

(91) ザク疵の性状と普通鍛錬法によるザク疵の圧着の研究

(大型鍛鋼品における内部空隙欠陥の熱間自由鍛錬による圧着の研究—I)

日本製鋼所室蘭製作所 p. 495~496

館野 万吉・鹿野 昭一

Character of Internal Cavities in Ingots and Study on Closing of Internal Cavities by Normal Forging.

(Study on closing of internal cavities in heavy forgings by hot free forging—I)

Mankiti TATENO and Syoiti SIKANO.

I. 緒 言

最近の鍛造製品は漸次大型化している、その一例として火力発電機のローターシャフトやタービン軸車は径 1000mm~1500mm と太くなり、鍛造重量で 50t, 80t におよぶものもある。このような製品に使用される鋼塊は 100t, 160t さらに 220t に達する。

ところが鋼塊内部の空隙、粗鬆部は鋼塊が大寸法となればなるほどいちじるしくなる。したがって内部空隙が大きいかつ多い状態から出発して真鍛造比（鋼塊原型の断面積/最終鍛造品の断面積）をせいぜい 2 程度の僅少鍛造比の条件の下に空隙を鍛圧着して製品に残存させないという使命が鍛錬作業の機能として存在することになる。本論文は大型鋼塊の必然的に持っているこの空隙、粗鬆部を圧着するため各種の実験を行ない、温間鍛錬法なる特殊な方法を発案し実効を上げ得たので、その経過を取まとめたものである。

II. ザク疵の性状について

熱間自由鍛錬による圧着の対象になる内部空隙、すなわちザク疵について、75t Ni-Cr-Mo 鋼の鋼塊のときの状態および鍛造されたローターシャフトに現出したときの様相について調査し、それから一応の性状を把握した。

1) 大気鑄込、75t 鋼塊に現われたザク疵の性状

ザク疵は一般に逆V偏析帯、中間偏析帯、V偏析帯に存在し鋼塊凝固時に生成された internal cavity, loose structure であつて、この cavity の中には H<sub>2</sub> を主体としたガスが含まれている場合が多い。一例としてV偏

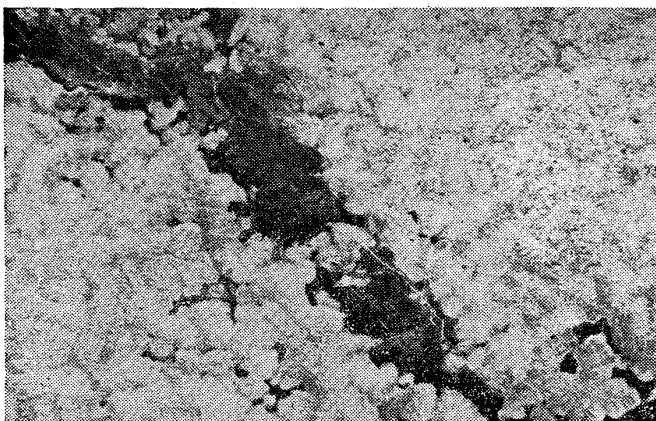


Photo. 1. Internal cavity in the V-segregation zone.

析帯に現出したザク疵を Photo. 1 に示す。これらのザク疵は内面金属光沢を有する完全な cavity であつて、稀に非金属介在物を含有していることもある。比較的表面に近いV偏析帯のザク疵は普通の鍛錬法でも鍛圧着される機会が多く、危険視されるのはこれより内部の中間偏析帯およびV偏析帯のザク疵である。

2) 真空鑄込、75t 鋼塊に現われたザク疵の性状

前記の大気鑄込鋼塊に比して各種欠陥は少ないが各偏析帯には可成りのザク疵が存在している。

3) 鍛造ローターシャフトに現出したザク疵の性状

Ni-Cr-Mo 鋼、38t 鋼塊から据込 1 回で鍛造した。胴部の鍛造比=2.7~4s 据込比=1.7U, FD-4, 3MC, V<sub>44</sub>=100%でほとんど全長に F echoを示した。F echoは概略 300mm φ の範囲内に分布している。据込鍛造比=1.7 実体鍛造比=4 で一般的な鍛錬常識からは充分な鍛造比であると思われるにも拘らず、このザク疵は鋼塊のままよりは若干圧縮されたと思われる程度である。

III. 普通鍛錬によるザク疵の鍛圧着の追究

1) ローターシャフトおよび低圧軸車は Ni-Mo-V 鋼 高圧軸車、中圧軸車は Cr-Mo-V 鋼が一般に用いられる。

使用プレスは 10,000t プレスで、主要使用器具は荒延実体鍛錬には上、下、巾広金敷、その他の鍛伸作業には上は平金敷、下はV金敷である。

最高加熱温度は 1250°C±20°C、鍛造終了温度は 750~850°C である。期待される真鍛造比（据込鍛錬を含む、含まないを問わず、鋼塊径から鍛造仕上り径までの reduction の割合を示す数値）は、

ローターシャフト=3 低圧軸車=1.5  
中 圧 軸 車=1.5 高圧軸車=3

鋼塊径を大きくすれば造塊上別途な悪い因子（例えば砂疵、ゴースト）が増加するので、どうしても僅少な真鍛造比 1.5 程度でザク疵の完全圧着の必然性が求められるわけである。

2) 普通鍛錬法の鍛錬効果試験（その 1）

a) 供 試 材

SF 55, 母試材 340mm φ×650mm と、3mm φ×30mm の小孔を有する小試片 59mm φ×100~110mm とからなっている。

b) 鍛 錬

2000t プレスで上、下平金敷で次のように鍛錬した。

供試材の番号	鍛造比	真鍛造比	鍛造方法
I	2U	0.5	据込鍛錬
II	2U×2S	1	据込—実体鍛錬
III	2U×4S	2	据込—実体鍛錬
IV	2S	2	実体鍛錬

c) 実験結果

1) 据込鍛錬を伴わない実体鍛錬の場合

鍛造比 2 まで鍛伸したものは金敷巾と供試材の径の比は 44% から 64% に移動し内外部の変形度はほぼ同一である。すなわち鍛圧効果は内部まで均一に伝達されたようである。

2) 据込鍛錬

得られた小試片の形状は、据込鍛錬中に生ずる高さとの比の変化から必然的に生ずる最大剪断応力方面の移

動から説明しうるものであり“鍛錬の機構に関する模型実験”<sup>1)</sup>の結果と一致する。

ハ) 据込鍛錬を行う実体鍛錬の場合

金敷巾と供試材の径の比は 31% から 63% に移動し小試片の鍛造比は母試材の鍛造比より小さく鍛錬効果は内部まで十分に浸透しているとはいいがたい。これは据込鍛錬による小試片各部の不均一変形と、鍛伸時における小試片各部の鍛錬効果の相乗的影響によるものと考えられる。

3) 普通鍛錬法の鍛錬効果試験 (その 2)

a) 供試材: Ni-Mo-V 鋼

外径: 965mm φ, 中心孔の径: 100mm φ, 長さ: 3,500mm.

b) 鍛 錬

上は平金敷, 下は V 型金敷で 10,000 t プレスで鍛造比 2, 3, 6, 10 に鍛造した。

c) 実験結果

焼鈍後約 300mm 間隔で横断し, 各断面の中心孔の断面積をプランニメータで 10 回連続測定し, 平均断面積を求めた。これを Fig. 1 に示す。

イ) 金敷巾と供試材の径の比は 63%~200% である。

ロ) 中心孔は鍛錬比 2 で急激に縮少し, その後鍛錬比が増加してもほとんど変化がないようである。

ハ) 鍛造比 6 で鍛圧着した部分が見られた。

ニ) 中心孔の残存面積の半径は約 20mm で鍛造の増減による変動は比較的小さい。

ホ) この実験結果の考察において特に留意しなければならない点は中心孔は全く空孔であつて, 鍛圧力に対する中心孔の変形抵抗はほとんどないものと考えられる事である。それゆえこの実験結果をそのまま鋼塊の中心部のザク疵に適用するのは危険である。

4) 製造要因の解析 (その 1 概要省略)

5) 製造要因の解析 (その 2)

ザク疵の鍛圧着について鍛錬作業の範囲で関係している因子は沢山あるが, 最もザク疵鍛圧着に影響すると考えられる据込比と真鍛造比について相関分析を試みた。

a) 品質特性値

1: FD-4 型 3MC( $\frac{2}{0.5}$ )V<sub>44</sub>

≒90%で欠陥反射のないもの

FD-4 型 3MC( $\frac{2}{0.5}$ )V<sub>44</sub>

≒90%で欠陥反射のあるもの

2:

FD-4 型 3MC( $\frac{2}{0.5}$ )V<sub>44</sub>

≒10%で欠陥反射のないもの

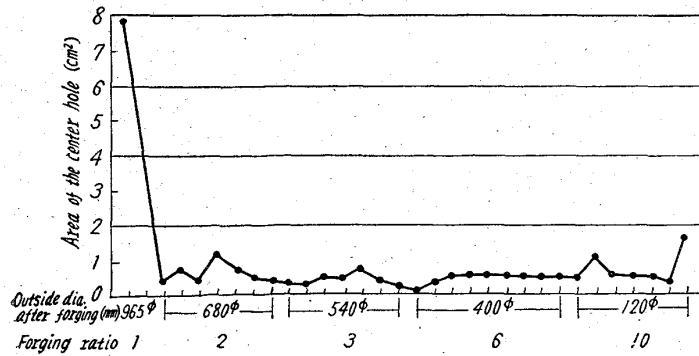


Fig. 1. Area of the center hole after normal forging.

3: FD-4 型 3MC( $\frac{2}{0.5}$ )V<sub>44</sub>

≒10%で欠陥反射のあるもの

超音波の被探傷体はローターシャフト, 軸車を問わず胴体のみとした。約 3 年間のローターシャフト, および軸車の実製品 56 コを対象とした。

b) 単相関分析

イ) 据込比とザク疵: 有意差なし

ロ) 真鍛造比とザク疵: 逆相関で有意であるらしい

ハ) 据込比と真鍛造比: 逆相関で大いに有意である

c) 偏相関分析

イ) 疵を固定した時の据込比と真鍛造比: 大いに有意である。

ロ) 据込比を固定した時の真鍛造比とザク疵: 有意差なし

ハ) 真鍛造比を固定した時の据込比とザク疵: 有意差なし

偏相関分析から, 単相関で真鍛造比とザク疵とが有意であるらしいということは, 据込比の影響のために偏相関を示していたことを立証し, 真鍛造比とザク疵は, 真鍛造比の現在の製造法の範囲内では推計学的に有意ではない。

さらに真鍛造比とザク疵は偏相関係数  $-0.2$  である。これはザク疵に対して現在の製造法で付与しうる真鍛造比の範囲では, 関係する度合  $(-0.2)^2 \times 100\%$  すなわち 4% 程度にしかすぎないことを示しており, 寄与度はきわめて小さい。

6) 盲鍛錬方式によるザク疵鍛圧着の調査(概要省略)

IV. 結 言

ザク疵の性状, 普通鍛錬によるザク疵鍛圧着の実験および製造要因解析によるザク疵鍛圧着の追究を続けてきたが, 確信を持つて採用しうる鍛錬方法は何等見出し得なかつた。

文 献

1) 原於菟雄, 鉄と鋼, 第 22 年第 9 号.

62/23.019:62/23.016-977  
p. 496-498

(92) 特殊鍛錬法 (温間鍛錬法) について

(大型鍛鋼品における内部空隙欠陥の熱間自由鍛錬による圧着の研究—II)

日本製鋼所室蘭製作所

○館野 万吉・鹿野 昭一

On a Special Forging Method.

(Study on closing of internal cavities in heavy forgings by hot free forging—II)

Mankiti TATENO and Syoiti SIKANO.

I. 緒 言

前報において大型鍛鋼品の致命傷ともいふべきザク疵の鍛圧着について, 10 年間の研鑽の経過を論述した。本報告において数年前発案したザク疵鍛圧着の特殊鍛錬法すなわち温間鍛錬法について論述する。

この方法は新構想の下に約 2 カ年にわたつて基礎実験を行い理論を確認し得たので, この 3 カ年来全部の重要鍛鋼品に適用し今日にいたりほとんどザク