

] 10 5r •
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.12 (1980) No.4

* Si (09x * } M / ° ± î Å å ß î ± î © Ö Ç ° ! b0 4

低 Si 系高低圧一体型タービンローターシャフト材の製造

Manufacture of Low Si Type HP-LP Single Turbine Rotor Shaft

飯田 義治*

朝生 一夫**

和中 宏樹***

Hiroshige Wanaka

小石 想一****

Soichi Koishi

内田 清*****

Kazuo Uchida

狩野 征明*****

Shinji Sato

Shinji Sato

Yoshifumi Nakano

Synopsis:

An HP-LP single shaft for a turbine rotor must meet requirements such as low susceptibility to temper

brittlement, superior high temperature properties in the HP portion, and high strength in the LP portion.

低 Si 系高低圧一体型タービンローターシャフト材の製造

Manufacture of Low Si Type HP-LP Single Turbine Rotor Shaft

飯田 義治*
Yoshiharu Iida

朝生 一夫**
Kazuo Asoh

和中 宏樹***
Hiroshige Wanaka

小石 想一****
Soichi Koishi

内田 清*****
Kiyoshi Uchida

狩野 征明*****
Seimei Karino

佐藤 信二***** 中野 善文*****
Shinji Sato Yoshifumi Nakano

Synopsis:

An HP-LP single shaft for a turbine rotor must meet requirements such as low susceptibility to temper embrittlement, superior high-temperature properties in the HP portion, and good toughness and strength in the LP portion.

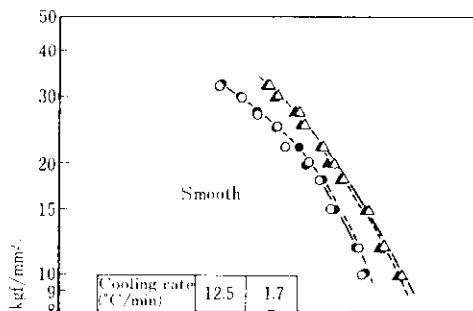
It is, however, difficult to satisfy all of these requirements.

This paper reports on the development of a low Si type HP-LP single turbine rotor shaft material.

シャフトに採用することにし、強度（高温強度）補償を考慮して若干の Cr 増量を行うこととした。

目標化学成分については、Table 2 に示すように C 鋼をベースに、強度に若干の余裕があることおよび靱性の向上を考慮し C 含有量を 0.25% に設定した。

mm:

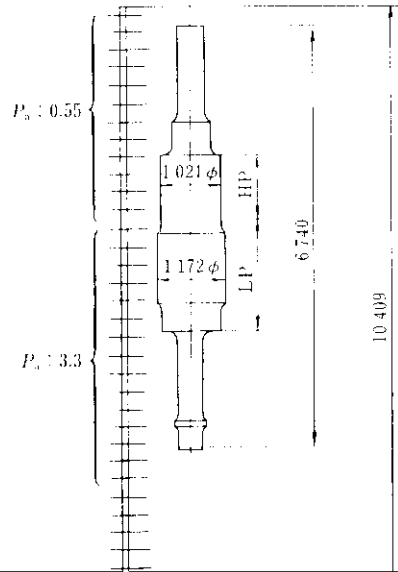


およびAsの低い鋼塊が得られる。

今回のローターシャフト素材は、上記プロセスにより製造したが、最近BOFでの脱P技術が向上しEFを介在させることなく0.005%以下のP-Sが得られるようになった。この技術については後述する。

2.3 傾斜焼入れの検討

HP・LP1体型ローターシャフトには、部位によって冷却速度の異なる傾斜焼入れが望ましい。すなわちHP部でのクリープ特性を向上させるためには、焼入れ冷却速度を小さくした上部ベイナイト組織がよく、一方LP部での低温靱性を改善するためには、焼入れ冷却速度をできるだけ大きくしてマルテンサイト+下部ベイナイト組織にする



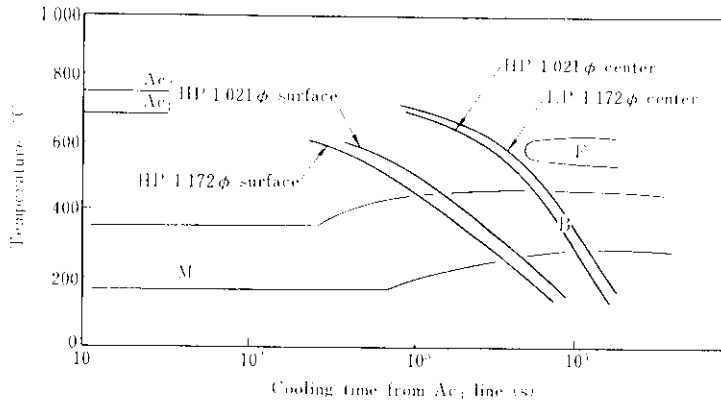
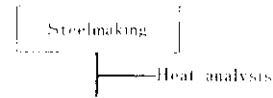


Fig.7 CCT curves corresponding to cooling conditions as shown in Fig.6

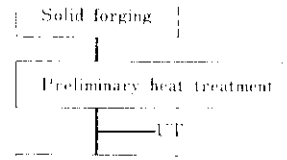
磁化により全方向の表層部欠陥が検出できる方式とした。

(4) VTR 装置を用いた UT 探傷による探傷装置の改良

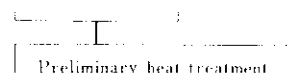


器の前進位置および回転角度を UT 探傷図形または中心孔表面指示画像に重畳させて録画できるような新しい信号処理を採用した。

この中心孔探傷装置により中心孔径 60~150mm,



可能となった。中心孔 UT 探傷状況を、Photo. 1 に示す



(H : 本体高さ, D : 本体直径) が 1.1 のものを採用し、鍛造においては、鍛造全体の性質をい

験と同一とした。その後 $615^{\circ}\text{C} \times 31\text{h}$ 保持・加冷の焼もどきを実施し、ラップに包みこむ時の注意を

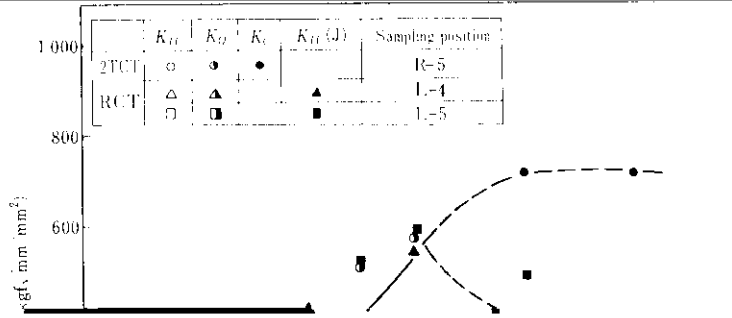
わせて確認するため、荒押段階で内部性状を UT により調査した。前熱処理は、脱水素処理と合わせて 2 回焼ならしを実施し整粒および細粒化をはかりその後焼もどきとした。2 回目の前熱処理は、

Photo. 2 に示す。



Table 3 Results of tensile and impact tests

試料番号	試験項目	試験結果
1	引張強さ	1000 MPa
1	引張伸び	10%
1	衝撃強さ	50 J/cm ²
2	引張強さ	1050 MPa
2	引張伸び	12%
2	衝撃強さ	55 J/cm ²
3	引張強さ	1100 MPa
3	引張伸び	15%
3	衝撃強さ	60 J/cm ²
4	引張強さ	1150 MPa
4	引張伸び	18%
4	衝撃強さ	65 J/cm ²
5	引張強さ	1200 MPa
5	引張伸び	20%
5	衝撃強さ	70 J/cm ²



Temperature (°C)

Fig. 10. Relation between Facetosa thickness and temperature.

散度の違いに関連すると考えられ、Photo. 3に示すクリープ破断後の組織に見られるように焼入れ温度が高くまた焼入れ冷却速度の小さいほど微細炭化物が均一分散することに起因する。次にクリープ延性の指標として通常用いられる破断伸び、絞りと切欠破断強度との間には何らかの関係があることが判明した。

その関係を整理した。その結果をFig. 13に示す。両者間には必ずしも明瞭な相関があるとはいえないが、切欠強化から切欠弱化への移行は、約20%の絞りに対応する。ここで絞りととの対応をみたのは、絞りは伸びと異なり破断位置の影響を受けにくく、バラツキが小さいためで、絞り約20%は、



次に今回のローター材は、真空C脱酸により低Si化を施したものであるが、事前検討においてクリープ破断強度には高Si材と差がないことを確認した。クリープ破断特性をSi量で整理した結果をFig. 14およびFig. 15に示す。高Si系合金は、

め、クリープ破断強度の低下をもたらさなかったものと考えられる。

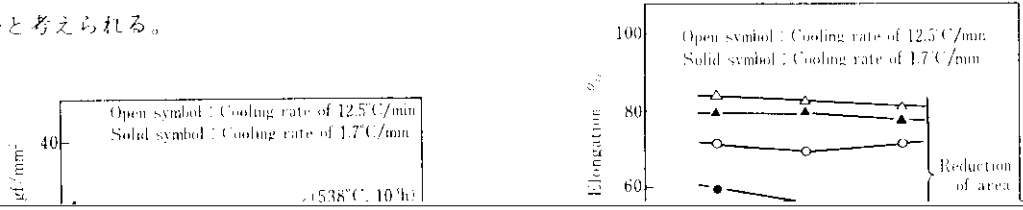


Table 5 Impurities in products recently produced

設定も偏析低減に効果があったと考えられる。

採用 (Si の低減), BOF-LBE-真空鋳造プロセス

減などによるほか、適正な鍛錬が行われたと判断できる。

終わりに当 HP-LP 1 体型ローターシャフトの

的な面で多大の御助言を頂いた。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 飯田、山本、宮井、江本、難波：鉄と鋼，64 (1978) 4, S 186
- 2) 朝生、和申、飯田、内田、狩野、山野辺、馬場：鉄と鋼，65 (1979) 4, S 186
- 3) 飯田、山本、松野、山浦、朝生：川崎製鉄技報，12 (1980) 1, 27
- 4) 森田、入谷、宇野：鉄と鋼，64 (1978) 4, S 249
- 5) H. D. Greenberg, et al.: Convegno Internazionale della Fucinatura, Terni, Italien, (May, 1970)
- 6) 熊田、土屋：学振耐熱金属材料委員会研究報告，7 (1966) 1
- 7) J. Comon, J. Delorme, P. Bastien: The 6th Int. Forgemasters Meeting, (1972)
- 8) 松野、岡野、西村、山本、朝生：鉄と鋼，65 (1979) 4, S 136