

(187) 大型鍛鋼品の疲労強度におよぼす鍛錬効果について

(大型鍛鋼品の基礎的研究—II)

三菱製鋼, 長崎製鋼所 No. 64349
 渋谷勝美・竹下勝人・竹内秀光
 ○福田悦郎・平井義雄

On the Forging Effect for the Fatigue Strength of Large Forgings.

(Fundamental study of large forging—II)

Katsumi SHIBUYA, Katsuto TAKESHITA,
 Hidemitsu TAKEUCHI, Etsuro FUKUDA
 and Yoshio HIRAI.

I. 緒言 PP2069-2071

大型鍛鋼品の製造において最も重要な問題の一つとして、鋼塊が大型化するにしたがって著しくなる偏析による不均質性をいかにして均質化し、鍛鋼品全体に均一な機械的性質を賦与せしめるかがある。

筆者らは前報¹⁾において、大型鋼塊の不均質性はただたんに鍛錬成形比を増加した機械的拡散のみでは均質化されず、それに十分な加熱拡散を付加することによつて均質化が有効に行われることを述べた。また鍛錬の効果を表わす方法として、衝撃試験によるエネルギー遷移曲線が、従来用いられてきた引張試験の伸び、絞りおよび常温衝撃値などより更に有効であることを明らかにした。

今回は疲労強度におよぼす鍛錬の効果について前報と全く同様の方法で実験を行ない、若干の知見を得たので報告する。

II. 供試材および実験方法

供試材は前報と同一の 72tNi-Cr-Mo-V 鋼鋼塊を用い、そのほぼ中央部同一横断層(厚さ約 500mm)の柱状晶(position C)、△偏析を含まない樹枝状晶(position D)および△偏析を含んだ樹枝状晶(position DS)を使用した。供試材の化学組成は Table 1 のとおりである。

Table 1. Chemical composition. (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
0.31	0.27	0.50	0.014	0.008	2.67	0.39	0.77	0.09	0.13

上記の各部より切り出した適当な大きさのブロックを鋼塊の軸方向に Table 2 の方法で鍛伸した。Table 中の鍛造条件 A は加熱拡散を行なわない場合であり、B は加熱拡散を十分に行なつた場合である。

鍛造後の試料は鍛伸方向(鋼塊の軸方向:以下 L 方向と略称す)および鍛伸方向に直角な方向(鋼塊の軸方向に直角な方向:以下 R 方向と略称す)に 30×30×120 の大きさに切りそろえ、次の条件で熱処理を行なつて硬度を H_B 245~265 にそろえた。

焼鈍 950°C×5 hr → 炉冷 (2.5°C/min)

焼入 850°C×2 hr → 空冷 → 550°C×1 hr → 炉冷

焼戻 650°C×8~10 hr → 炉冷

疲労試験は小野式回転曲げ疲労試験機(回転数約 3000 rpm)にて行ない、各条件で 7~8 本の試験片を用いて一つの S-N 曲線を求めた。試験片の平行部寸法は 8mm φ×15mm である。

III. 実験結果および考察

疲労試験によつて得られた S-N 曲線の例として D 部の鍛造条件 A の場合を Fig. 1 に示す。図より明らかなように疲労強度は鍛伸を全く行なわない場合には、L 方向と R 方向とで殆んど差がなく非常に低い疲労限を示しているが、いずれも鍛錬成形比 2S で急激に改善され、以下 8S までは鍛錬成形比の増加に伴つて疲労限が次第に上昇している。そしてこの疲労限の上昇率は L 方向が R 方向に比較して遥かに大であり、両者の疲労限の差は鍛錬成形比の増加にしたがつて大となる。

これは前報で述べた引張試験の伸び、絞りおよび衝撃試験のエネルギー遷移曲線とその傾向が一致するもので、鍛錬成形比の増加に伴う方向性の助長によるものと考えられる。すなわち鍛造による機械的拡散および圧

Table 2. Forging method

Forging condition	Forging ratio	Forging method
A	1S	heating 1250°C×5hr → non forged → *cooling
	2S, 4S, 8S, 30S	heating 1250°C×5hr → forged to 2S, 4S, 8S & 30S → cooling
B	1S	heating 1250°C×72hr → non forged → cooling
	2S	heating 1250°C×5hr → forged to 2S → heating 1250°C×24hr → cooling
	4S	heating 1250°C×5hr → forged to 2S → heating 1250°C×24hr → forged to 2S → heating 1250°C×24hr → cooling
	8S	heating 1250°C×5hr → forged to 2S → heating 1250°C×24hr → forged to 2S → heating 1250°C×24hr → cooling

* Gradually cooling in ash.

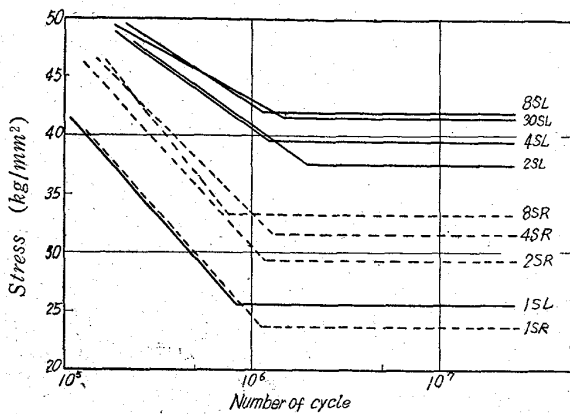


Fig. 1. S-N curves for position D without heat homogenizing.

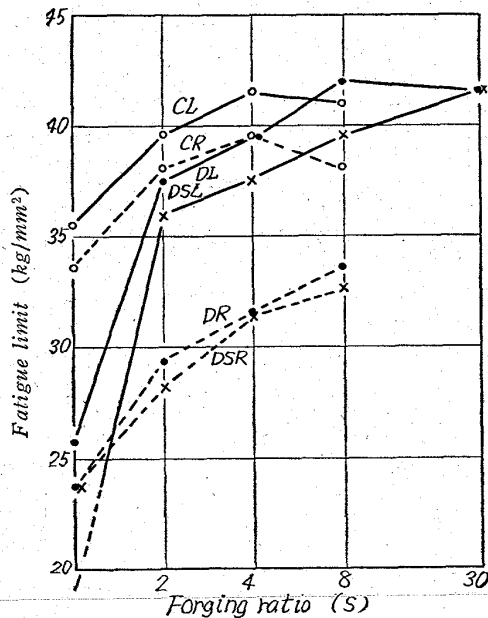


Fig. 2. Effect of forging ratio on fatigue limit for each position without heat homogenizing.

着効果などに基く疲労強度の増加が、R方向においては疲労試験中に発生する微視的クラックの起点となる非金属介在物の延伸方向と疲労試験の応力の方向とが同一になるために減殺されて疲労強度の上昇率が低下するものと考えられる。

以上の疲労強度鍛錬成形比の関係はC部およびDS部も大体同様の傾向を有しているが、鍛伸を行わぬ場合の疲労限、疲労限の飽和値に達するまでの鍛錬成形比および方向性の程度などに若干の差が見られる。Fig. 2によると疲労強度の鋼塊の最も外側のC部が最も優れ、次いでD部、DS部の鋼塊内部に行くにしたがつて低下する。特にこの傾向は鍛伸を行わぬ場合に大であるが、L方向では鍛錬成形比を上げることによつてその差が減少する。しかしR方向ではC部がL方向と余り変わらず方向性が生じ難いのを反し、DおよびDS部ではL方向との差が鍛錬成形比を上げることによつて大となるのでC

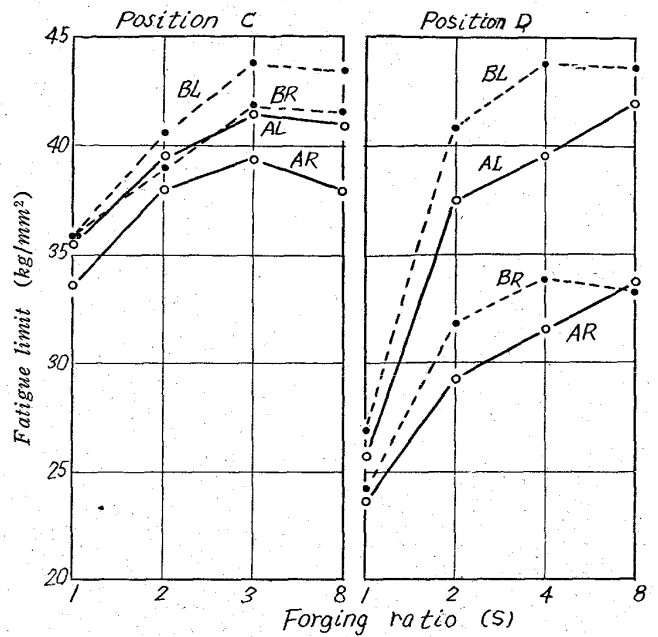


Fig. 3. The heat homogenizing effect on fatigue limit for position C and D.

部との差は依然として大である。したがつて疲労強度はこのように鋼塊の凝固組織によつて影響を受け、特に鍛伸を行わない場合およびR方向にその影響が大であることが明らかとなった。

従来の報告^{2)~5)}によれば、疲労限はL方向では鍛錬成形比の増加にしたがつて高くなるが、10S以上では鍛錬成形比を増しても殆んど影響がないか、むしろ低下の傾向を示し、R方向では4S以上に鍛錬が進むと次第に疲労限は低下するといわれている。われわれの実験においてもほぼ同様の結果が得られたが、しかし、L方向の場合、C部では4Sですでに疲労限の飽和値に達し、D部では8Sで飽和値に達し、DS部では30Sまで増加を続ける結果となり、またR方向の場合、C部では4Sで飽和値に達し、DおよびDS部は8Sまでまだ増加を続ける結果となつている。すなわち鋼塊部位によつて、疲労限におよぼす鍛錬の効果が異なるであろうことを示唆しており、疲労強度が組織の均一性、非金属介在物の量および形状に影響される点を考慮すれば、大型鍛鋼品の最低鍛錬成形比については一層の検討を要することとなるであろう。

次に加熱拡散材Bと加熱拡散を行わない場合Aとの疲労強度と鍛錬の効果の差をFig. 3に示す。鍛伸を行わない場合には両者の差は殆んどなく、ただ単に加熱拡散のみを行なつても鍛錬を行わなければ疲労強度は全く改善されないことを示している。一方鍛錬を行なうとBはAよりもかなり疲労強度が高くなり加熱拡散の効果が、前報の衝撃試験の場合にはおよばないにしても、かなり大であることが明らかである。

組織はAの場合相当に不均質であり、鍛伸したものはいわゆる縞状組織を呈し、微細なBainiteと粗いBainiteが交互に並んで存在している。しかるにBにおいては鍛錬成形比の少ないものでは若干それが残るが、殆んど拡散されて均一なBainite組織となつている。このAの

粗細両組織のマイクロピッカース硬度を測定すると約 20~30 程度の差があり(粗い組織が低い) B ではこのような硬度差が存在しないので、A においてはこの低硬度部の存在によつて疲労限が影響されるものと考えられる。したがつて鋼種の変態特性の差によつて均質化の程度と疲労限の関係が異なるであろうことが予想される。

またマイクロピッカース硬度の測定によつて疲労破断部の加工硬化の検出を試みたが粗細両組織とも応力の低い把み部のそれと全く硬度差がなく、加工硬化程度の把握は不可能であつた。

IV. 結 言

72 t 鋼塊を用いて疲労強度におよぼす鍛錬の効果について実験を行ない、疲労強度においても鍛錬の影響がかなり大であること、鋼塊のマクロ偏析が疲労強度と鍛錬の効果の關係に大きな影響を与えること、および鍛鋼品の疲労強度が織状組織中の低硬度部の強度に影響され、したがつて加熱拡散が疲労強度の向上に効果があるであろうことなどが明らかになつた。

文 献

- 1) 渋谷, 竹下, 竹内, 福田, 平井: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1609
- 2) 菊田: 鉄と鋼, 24 (1938), p. 938
- 3) 小野: 鉄と鋼, 43 (1957), p. 537
- 4) H. CORNELIUS: Stahl u. Eisen, 61 (1941), p. 871
- 5) H. KRAINER: Arch. Eisenhüttenw., 15 (1942), p. 543

621.774.2/016.3:669.14-462.2
1658.274

(188) 小径熱間仕上電縫鋼管工場の設備と操業について No.64350

富士三機鋼管, 技術部 広島泰三・新 卓弥
" 名古屋工場 ○宮原 正・清水和夫
Equipments and Operation of a Mill for the Hot-Finishing of Electric Resistance-Welded Small Diameter Pipes.

PP2071~2073
Taizo HIROSHIMA, Takuya ATARASHI,
Tadashi MIYAHARA and Kazuo SHIMIZU.

I. 結 言

鋼管に対する最近の旺盛なる需要に対処し、当社の合

理化計画の第 1 期として愛知県知多郡に新工場を建設した。

この新設名古屋工場は電気抵抗溶接方式による、いわゆる電縫鋼管工場で下記の 2 工場に分かれる。

中径管工場: 外径範囲=114・3~355・6mm

小径管工場: 外径範囲=21・7~76・3mm

小径管工場は電縫鋼管を母管として、これを加熱し stretch reducer により小径の鋼管に仕上げる、いわゆる熱間仕上電縫鋼管とも称すべきもので、わが国初めての試みであるので、ここにその設備と操業の状況について報告する。

II. 主要設備およびレイアウト

電縫鋼管製造設備は 1920 年代米国で発明されたが、わが国でこれが高能率な設備として注目されるにいたつたのは 1952 年以降である。その後 10 年間の伸びは著しく、1963 年には国内全鋼管生産量 231 万 t のうち 134 万 t (58%) が電縫管で生産されている。

この間この電気抵抗溶接方式に対しては各種の工夫改良が加えられてきたが、そのなかでも AC 低周波溶接では stitch の問題で溶接速度に限界があるために、商用周波の倍数周波数からさらに 45 KC の高周波方式とすることにより、その製管速度を一段と上昇することができた。

しかしながら最近小径管のさらに高能率な生産方式として電縫管設備により中径の長尺母管をつくり、これを加熱して stretch reducer により熱間で引絞ることにより、造管速度は 200~300m/min となり従来の 4~5 倍の生産性を与える一連の生産設備が考えられるにいたつた。

われわれがこの方式を採用するにさいしては、次の諸点について十分検討を行なつた。

- i) 電縫管設備を数基並列して同規模の生産量を得る方式と対比して得失はどうか。
 - ii) 連続鍛接法 (Fretz moon 法) と対比して得失はどうか。
 - iii) Stretch reducer の特性として母管前後端のクロップロスが不可避だが、これが製品歩留におよぼす影響はどうか。
 - iv) 電縫母管に特有の、内面の溶接ビードが stretch reducer の過程でどのように変形してゆくであろうか。
- 工場敷地は東海製鉄内にあつてその面積は 140,300m² であり、このうち小径管工場建家は 18,168m² で工場内

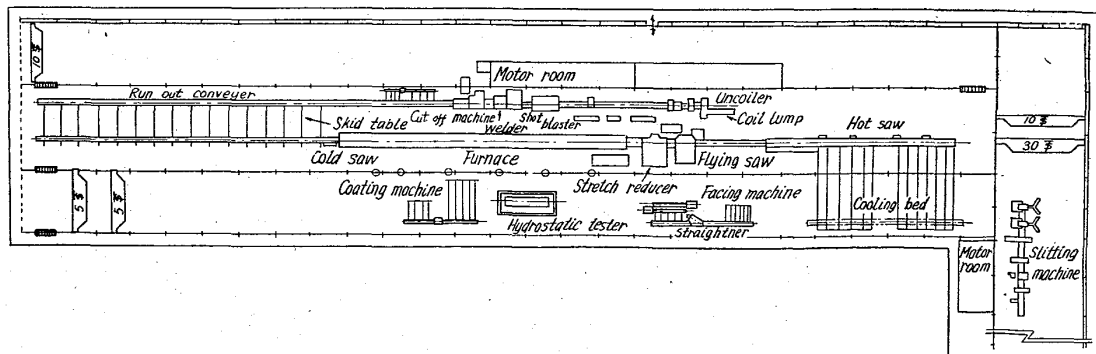


Fig. 1. Layout of the pipe mill for hot finishing of electric resistance welded pipe.