

Fig. 3. Results of impact torsion tests on mild steel in the temperature range from liquid nitrogen temperature to 1,100°C.

熱間加工温度領域の変形能をよく評価できることを示している。

Fig. 3 は軟鋼の同様の結果を示した。軟鋼においては低温脆性に対する剪断応力の影響、青熱脆性に対する変形速度の影響、および $\alpha \rightarrow \gamma$ 変態における挙動などに注目して実験した。

低温脆性は切欠きを有しないねじり試験においても^{2, 3}の報文⁴があり、この実験においても明らかに認められているが、破壊応力の上昇が、さきの著者らの報告の引張試験の結果ほど大きくない。この点については目下薄肉試験片をもつて確認を進めている。青熱脆性は最大剪断強さの変化よりは約 500°C に現われており、この実験の歪速度の変化では出現温度には変化が認められていない。一方最大剪断変形量曲線では 350°C ないし 400°C に現われ、明らかに歪速度の大なる実験では高温に現われており、さきの著者らの報告の引張試験の結果とよく一致した⁵。 $\alpha \rightarrow \gamma$ 変態に応じた最大剪断強さの変化は、700°C ないし 800°C の間において、曲線上のわずかな異常として現われたが、最大剪断変形曲線上にはほとんど認められなかった。

V. 結 言

新たに設計、製作せる大型衝撃ねじり試験機について、その機構の詳細について報告するとともに^{2, 3}の実験結果を、主として著者らの従来の衝撃引張試験の結果と対照して述べた。

(1) 新たに計画した衝撃ねじり試験機は、熱間加工および脆性破壊のすべての破壊を対象としたため、100

kg-m、回転速度最高 2600rpm という大型のものとなつたほか、変形の断続、ならびに引張力を加えた複合応力のもとにおける実験を可能にするなどいろいろの工夫を加えたものである。

(2) 衝撃ねじり試験は引張試験より、熱間加工の変形能をよく評価することができた。すなわち、13Cr 鋼の 2 相混合温度域における変形能の低下などをよく表わした。

(3) 軟鋼の低温脆性における破壊応力は、剪断強さの変化は引張強さの変化ほど著しくなかつた。

以上のほか、衝撃引張試験によつた著者らの低温脆性に関する研究結果と比較した実験結果についても報告する。

文 献

- 1) 作井, 中村, 大森, 布村: 鉄と鋼, 47(1961), p. 800; 48(1962), p. 28; 49(1963), p.55, p.996
- 2) 作井, 佐藤: 鉄と鋼, 46(1960), p. 322
- 3) 作井, 中村, 大森: 鉄と鋼, 48(1962), p. 1441
- 4) 横堀: 日本機械学会誌, 64(1961), p. 1013
美馬, 堀: 日本金属学会講演概要, (51回広島大会) (1962), p. 12
- 5) 作井, 中村, 布村: 鉄と鋼, 48(1962), p. 28

(103) 大型鏡板の爆発成形

日本製鋼所, 室蘭製作所

工博 小野寺 真 作
○小野内 善 一
工博 徳 田 昭

Explosive Forming of Large End Plate.

Dr. Shinsaku ONODERA, Yoshikazu ONOUCHI
and Dr. Akira TOKUDA.

I. 緒 言

熱処理高張力鋼板が各種構造物、圧力容器などに利用されるようになってきたが、多くの利点を有するこの種の鋼板も熱間で成形加工を行なうことが困難なため、鏡板などの成形については加工能力に大きな制約を受け、その用途拡張に一つの障碍となつている。

一方優れた冷間成形法の一つとして、爆発成形法が最近注目を集め、幾多の研究結果が国内でも発表され、実用化も進められている。

筆者らは爆発成形法を用いて熱処理高張力鋼板の鏡板の工業的製造法を確立するため実用化試験を行ない、製作した鏡板の性状を調査した結果、爆発成形法により実用範囲の鏡板は高張力鋼板を用いて精度のよい製品を製造しうること、その鏡板の性状が実用上十分満足すべきものであることを確認するとともに、爆成鏡板を使用した圧力容器の破壊試験を行ない、鏡板の強度を確認した。本報告でこの調査結果の概要を述べる。

II. 鏡板の爆発成形

鏡板を爆発成形する方法はいろいろあるが、筆者らは最も一般的と思われる雌型使用の水中爆発成形方式²⁾を

採用した。

(1) 鏡板爆成のための関連器具

雌型はプレス用型のように高級な鋼材を使用する必要はない。雌型で問題となった点は、成形後の軽度の弾性回復量に基く形状決定と雌型肩部の曲率撰定、しわ抑えの方法が主なものである。また大きい径の鏡板を成形する場合、一体の雌型は運搬・取扱いの点で制約されるので特殊な合成型を開発して重量の軽減を計った。

鏡板の爆発成形には高い爆風圧は必ずしも必要でない。しかし爆風圧の持続時間が長いほど有利である。したがって水中深いところで加工するほど有効である。

雌型内の背圧はできるだけ少ないことが望ましい。筆

者らは真空系内に蓄勢器を挿入することにより数 mm Hg の真空圧で完全な成形を得た。Fig. 1 に設備配置を示す。

(2) 鏡板の爆成試験

試験の目的が熱間成形の不可能な高張力鋼板の成形にあるため、供試鋼板は規格を満足する 60, 70 kg/mm² 高張力鋼板を用い、比較のため SS 41 級鋼板の爆成も行なつた。

通常圧力容器の鏡は半楕円型と 10% 皿型が多い。筆者らは 800mm 径、1600mm 径の 10% 皿型と 1700mm 径の半楕円型について実験を行なつた。

爆薬はダイナマイトを用い、Fig. 1 のように鏡板中央

上に吊すことを主体に、変形状態に応じてその位置を変えようようにした。爆成を完了した状態の 1600mm 径鏡板を Photo. 1 に示した。

筆者らの実験結果では爆発成形の場合、素材の降伏点の高低は成形の難易に大きな影響を与えない。爆発工程は一面の爆力を大きくすれば爆発回数を減少しうるが、小爆力一多工程で成形するほうが無理がない。

III. 爆成鏡板の性状

爆発成形で製作した鏡板の性状調果結果の一例を、板厚 9mm、直径 800mm 10% 皿型の 70 kg/mm² 高張力鋼板について述べる。

(1) 板厚変化

爆成鏡板の圧延方向とこれと直角方向の子午線に沿った板厚測定結果を Fig. 2 に示した。板厚は中央部が薄く周縁部が厚くなつてはいるが、その板厚変化はすべて 10% 以内であり、特に注意すべきことは、ナックル部の板厚がクラウン部のそれに較べて厚いことである。このことは鏡板に加わる圧力分布から見て有利であろう。

(2) 硬度分布

爆成鏡板各部の硬度はほぼ同一であり、最も大きな曲げ加工を受けたナックル部が他の部分に較べて特に硬化しているとは認められない。しかし爆成のままの鏡板は素材に較べて 10% 近い加工硬化が表われており、この硬化現象は成形後 600°C で応力除去焼鈍をすることによつて完全に元に戻る。

(3) 引張りおよび衝撃試験結果

Table 1 に爆成鏡板中央部から採つた試験片の引張りおよび衝撃試験結果を示した。試験片の方向は圧延方向と一致している。

爆成のままでは、硬度とほぼ同じ程度の加工硬化が表われており、600°C の応力除去焼鈍後は完全に回復している。一般に爆発成形では加工硬化が軽微であるといわれているが、筆者らの実験では若干の加工硬化が認められた。しかしこの程度は工業的にはなんら支障のないもので、爆成鏡板は応力除去が不要であると

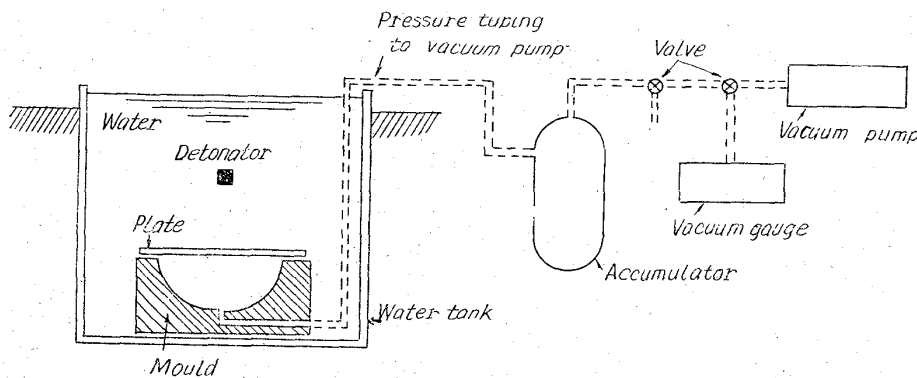
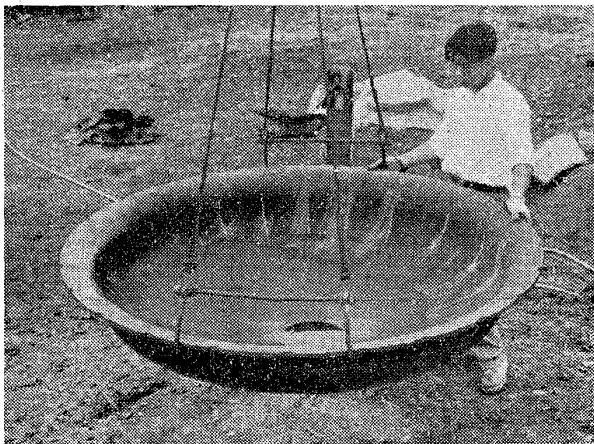
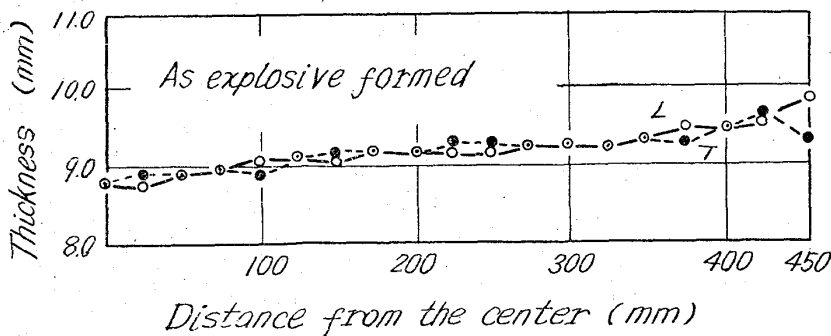


Fig. 1. Explosive forming by underwater blast.



Dimension: 1600mmφ (17mm thick.)
Material : Welcon 2H Super (T.S. 70kg/mm²)

Photo. 1. End plate by explosive forming.



L: Rolling direction T: Transverse to rolling direction
Fig. 2. Thickness variation of explosive formed end plate.

Table 1. Variation of mechanical properties of explosive formed end plate.
(Welcon 2H super)

	Y.P. (kg/mm ²)	T.S. (kg/mm ²)	E.L. (G.L.= 50mm)	2mmV notch Charpy impact value (kg·m/cm ²)						
				+20°C	0°C	-20°C	-40°C	-60°C	-80°C	-100°C
Received plate	70.8	75.5	33.0	23.9	24.4	24.2	23.9	22.7	22.3	
				23.8	24.0	23.9	23.4	13.8	5.8	
				22.7	23.3	23.8	22.7	12.9	5.2	
As explosive formed		84.3 84.1	15.6 16.5			20.2 19.8	19.2 15.2	19.0 8.6	6.8 4.1	5.4 6.4
				Explosive formed and stress relieved (600°C×2hr slow cooled)	67.5 68.2	72.8 73.3	25.9 25.1			23.6 21.6
Explosive formed and stress relieved (650°C×2hr slow cooled)	66.8 67.3	72.4 72.3	26.4 25.2							27.0 26.6

いいうる。このことは容器の破壊試験でも鏡が十分な強度を示していることでも立証できる。

すなわち、爆成鏡板の性質は次のようにいえる。

爆発成形は冷間加工であるから、ある程度の加工硬化は避けられない。しかしその程度は比較的軽度であり、実用上材質の劣化はほとんどないといいうる。したがって爆成のままでも十分に使用に供しうるものと考えられる。

IV. 爆成鏡板の加工精度

爆発成形は一般に歪速度が非常に大きいので、弾性回復がほとんどないといわれているが、筆者らの経験では軽度の弾性回復量が認められる。しかし雌型の形状決定に際して予めこれに対する考慮を含めれば極めて良好な寸法精度が期待できる。溶接組立に大きな影響を持つ丸さおよび曲面形状の公差はそれぞれ 0.2%, 0.3% 以内におさめうる。

V. 爆成鏡を有する円筒容器の破壊試験

爆成鏡を用いた圧力容器を製作しこれを加圧破壊させ鏡板の強度を確認するとともに容器の変形挙動を計測した。

(1) 供試容器

板厚 9mm の 60kg/mm² 高張力鋼板を用い、内径 788mm、胴長 1500mm の円筒を作り、これに 10% 皿型の爆成鏡を組合せた。鏡は爆成のままで使用し、継手は溶接した。この容器の許容圧力は抗張力設計とすれば 34kg/cm² となる。使用鋼板は Y.P. 50.7kg/mm², T.S. 60.5kg/mm² であるから容器の計算降伏圧力 116kg/cm², 破壊圧力 138kg/cm² となる。

(2) 破壊試験および結果

試験温度 10°C で水圧試験を行ない、容器全体の変形量をダイヤルゲージで、特に鏡と胴の継手近傍をストレンゲージを併用して計測した。容器は圧力 150kg/cm² で胴部長手溶接部が破壊した。

いろいろの圧力下の容器の歪量から応力を求め、内圧に応じた容器の応力分布を明かにした。その一例を Fig. 3 に示す。鏡と胴の継手近傍に若干の応力集中が見られるが爆成鏡については十分な強度を持つことが判明した。

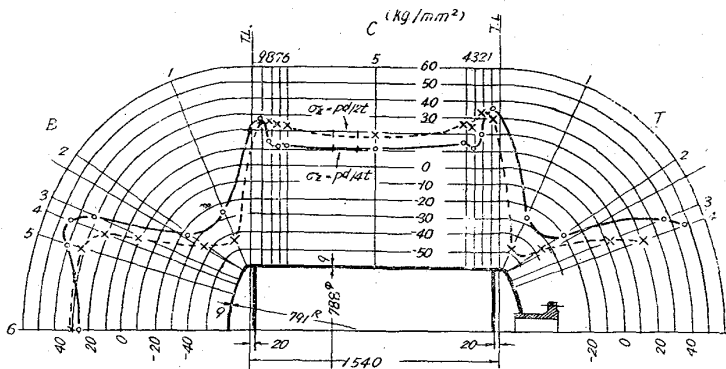
VI. 結 言

爆発成形法により、焼入焼戻し高張力鋼板の鏡板の冷間成形実験を行ない、従来困難視されていたこの種の工業生産方式を開発した。実験の結果次のことがいえる。

- (1) 実用範囲の高張力鋼板使用の鏡板の従来の設備で冷間成形の困難なものも爆発成形によって冷間成形が可能であることを確かめた。
- (2) 爆成鏡板は軽度の加工硬化があるが、実用上なら差支えない。
- (3) 爆成鏡板は寸法精度が良好で、特にナックル部の肉厚減少が小さい。

文 献

- 1) 例えば、岡崎登外：鋼板の爆発成形実験 塑性と加工, 1 (1960) 4, p. 338
- 2) 塚田晴一外：爆発成形について、塑性と加工, 2 (1961) 7, p. 123



Pressure = 45kg/cm² —○— Axial stress
--×-- Tangential stress

Fig. 3. Stress distribution on pressure vessel at pressure test.