. 1 The shape of groove, position of specimen

I 型開先をとり、神鋼イルミナイト型 B17 熔接棒（芯線型 5mm）および低水素型 LB26 熔接棒により多層盛連続直進熔接をおこなった。試験板の大きさは Fig. 2 に示す通りであり、熔接後、図示したように、熔融線を中心として、Charpy 衝撃試験片（総合衝撃試験片）を、幅 1cm から 4mm 迄 1mm ずつ順に小さくしたものを同じ幅のもの 2~3

Fig. 2 Shape of test plate, position of specimen

本ずつ採取した。なお、キルド鋼 V ノッチの時のみ母材裏側からノッチを入れたが、他の場合は表側からノッチを入

Table 2 Chemical Constitution of Weld Metals (Wt. %)

	C	Mn	Si	P	S	N
LB-26	0.07	0.89	0.53	0.016	0.009	0.011
B-17	0.10	0.60	0.08	0.028	0.011	0.015

れた。ノッチ型の影響を調査するため、キルド鋼については U ノッチについても実験した。衝撃試片の板厚方向に関する採取位置は Fig. 1 に示すように、表面から約 1mm をシーパーで削り去った。熔着金属の組成は、Table 2 に示すようである（キルド鋼の場合）。

§3 試験結果

リムド鋼 V ノッチ（表ノッチ）の衝撃試験結果（試験温度 21°C）を Fig. 4 に、キルド鋼 V ノッチ（裏ノッチ）の場合（試験温度 28°C）を Fig. 5 に、同じくキルド鋼 U ノッチ（表ノッチ）の場合（試験温度 14°C）を Fig. 6 に示す。これら Fig. 3 Schematic fracture of specimen

たものは、試片幅に直線的に比例した衝撃値が得られるものと仮定して、幅 1cm に補正したものである。U ノッチの時に（Fig. 6）は比較的良好な直線的比例性が認められるが、切欠が V ノッチの場合には、キルド、リムド鋼いづ

Fig. 4 Test results of Rimmed steel (V-notch)
R.T.=21°C
(Corr.): Corrected to 1cm width

Fig. 5 Test results of Killed steel (V-notch)
R.T.=28 °C

れの場合にもほとんど直線状にはならないようである。そしてこの傾向はリムド鋼の方が甚だしく、幅の広い場合の方がかえって吸収エネルギーが低下する場合もある。

破面外観は Photo. 1 に示すとうりであり、Photo. 1 では向って右側がすべて母材熱影響部側、左側が熔着金属となっており、2 個づつが同一の幅のものである。写真に見られるようにある程度以上に幅の広い時には、母材熱影響部側に著しい脆性破面が見られ、また熔接金属中にも弧状の脆化帯が見られることもある。後者は、多層熔接時にその上の層におかれたビードにより下例の層中に急熱急冷を受けて脆化する部分ができるために生ずるものである。母

Fig. 6 Test results of Killed steel (U-notch)
R.T.=14°C

材例の脆化破面の大きいさの測定として、Fig. 3 に示すようになる x 幅を測定したのが Table 3 である。表中に (L) と記したのは、ノッチ直下から下まで全体が脆化しているのではなく、部分的に脆化していることを示すものである。F.L. (L) と記したのは熔融線上に局部的な脆化破面の認められたもので、主として熔着金属中の水素⁴⁾に関係したものと思える。脆性破面はUノッチの時には全然認められずVノッチの場合のみに認められる。なおVノッチの場合でも、幅が小さくなって 6~7mm となれも、認められなくなる。

§4 考 察

Table 3 Brittle Fracture (x mm)

Electrode	Test Plate	Notch Form	Width of Specimen (mm)						
			10	9	8	7	6	5	4
LB-26	Rimmed St.	V	3.8	2.5	2.6	0	0	0	0
	Killed St.	V	5	3 L	1 L	F.L.(L)	1(L)	0	0
	Killed St.	U	0	0	0	0	0	0	0
B-17	Rimmed St.	V	2.5	2.5	1.1	0	0	0	0
	Killed St.	V	4(L)	4(L)	1(L)	F.L.(L)	0	0.8(L)	0
	Killed St.	U	0	0	0	0	0	0	0

L: Locally Brittled zone

Photo. 1 Appearance of fractures
(Rimmed steel, V-notch)

まづ破面について観察すれども、I ノッチの場合に脆性破面が認められないのは、衝撃時の応力集中度の相異あるいは破壊速度の違いによることは明らかであろう。また、試片の幅が比較的小さい場合、すなわち、大体 6mm 以下になれば脆性破面が出なくなるが、これはすでに前諸報³⁾に述べたように、試片中に著しい脆性部分が含まれていないからであろう。キルド鋼とリムド鋼との脆化領域の比較は、Table 3 によつてはやく困難である。すなわち、キルド鋼溶接部はリムド鋼溶接部に比して、小さい幅の試片の場合にも脆性破面が出ているが、これは、熔融線上の局部的な脆化であり、熱影響による脆化とは本質的に異なるものである。この点を考慮すれども、破面から観察される脆化領域としては、リムド鋼の方がキルド鋼よりも幅の小さい方にも出ているということになり、リムド鋼の脆化領域がキルド鋼よりも高温側あるいは熔融線に近い所に出てくると推察される。そして、この結果は、Single Bead による試験結果³⁾と、多層溶着部の脆化状態が異なることを示していると考えられる。

衝撃破壊した試片のノッチの入っている面から見れば、試験片の状態は Fig. 7 に示すように、母材側はすでに離脱しているが、溶着金属側はまだ附着しており、分離したノッチは平行となっておらず、ある角度を θ なしてねぢれている。これは (Fig. 8) 衝撃時に、ハンマーの衝撃による x 軸 (ノッチ線方向) を中心とする曲げモーメント M の他に、 z 軸を中心とする曲

P.P.: Parent Plate
W.M.: Weld Metal
Fig. 7 Torsion of the specimen after impact

げモーメント M' が僅かながら生じていることを示している。Fig. 9 の a に示したのは、衝撃前の試片の状態であり、今母材側が上になっているものとする。ハンマーが試片に接触した瞬間から試片各部 (ノッチ近傍) に塑性変形が始まるが、溶着金属側は靱性

Fig. 8 Moments induced in the specimen

にとみ、塑性変形が相当継続される。他方、母材熱影響部は脆化しているので、塑性変形は僅かにとゞまり、すぐに Crack は生じてくる。この時には、試片は b 図のようにやゝ傾いて Crack は伝播する。このように僅かではあるが試片の回転が生ずるので (c 図)、衝撃による曲げモーメント M は、折断に有効なモーメント M_e と、試片のねぢれを生ずるモーメント M' とに、ベクトルの的に分解せられ、衝撃値は Fig. 7 のようにねぢれるのであろう。実験結果によれば、ねぢれ角 θ は、溶着金属と母材との靱性の差が大きい程、大となる傾向があり、この試験片の回転効果は、溶着金属と母材との靱性差に依存するものと考えられる。 M' は母材側の脆性破面を明瞭に示現するのに効果があると思われる。低水素系の溶着金属はイルミナイト系よりも、靱性が大きいので、同一母材を使用した時には、 M' は低水素系の方が大となり、脆性破面がやゝ広く出るものと考えられる。この傾向は Table 3 において明らかに認められる傾向となっている。すなわち、リムド鋼を母材とした場合は LB26 の方が B17 よりも広い脆性破面を示しており、キルド鋼でも、B17 の方には局部的な脆化破面であるのに対して、LB26 の方には広い脆性破面も出ているようである。

次に衝撃値の大きさを B17, LB26 と、棒種により比較すれば LB26 の方がすぐれている。これは、幾分かは母材熱影響部の脆化程度の差異にもよるのであろうが、主として溶着金属自身の靱性の差によるものであろう。

曲線の傾向としては、U ノッチ (Fig. 6) のように、ノッチがシビアでなければ、幅に対して直線的に変化するが、V ノッチになればほとんど直線的とはいえなくなる。

Fig. 9 Displacement of the specimen during impact

キルド鋼とリムド鋼との比較では、キルド鋼の方がどちらかといえば直線状に近い。しかし、LB26 熔接部は奇妙な変化を示し、幅の広い方の衝撃値がかえって低くなったりしている。直線性が保たれるのはキルド鋼と B17 との組合をせの時であり、熔着金属と母材とに著しい性質の差がなくなることが必要条件のように思われる。全く同一であれば直線的な変動を示すことは先の鉄材のみによる実験結果¹⁾から明らかであろう。Fig. 5 および 6 で、LB26 の幅が 4~5mm における衝撃値の急低下の理由は、幅が狭くなった結果、熔接金属は熔融線附近のものだけとなり、中央部に比して靱性に乏しいことによるのであろう。

リムド鋼 (Fig. 4) で、7~8mm 以上の幅では、衝撃値の上昇が認められないのは、リムド鋼の脆化がひどいことによるのではないと思われる。LB26 の 7mm における衝撃値低下の原因はよくわからない。幅 1cm に補正した曲線によれば、LB26 熔接部は (Fig. 4, 5) 幅約 7mm の所で低下する傾向があるので、何らかの理由があるのだら

うが、これだけの実験からは、原因の提定が困難であり、また、棒種による特長とも考えにくいように思う。

§5 結 言

総合衝撃試片の幅を変じたものについて実験した結果として、次のことが明らかになったようである。

- 1) ノッチ型がシビアでなければ、幅と衝撃値とは直線状に変ずる。
- 2) 総合衝撃試験では、母材側が先に割れて離脱するので、母材側脆化部の推定ができる。

文 献

- 1) 応和, 五代; 熔接学会誌 Vol. 23, (1954), No. 5, 6. p. 29~36.
- 2) 永井, 応和, 五代; ibid. Vol. 23, (1954), No. 3, 4, p. 16~19.
- 3) 永井, 応和, 五代; ibid. Vol. 23, (1954), No. 1, 2, p. 23~35.
- 4) 岡田; 鋼の熔接と水素, 日刊工業新聞社, 1953.