

Manufacture of Forged Shell Ring for PWR Nuclear Reactor Vessel

|                   |                 |               |
|-------------------|-----------------|---------------|
| (Kazuo Aso)       | (Naoyuki Abe)   | (Kenji Saito) |
| (Kyoji Nakanishi) | (Akihiko Namba) | (Minoru Yao)  |

|         |   |       |         |
|---------|---|-------|---------|
| :       |   |       |         |
|         |   | 250t  |         |
|         | C | 220t  |         |
| 1300MWe |   | 6000t | 4400t   |
|         |   |       | (UT MT) |

320t

Synopsis :

A 250 ton hollow ingot was made for an experimental purposes of which internal properties can be simulated to those of large-sized hollow ingots. The investigation results indicated that this ingot has less C segregation and good cleanliness. Forged shell ring, a component of the 1300MWe PWR type nuclear reactor vessel, was manufactured

## Manufacture of Forged Shell Ring for PWR Nuclear Reactor Vessel



阿佐 一夫



阿部 直幸



斎藤 健士

### 要旨

原子炉圧力容器用鍛鋼シェルリングの大型化に対応するために250t 中空鋼塊の切断調査を行った結果、C 偏析は小さくかつ清浄性の優れたものであった。220t 中空鋼塊による1300MWe 級加圧水型原子炉圧力容器用鍛鋼シェルリングの製造は、6000t および4400t プレスで鍛造、調質熱処理後、大型ターンミラーにより機械加工をした。調質熱処理後の機械試験結果は、強度、じん性とも良好な値を示した。非破壊検査は自動非破壊装置(UT, MT)に

Kazuo Aso

Naoyuki Abe

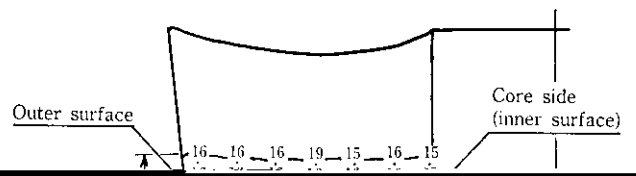
Kenji Saito

ジョン技術を確立し、320t までの高品質な大型中空鋼塊を製造し

Table 1 Chemical composition

(wt %)

|    | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo | V | Co | Nb | B | As | Sn | Sb | Cu |
|----|---|----|----|---|---|----|----|----|---|----|----|---|----|----|----|----|
| 16 |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |
| 16 |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |
| 16 |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |
| 19 |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |
| 15 |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |
| 16 |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |
| 15 |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |



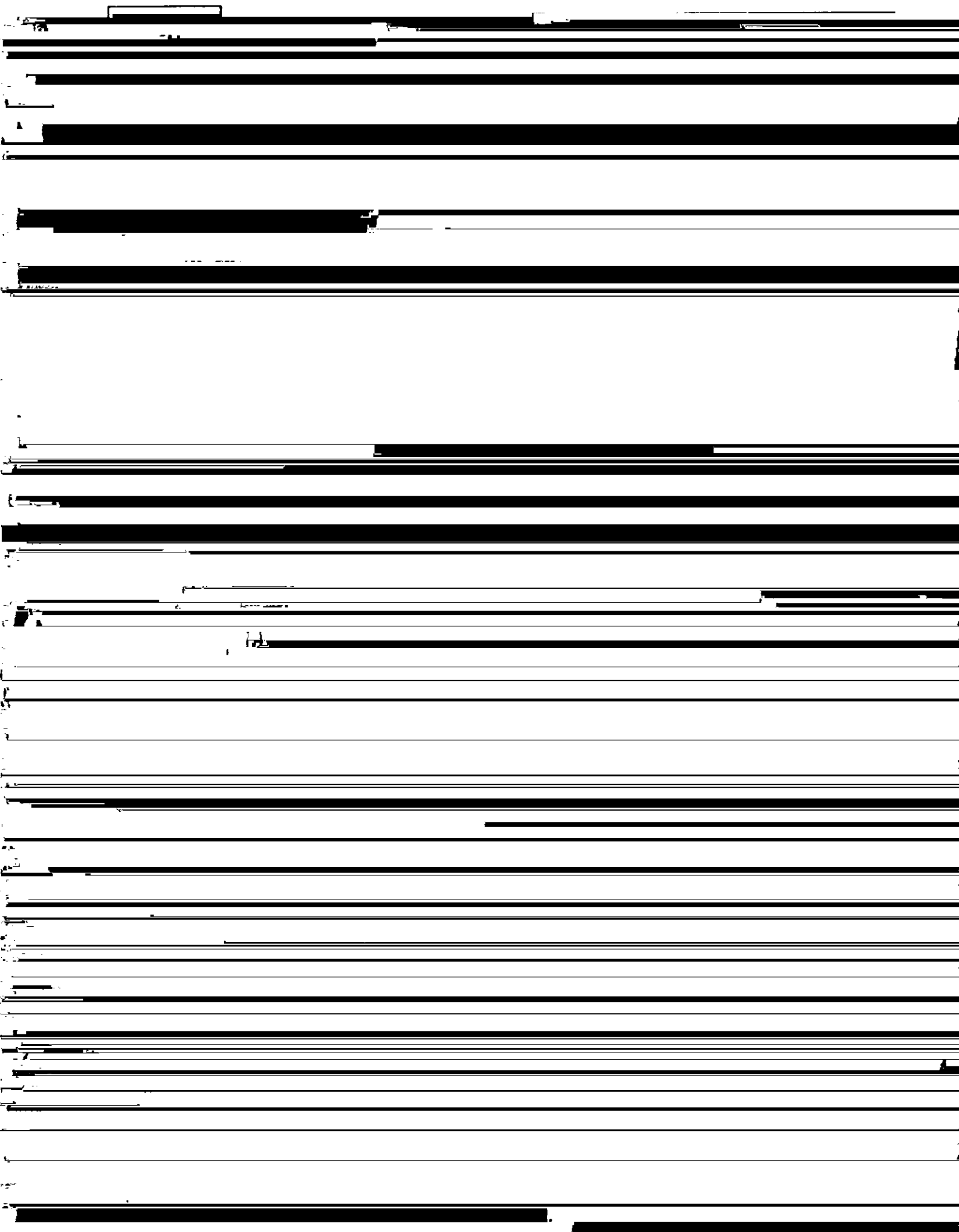


Table 2 Chemical analysis

|                | (wt %) |               |               |        |        |               |       |               |       |       |       |       |       |        |       |       |        |        |
|----------------|--------|---------------|---------------|--------|--------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|
|                | C      | Si            | Mn            | P      | S      | Ni            | Cr    | Mo            | Cu    | V     | Al    | Co    | Nb    | B      | As    | Sn    | Sb     | H(ppm) |
| Specification  | ≤0.20  | 0.10<br>~0.30 | 1.15<br>~1.55 | ≤0.015 | ≤0.012 | 0.50<br>~0.80 | ≤0.25 | 0.45<br>~0.55 | ≤0.20 | ≤0.01 | ≤0.04 | ≤0.03 | —     | —      | —     | —     | —      | ≤1.5   |
| Ladle analysis | 0.17   | 0.25          | 1.44          | 0.004  | 0.002  | 0.75          | 0.20  | 0.51          | 0.01  | 0.004 | 0.016 | 0.004 | 0.001 | 0.0001 | 0.001 | 0.001 | 0.0004 | 0.9    |

このようにして得られた溶鋼は Ar シール下注にて 220 t 中空鋼塊用鋳型に注入される。220 t 中空鋼塊の外観を **Photo 2**, 取鍋分析値を **Table 2** に示す。P, S および不純物元素の少ない転炉鋼の特長を示している。

### 3.2 鍛造

荒鍛造は 6 000 t プレスにて実施し仕上鍛造を 4 400 t プレス<sup>3)</sup>を使用した。4 400 t プレスでの鍛造状況を **Photo 3** に示す。この 4 400 t プレスは、サイドハウジング、ベッド、クロスヘッドに相当するスライドビームから構成される新型プレスであり、大径シェルリングの仕上鍛造および超広幅鍛造板(幅最大 7.5 m)に適用されるユニークなプレスである。特長としては、スライドビームにより全長を圧下することができるため、長さ方向の取代均一化がはかれ、以降の機械加工代を削減することが可能である。またレーザー距離計を用いた外径測定装置を有しており、リング形状を 3 次元的に把握することができる。この装置により任意の位置のリング外径

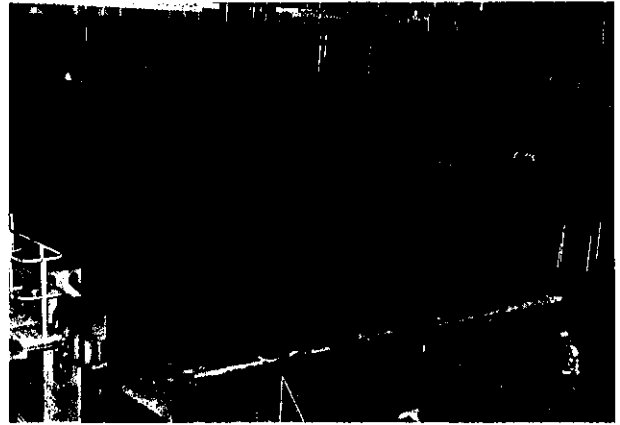


Photo 4 Heat treatment of forged shell ring



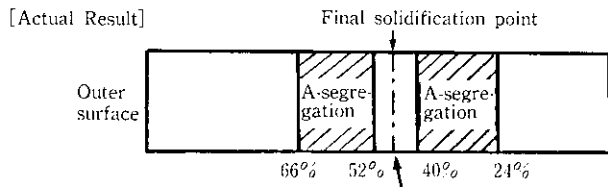
Table 3 Mechanical properties

|  | TS<br>(MPa) | YS<br>(MPa) | El<br>(%) | RA<br>(%) | Absorbed energy*1 (daj/cm <sup>2</sup> ) |     |       | RT <sub>NDT</sub> (°C) |
|--|-------------|-------------|-----------|-----------|--|-----|-------|------------------------|
|  |             |             |           |           | 20°C                                     | 0°C | -20°C |                        |

あり、ノズル Cut-out 部を使用して各方向による引張強度を調査

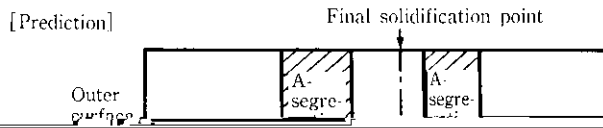
同様に、このように、鋼材の強度と加工性を向上させるために、鋼材の成分を調整し、製造工程を最適化する必要がある。また、鋼材の強度と加工性を向上させるために、鋼材の成分を調整し、製造工程を最適化する必要がある。





### 5 結 言

転炉-RH-220 t 中空鋼塊製 13000 MWe クラス原子炉圧力容器用鍛鋼シェルリングを製造した。製品は偏析が小さく、内面の清浄性が優れていた。大型化を目標とした 250 t 中空鋼塊の切断調査に



このあと、これらの結果を反映させて、1100 MWe クラス BWR 用鍛鋼シェルリングを 320 t 中空鋼塊により製造したが、ここでも中空鋼塊の特性を十分に発揮した均質な製品が得られている。このように転炉-RH-中空鋼塊製鍛鋼シェルリングは、原子炉圧力容器