

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”¹⁾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($\frac{2}{0.5}$)V₄₄

≒90%で欠陥反射のないもの

FD-4 型 3MC($\frac{2}{0.5}$)V₄₄

≒90%で欠陥反射のあるもの

2: FD-4 型 3MC($\frac{2}{0.5}$)V₄₄

≒10%で欠陥反射のないもの

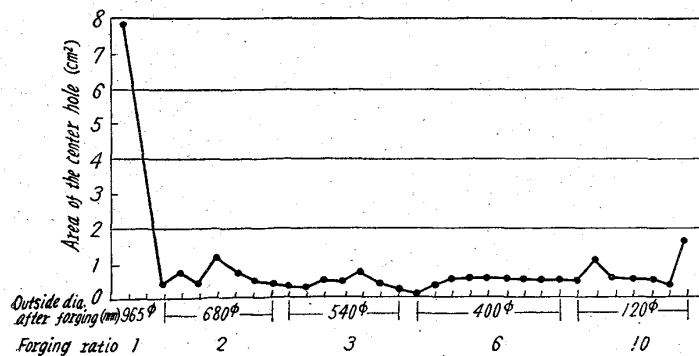


Fig. 1. Area of the center hole after normal forging.

3: FD-4 型 3MC($\frac{2}{0.5}$)V₄₄

≒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

疵の欠陥を解消するまでになっているものである。

II. 温間鍛錬法の概念

温間鍛錬法の特徴の第一は鋼材の表面部と中心部の温度差を意識的に拡大することによって生ずる熱間鋼材の内外的変形抵抗の差を利用して中心部の鍛圧効果を増大しようと企図したものである。

第二の特徴は型入鍛造の効果を企図したものである。鋼材の内部に最も効果的に鍛圧力を与えるためには型の中に入れて無変形に近い状態の下で強圧を加えることである。温間鍛錬法は普通鍛錬法が鋼材の全断面に一樣に力を加えて圧下するのに対して、周縁の温度の低い部分をさけ中心の高温部にだけ当るように約 70% 巾の上金敷を押込むので、密閉された低温周縁部の箱の中に入れた中心高温部の鋼材が型入鍛造をうける結果となる。

さらに第三の特徴としてはごくわずかな変形量（鍛造比）ですむのでいかに大きな断面をもつ製品にも適用できることである。

III. 温間鍛錬効果確認の基礎的研究

- 1) Paraffin wax を使つての模型実験（概略省略）
- 2) 温間鍛錬によるザク疵の鍛圧着の追究
（小型供試材による温間鍛錬効果試験）

a) 供試材 0.32% C の C-steel 300mm□ の中央に 30mm φ の孔をあけ両端を密閉した。内孔の断面積は供試材の断面積の約 8% である。

b) 鍛錬 1250°C × 3 h 保持、温間鍛錬は表面温度（面の中央点の温度）750°C になるまで空冷し、その後鍛錬した。普通鍛錬は直ちに鍛錬した。圧下量は 6.7% とし一定とした。

c) 実験結果 鍛造後の供試材をほぼ 4 等分に切断し、内孔の面積をプランメーターで測定した。これを Fig. 1 に示す。

d) 考 察

イ) 温間鍛錬法は普通鍛錬法よりも中心層におよぼす鍛圧力は強大であると推定される。

ロ) 2つの温間鍛錬法の中で当物温間鍛錬法がより効果的である。すなわち鋼材の周縁部に上金敷の当らない方が力が中心部まで強く作用する。

ハ) 各鍛錬法とも最も内部の変形量の大きい部分は長さの中央である。

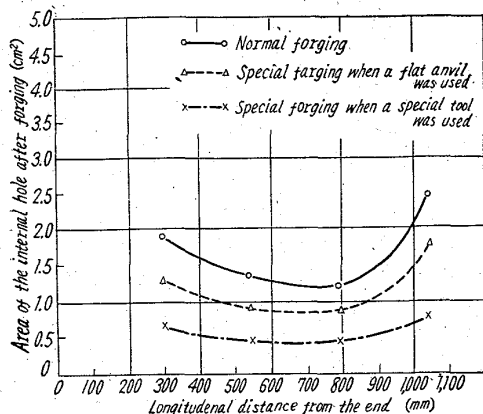


Fig. 1. Change of the internal hole by various forging methods.

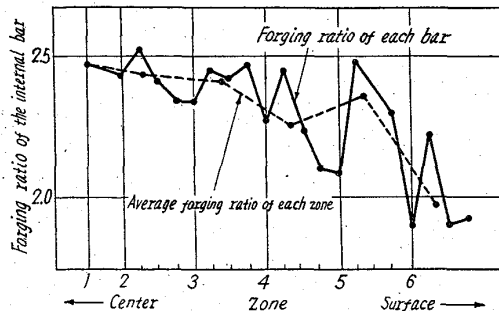


Fig. 2. Forging ratio of the internal zone. (Forging ratio of the block = 1.95)

IV. 温間鍛錬によるザク疵の鍛圧着の追究

(大型供試材による温間鍛錬の鍛錬効果試験)

1) 供試材 0.23% C の C-steel 1200mm□ × 1.700 mm の素材に 32mm φ の軟鋼棒 (0.17% C) 21 本を封入した。

2) 鍛錬 当物金敷による温間鍛錬を行い、その後供試材の約 1/2 長さを鍛造比 2, 3.5, 6, 9.5, 15.5 にそれぞれ鍛伸した。温間鍛錬は 10,000 t プレス、その後の鍛伸は 2,000 t プレスを用いた。

3) 実験結果 温間鍛錬およびそれ以後の鍛造比の増加による断面積各部におよぼす鍛錬効果を確認するため各断面ごとに切断し挿入丸棒の断面積の変化を観察した。この丸棒をプランメーターで 10 回連続測定し、その平均値を求め変形後の丸棒の断面積および変形量を求めた。その一例を Fig. 2 に示す。

a) 温間鍛錬のみの場合（鍛造比 1.15）

中心部および表面部ともに供試材の長さの中央部の変形量が最も大きく端部になるにつれて減少している。中心部の平均変形量は 1.25~1.4 にバラツキ、表面部の平均変形量は 1.02~1.09 で与えられた鍛錬効果は中心部に大きく集約的に供給されている。

b) 温間鍛錬の後鍛伸を行つた場合の断面について

イ) 鍛造比 1.95——挿入丸棒の断面が一部楕円形のものが見られたが、これは □ → ○ の鍛伸過程で説明される。変形量は中心部が高く 2.35 表面層は低く 1.98 で温間鍛錬のままの状態と変形量の傾向は全く同様である。

ロ) 鍛造比 3.38——イ) 項の鍛造比 2 は真鍛造比の意味において発電機用ローターシャフト胴部に相当するのである。ロ) 項以下は軸部に期待される鍛造比に対応する。変形量は 2.98~4.75 にバラツキ、イ) よりもさらに顕著に中心部に高い鍛圧力の集中化を示している。

ハ) 鍛造比 5.86——変形量は中心部から表面部へのいちじるしい減少の傾向は可成り消滅して来ているがほとんど全部の丸棒が変形量 7 以上を示し、平均変形量が 8 で鍛造比の約 36% も高い変形量を示している。

ニ) 鍛造比 9.53 の断面——平均変形量 11.7 で鍛造比 25% よりも大きい。表面部と中心部との変形量の差は減少し、ハ) 項と同様に同量化しつつある。

ホ) 鍛造比 15.5——変形量 15.5~30.5 にバラツキ、中心層の変形量が大きく、表面部が小さい傾向を再び示しはじめている。これは金敷のかけ巾と素材の径の比に原因していると考えられる。

へ) 鍛造比 14・1——平均変形量 15・5 で表層部が大きく、中心層に進むにつれて減少している。これは長手方向の抵抗が小さいため、与えられた鍛圧力は、切線または半径方向に集中的に消費されず、むしろ長手方向に大きく与えられたためであろう。

4) 鍛錬効果についての考察

W. COUPETTE¹⁾の普通鍛錬の実験と比較検討した。

W. COUPETTE の実験結果によれば 1,400mm ϕ から鍛錬し、鍛造比 1・75 の時中心部の変形量は 1・58 である。(温間鍛錬+普通鍛錬) の場合は (本実験の場合) 1,180mm \square から鍛錬し鍛造比 2 のとき中心部の変形量は 2・3 である。

すなわち今、変形量/鍛造比を求めると前者は 0・91 後者は 1・15 で本実験の場合は W. COUPETTE の普通鍛錬の実験結果と比較して中心における鍛錬効果は 27% も大きい。

V. 温間鍛錬の実績

多くの鍛鋼品の中でザク疵の有無、多少を最もよく検出でき、しかも数多く生産され統計的に検討されやすい製品はローターシャフトタービン軸車である。また実作業から生れる製品の優劣が理論と実施の良否を物語るものであり実績のデータの解析こそ最も信頼でき、しかも有効な実験結果の確認と思う。以上の観点に立つてローターシャフト、タービン軸車類の普通鍛錬法と温間鍛錬法による実績を比較する。

a) 判定基準

- 優……検査孔 (内孔 or 中心孔) 内に疵のないもの、または微小疵 (0・2mm 以下) が点在
 良……検査孔内に疵が現出し寸より孔を拡大して除去し得たもの
 不良……検査孔内に疵が現出し孔を拡大するも残存し設計上許容される中心孔の大きさでは除去不能であるもの

b) 調査範囲 昭和 32 年～昭和 36 年 9 月で結果の判明したローターシャフトおよび軸車で使用鋼塊 50 t 以上のものを対象とした。調査総数 182 本である。

c) 実績比較

良 否	鍛錬法	普通鍛錬法	温間鍛錬法
優 良		35・0%	83・5%
不 可		25・5%	8・5%*
		39・5%	8・0%*

* 欠陥はいずれも砂疵

IV. 結 言

熱間自由鍛錬による大型鍛鋼品のザク疵の鍛圧着の研究について論述した。

大型鍛鋼品の中で品質的に特に優秀性を要求されているローターシャフトおよびタービン軸車は鋼塊から製品形状への真鍛造比が過小で従来の鍛錬法では十分な鍛錬効果を期待することができず、ザク疵の残存によつて多くの廃却不良品を重ねてきた。ここに俗称温間鍛錬法なる独自のザク疵の鍛圧着法を考察し幾多の基礎実験と、かなり大掛りな実物大試験あるいは実物についての途中

確認等の立証を得て昭和 32 年以来逐次実際に適用してその効果を確め昭和 34 年以降全面的に採用して画期的な成果を収めている。

しかもこの鍛錬法は上金敷さえ準備すれば、あらゆるプレスに應用でき、その上従来の製造工程に一操作が加わるに過ぎず効果の絶大である割に実作業への適用の手易さは本作業の特徴の一つである。

文 献

- 1) W. COUPETTE: Stahl u Eisen, 61 (1941), S. 1036. *N^o62093*

621.73.011:669.1524-194.3

- 669.74 R498-500*
 (93) Mn による N-155 系合金の鍛造性改善について

金属材料技術研究所

工博 依田連平・○吉田平太郎・小池喜三郎

Improvement in Forgeability of N-155 Type Alloys by Addition of Manganese.

Dr. Renpei YODA, Heitaro YOSHIDA and Kisaburo KOIKE.

I. 緒 言

最近すぐれた耐熱合金が数多く開発されつつあるが、クリープ強度を高めようとするれば、鍛造性が悪くなりこれがネックとなつている。N-155 合金中の Ni の一部を 10% Mn で置換えたものは適量の C, N を添加することにより、700~800°C におけるクリープ破断時間が N-155 合金よりも遥かに向上することを著者らはすでに報告した¹⁾。しかもこの高 Mn 合金は鍛造が容易であつた。そこで Mn による N-155 系合金の鍛造性改善の原因を検討した。

II. 実験方法および結果

N-155 合金、N-155 合金中の Ni を 10% Mn で置換えたものを基準組成とし、C を 0・1~0・65%, N を 0・05~0・5% の範囲で変えたものを大気中高周波溶製した。その化学成を Table 1 示すが X 系列は 1・5% Mn を配合した N-155 系合金であり、Y 系列は 10% Mn を配合した高 Mn 合金系である。

(1) 変形抵抗

鑄造材および鍛造材の両者から 10 ϕ × 10mm の試験片を作りマグネチックスイッチで同時に放たれるハンマーで試料の両端を叩くことによりその前後の変形量から変形抵抗を求めた。Fig. 1 は鍛造試料の変形抵抗と Mn, C, N 量との関係を示したもので図中○印は X 系列、×印は Y 系列を表わす。X, Y 両系列とも C, N が増す程変形抵抗は大となる。図中の点線、実線は X, X 系列の変形抵抗の等高曲線であるが Y 系列の 45 kg/mm² の等高線は X 系列の 50 kg/mm² のそれより高 C, N 側にづれ、このことから Mn が増すと変形抵抗がいらじるしく減少し鍛造し易くなる原因が理解される。なお () 中の数値は鑄造試料の変形抵抗値を示したもので鍛造試料よりもその値が低い。

(2) 凝固点および高温硬度

C, N 含量のはほぼ同じ X-332 (1・47% Mn), Y-33