

1コ、空気中溶解材は小点2コ、X15Cr, Mo13のコンセルアーク溶解材は小点1コ、中点および大点は何れの場合もなかつた。空気中溶解材も一応合格はしているが、これは鑄塊の最外周部から取つた試験片の結果であり、中心部と外周部の中間から取つたものでは不合格となつており、この検査の厳格さを示している。これは電解研磨試験についても全く同じことがいえる。

VII. 総 括

コンセルアーク溶解せる蒸気タービンプレード材の諸性質について空気中溶解材と比較しながら述べて来たが、コンセルアーク溶解材は蒸気タービンプレード材として極めて優秀であることが確認された。また材質だけでなく材料歩留りの向上、検査歩留りの向上から経済的にも明らかに有利であり、大いに実用性のあるものと考へる。

669.187.251.7-982
669.14.018.853

(97) コンセルアーク溶解材による
ガスタービンローターシャフト
について

63097
(鋼のコンセルアーク溶解に関する研究—Ⅲ)
神戸製鋼所中央研究所

471~472
鈴木 章・徳田祥一・○福原義浩
〃 岩屋工場 中 島 弘 明

On the Gas Turbine Rotor Shaft Made
of "Cons-el arc" Melted Material.

(Studies on the "Cons-el arc" melting of
steels—Ⅲ)

Akira SUZUKI, Shoichi TOKUDA,
Yoshihiro FUKUHARA and Hiroaki NAKAJIMA.

I. 緒 言

コンセルアーク溶解法、すなわち消耗電極式真空アーク溶解法によつて鋼を溶解すれば、脱ガス、非金属 inclusion の減少、ゴーストの消滅などが起り、極めて均質な鑄塊が得られることは衆知の通りである。したがつて砂疵の問題の大きい高速エンジン用クランクシャフトや、鑄塊の不均一性が一つの原因になつている熱歪の問題があるタービンローターシャフトにコンセルアーク溶解法による鑄塊を使用すれば、極めて優秀な製品ができることが期待される。筆者らはコンセルアーク溶解せる 1Cr-5/4, Mo-1/4 V 鋼を使用してガスタービンローターシャフトを実際に製作し、種々の検査を行つたのでその報告をする。

Table 1. Chemical composition (%) of electrodes and ingots.

Elements	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	O
Specification	0.27/0.37	0.15/0.35	0.70/1.00	<0.035	<0.035	—	<0.50	0.55/1.25	1.00/1.50	0.20/0.30	—
Electrode	0.30	0.34	1.04	0.008	0.012	0.06	0.46	1.09	1.20	0.23	0.012
Ingot	0.27	0.37	0.71	0.009	0.010	0.02	0.47	1.12	1.09	0.27	0.001

II. コンセルアーク溶解

消耗電極は 1t 高周波炉の合せ湯で 1.6t の角型インゴットを作り、それを鍛造して作つた。消耗電極を鋼溶解用のコンセルアーク炉で溶解し、480mm φ × 750mm l の鑄塊にした。

Table 1 に溶解前後の化学成分を示す。Mn はコンセルアーク溶解により約 70% に減少しているが、これは蒸発によるもので、コンセルアーク溶解では普通に見られる現象である。C, S, Mo, Cu も少し減少しているように見られるが、従来のデーターではこれらの元素はほとんど減少していないので、この場合は分析上の誤差などによるものである。O は約 1/10 に減少しているが 1/5~1/2 に減少するのが普通である。

III. 工 程

ローターシャフトの加工および検査は次のごとき順序で行なわれた。鑄塊→焼鈍→皮削→1/2 圧縮・鍛伸→拡散焼鈍→荒削→超音波検査→焼入・焼戻→機械加工→歪取焼鈍→材料試験→仕上加工→超音波検査→熱歪試験→サルファプリント。焼入れは 954°C からミスト冷却した。焼戻は 675°C で行ない、歪取焼鈍は 620°C で行なつた。材料試験は軸の両端から長手方向、ディスク部から半径方向の試験片を採取して、引張り試験、シャルピー衝撃試験を行なつた。熱歪試験は 575°C で行なつた。製品寸法の概略は Fig. 1 に示す。

IV. 検査結果

1) 超音波検査 荒削後に超音波検査をディスク部について行なつたが欠陥は全く認められなかつた。熱歪試験前に更に詳しい超音波検査を行なつたがその結果も極めて良好であつた。その波形写真を Fig. 1 に示す。

2) 材料試験 材料試験の結果を Table 2 に示す。

Type of tester	Sperry	Frequency	2.25M. C.	Method of inspection
Impulse	Dia. of crystal	28φ	Applying angle of crystal	90°
				Pulse width
				40
Sensitivity	Surface finish	W	Contact medium	M. oil
				Primary voltage
				100V
				B ₁ = 75mm

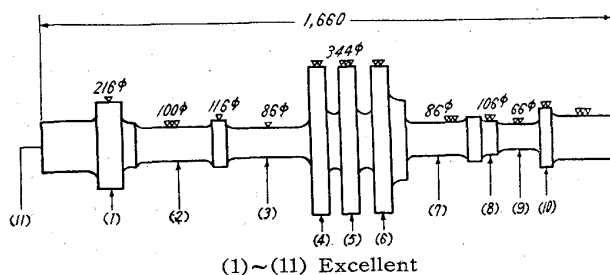


Fig. 1. Approximate dimension of the rotor shaft and the results of super sonic inspection.

Table 2. Mechanical properties of "Cons-el arc" melted steel.

Specification	Tensile strength (kg/mm ²)	Proof stress (kg/mm ²)	Elongation (%)	R. of area (%)	Impact value (kg m)
	77.4~91.4	59.8~73.8	>Long. 16, >rad. 13	>Long. 45, >rad. 26	>0.83
TL	86.4	69.7	22	65	5.9
R	85.1	68.1	24	63	5.6
BL	85.9	62.7	22	61	5.1

TL: Top side of ingots, longitudinal direction.

R: Radial direction.

BL: Bottom side of ingots, longitudinal direction.

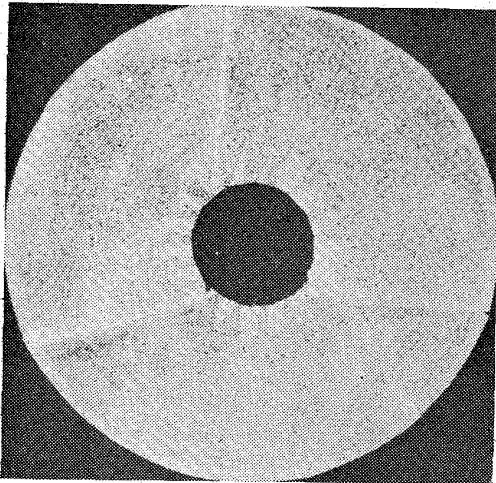


Photo. 1. Sulfur print of the rotor-shaft section.

シャルピー試験片はキーホールノッチ深さ5mmのものを使用した。Table 2から判るごとく、コンセルアーク溶解材は均質であるため、縦目横目の伸び、絞り、衝撃値の差が全く認められないことが判る。

3) サルファプリント 本試験に使用したローターシャフトには3枚のディスクが付いているが、外側2枚の外側面からサルファプリントを取った。ここではその内の1枚をPhoto. 1に示すが、他の1枚もPhoto. 1と同様にゴーストなどが認められず、極めて均質であることを示している。

4) 熱歪試験 熱歪試験は575°Cで1回目は11時間半、2回目は7時間行なった。ここには第1回目の結果をFig. 2に示す。歪は所謂B型であるが、振れの量は特に少ないとはいえず普通である。

しかしB型歪は非対称な熱処理によるものとされてお

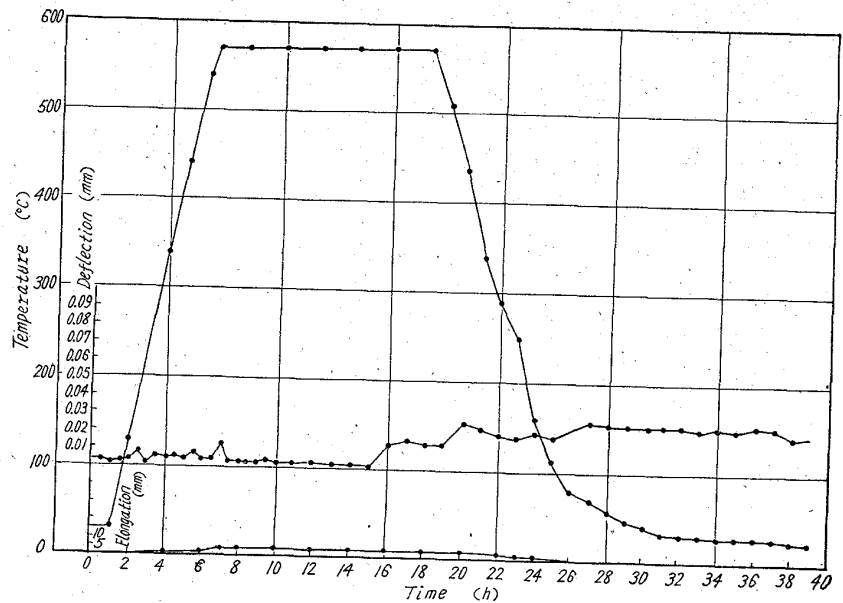


Fig. 2. Results of stability test.

り、材料の不均一性に起因すると考えられている。C型は見られず、このローターシャフトの材質が均一なことを示している。

V. 総括

コンセルアーク溶解材を使用してガスタービンローターシャフトを製作し、種々の検査を行なった結果を報告したが、材質の均一性を示す縦目横目の機械的性質の違い、サルファプリントの結果は共に極めて良好で、熱歪試験も熱処理による非対称な残留応力によるB型撓みが少し現われただけで、材質の不均一性に起因するとみられる撓みは全くみられなかつた。したがってコンセルアーク溶解法はタービンローターシャフトのごとき高級鍛鋼品の素材の溶解に極めて適していることが判つた。