

Fig. 4. Circuit of program-control system.

なる。相対電極昇降速度は、 $DD'$  直線と相対電極消耗速度を示す  $BB'$  直線との和であるから結局  $CC'$  直線で表わされる。したがって平衡状態では、電極尖端は標準位置 0 点にあり、何らかの原因で標準位置からずれた場合の平衡位置への修正速度は小電流時でも非常に小さく、アークは安定である。電極の自動制御には電弧電圧と標準電圧との差電圧を制御要素にしているが、この電弧電圧は電流値によつてその最適値が変化するので、設定すべき標準電圧も電流により変化させてやらねばならない。

III. プログラム・コントロールによる操業結果

以上の電源および電極の自動制御方式が十分信頼度を有することがわかつたので、それにプログラムの回路を加え、いわゆるプログラム・コントロールの回路にしたものが Fig. 4 である。これによつて、鋼種に応じたプログラムをあらかじめ与え、起動のボタンを押すだけで全溶解が完全に行なわれた。スタート、電流の昇降およびそれにとまらぬ電圧、電極の昇降は、Fig. 5 のオツシロチャートに示すごとくきわめてスムーズに、正確に行なわれ、完全に全溶解工程が遂行された。

今後、工業的生産規模の炉にこの方式を採用することによつて、品質の一層の安定化が計れる見通しがついた。

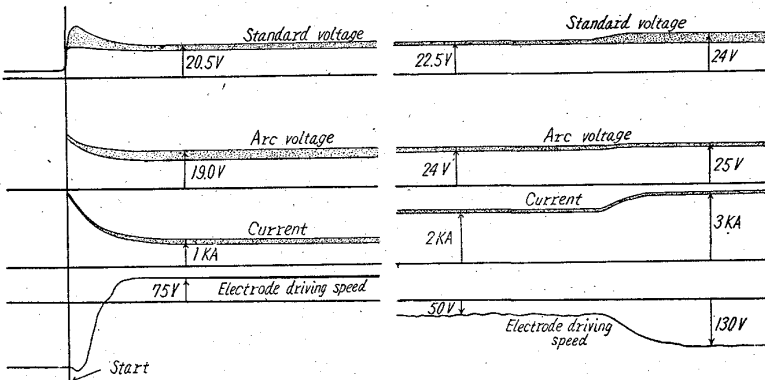


Fig. 5. Oscillograph chart in operation.

((1) および (4) 式より)

となり、電極尖端位置は③標準間隔より大きい位置で平衡し、①大電流程そのズレは大きく、②ズレを小さくするため  $k$  (昇降速度係数) を大きくすれば平衡位置への修正速度が過大になり、特に低電流値の場合にはアークが不安定になる。また、④大電流値で電極尖端が湯面に接近しすぎた場合には差電圧による修正速度と相対消耗速度が加わり、アーク長が急変しアークが不安定となり、電極がハンチングを起す。以上のような制御特性ではプログラムコントロールのごとき完全自動操業を行なわせるには危険である。

そこで、スタート時、溶解時、ホットトップ時の相対電極消耗速度は電流に比例するから、これとひとしい電極降下速度を電流に比例して与え、別個にアーク電圧と標準電圧との差電圧 (サーボ方式) によつて発生する昇降速度を電極の所定平衡位置への修正速度とし、この速度を極力小さくしようとする方式をとるのが最もすぐれている。Fig. 3 にこの場合の電極昇降速度も示すが、ある電流における相対電極消耗速度  $v$  をあらかじめ電極の降下速度として与えておくと、差電圧に比例した昇降速度 ( $CC'$  直線…原点を通る直線で  $AA'$  直線に相当する) が加えられ、実際の電極昇降速度は  $DD'$  直線と

669,187,046,517-982:669,14,018  
(112) 消耗電極式真空アーク炉溶製 853.4  
弁用鋼について 62282

金属材料技術研究所 工博 荒木 透  
新三菱重工京都製作所 矢野 勝  
大阪特殊製鋼 〇大橋 久道

Properties of Valve Steels Melted by a Consumable-Electrode Vacuum Arc Furnace.

14/1~14/3  
Dr. Toru ARAKI, Masaru YANO and Hisamichi OHASHI

I. 緒言

自動車工業界のいちじるしい発展に伴ない、出力の向上と共にとくに排気弁は苛酷な条件にさらされ、高温強度、耐摩、耐食性などに新たな特性が要求されている。わが国および諸外国において数年前よりこれらに対し種々系統の鋼種が開発されているが、弁用鋼の一般特性として加工性悪く、とくに傘成形アプセット加工時疵発生危険多く素材表面品質の向上と併せて高信頼性が問題となる。著者などはこれらの点に着目し、21-4N系の改良を目的として数種の析出硬化元素の添加母材を真空あるい

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Groups	No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ti	W	Cb	N		
														M. M.	Con.	
QN7-AM	1	0.56	0.24	9.28	0.019	0.016	3.89	21.17	—	—	—	—	—	—	0.43	—
QN7-O	2	0.52	0.24	8.89	0.016	0.019	3.81	21.61	—	—	—	—	—	—	0.41	0.30
QN7-1	3	0.51	0.21	9.69	0.015	0.019	4.00	21.19	0.18	0.18	0.04	—	—	—	0.42	0.32
QN7-2	4	0.56	0.16	9.33	0.014	0.017	4.36	21.24	0.24	0.25	0.03	0.51	0.22	0.43	0.31	
	5	0.54	0.21	9.33	0.015	0.014	4.41	21.15	0.24	0.25	0.08	0.26	0.19	0.38	0.30	
	6	0.55	0.22	9.61	0.018	0.015	4.31	21.15	0.25	0.15	0.05	0.33	0.16	0.41	0.31	

は N<sub>2</sub> ガス気流雰囲気にて、コンセルアーク溶解を行ない、従来の 21-4N 大気材との比較検討を行なった。

II. 供試材

調査対象を 21-4N 大気溶解(QN7-AM), 同系コンセルアーク溶解—真空あるいは N<sub>2</sub>-(QN7-0), また(QN7-0) に Mo, V, Ti を少量添加した(QN7-1), さらに以上および W, Cb を添加した(QN7-2) の 4 グループに分け、統計的に圧延棒(弁素材)の表面品質熱間加工性などを調べた。また常温および高温における強度特性その他の調査には各グループの代表チャージを選んだ(Table 1 に表示)。

III. 試験結果

(1) 消耗電極真空アーク炉溶製による脱窒現象

消耗電極真空アーク炉にて母材電極を 200 kg 型鋼塊に溶製するに当たり問題になるのは脱窒である。脱窒量はアーク条件, 溶鋼窒素濃度, 界面窒素ガス分圧勾配, 拡散温度などに関係があると推定されるが, N<sub>2</sub> ガス気流溶解が脱窒量を軽減し, 作業の容易化, スプラッシュの防止に有効なる点を着目し, 1 気圧近くの N<sub>2</sub> ガス気流溶解で真空溶解時との脱窒量の比較を行なった。対象チャージ 20 余りでの比較結果では, 脱窒量は母材 N 含有量と共に増加し N<sub>2</sub> 気流溶製時は若干のパラッキはあるが平均 0.05% の脱窒量の低減が見られた。

(2) 弁素材丸棒の表面品質および熱間加工性

エンジン用バルブ素材としては鋼塊より 11mm~8mm に圧延された丸棒であり, 溶体化処理, 冷間引抜, 表面研磨加工を施し一端をアプセット傘成型を行なうのであるが, 加工度が苛酷のため割れ発生危険度が大きい。これは加工条件表面残存応力, 炭化物の分布, 溶込度にも関係があるが表面層近傍の微少地疵が一次的な切欠となる。約 20 および 50 チャージの大気および消耗電極アーク炉溶解細丸素材について, スーパーチェックなどで表面検査を行なったところ, 真空, 窒素気流に関係なく大気材と明らかに差が現われ, 微少地疵を認めることはほとんど皆無となった。当然のことながら素材据込テストにおいても, また熱間傘成型プレス時においても, 正常作業では消耗電極アーク材は疵の発生が認められない現状である。これはガス介在物の量的減少というよりは微細均等化による総合形状係数の減少と判断した。

(3) 熱処理特性

各グループを代表した No.1, 2, 3, 4 について 1050°C~1200°C の範囲で溶体化処理を行ない, 830°C で時効を行なった結果, 1100°C 以下の温度では 48 時間以

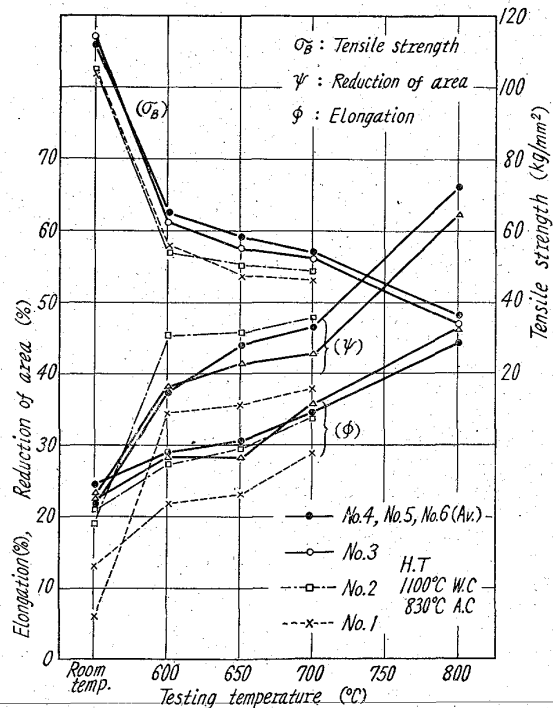


Fig. 1. Mechanical properties of each steel at elevated temperature.

内の時効において(QN7-1), (QN7-2) が析出硬化元素の添加にかかわらず, 他のグループと同様顕著なカタサ上昇は見当らない。しかし後述のごとくクリープラプチュアあるいは疲労強度などについての上昇結果から考えると, 加工を与えない静的熱平衡条件下ではコンセルアーク炉溶製が組成の安定性, あるいは内部切欠存在確率の少ない点から判断して炭火物あるいは窒化物などの析出核生成因子に乏しいとも判断される。この点についてはさらに高温強度組成などの関係性において今後検討したいと考える。

(4) 常温および高温における引張試験

No. 1 より No. 6 迄の各チャージを弁素材として 9.7mm 径に圧延の後 1100°C × 20 mn 水冷, 830°C × 2 h 空冷の後平行部径 6mm, 長さ 25mm のテストピースに加工して引張テストを行なった。Fig. 1 にその結果を図示するが, 引張強さは No. 1, No. 2 に比し他材が高くなっているのは, 消耗電極アーク炉溶製の影響というよりはむしろ添加元素の影響と考えられ, 一方 No. 1 に比しての他チャージの伸び, 絞りにおける顕

Table 2. Endurance limit at high temperature.

Groups	No.	Endurance limit $\sigma_w$ kg/mm <sup>2</sup>		Hardness (HrC) after heat treatment
		at 700°C	at 750°C	
QN7-AM	1	—	16	31~30
QN7-1	2	24	18	32~31
QN7-2	3	26	19	33~32

などの可塑性因子はかなり改善された。これらの共通した理由として大気材に比しての微細ガス欠陥、介在物などの量、分散、形状の差異に基づくものと判断される。なお耐摩性その他の特性については目下試験中である。

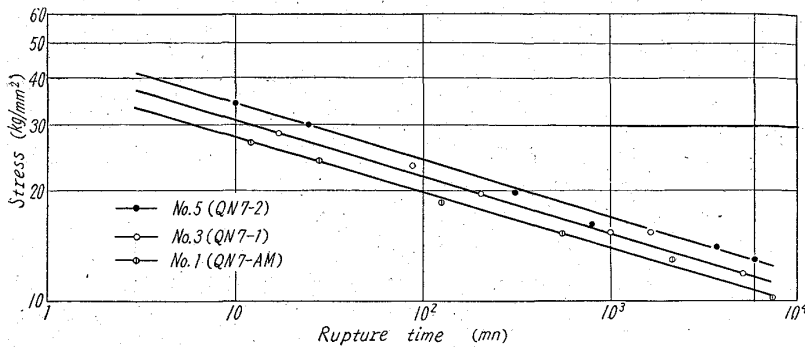


Fig. 2. Rupture time-stress curve of each steel.

著な上昇は消耗電極アーク炉溶解の影響を示したものと考えられる。

(5) 高温疲労およびクリープラプチュア強度

No. 1, 3, 5 を 3 グループの代表として 700°C あるいは 750°C における強度特性を調査するため、小野式回転曲げ疲労試験およびクリープラプチュア試験を行なった。熱処理条件は前記高温引張試験の場合と同一でありテストピースは何れも全長 80mm 平行部径 6mm の平滑試片である。Table 2 に疲労耐久限の値を示すが通常の大気材に比し Mo, V, Ti 添加およびさらに W, Cb 添加の消耗電極アーク炉溶製材は夫々 1 割強および 2 割近くの耐久限の増加が認められた。

クリープラプチュア特性については Fig. 2 に試験結果を図示した。これらも疲労同様 1, 3, 5 の順で強度向上が有意差的に現われ、添加元素効果が確認された。

(6) 酸化鉛耐食試験

No. 1, 4, 5 のチャージを 5mm 径×30mm 試片に加工、前述の熱処理を行なった後、900°C, 1000°C, 1100°C の溶融 PbO のバス中に 10mn~20mn 浸し腐食重量減の比較を行なった。消耗電極アーク材の有意差迄の確認は今後の検討にまらたいが平均として耐食性について優位にある結果が示された。

IV. 結 言

エンジンバルブ用材の代表鋼 21-4N 系の性能向上を意図して数種の元素を若干量添加した後真空あるいは N<sub>2</sub> ガス気流消耗電極真空アーク炉溶製を行なった。N<sub>2</sub> ガス雰囲気溶解は真空時に比し脱窒量の軽減、作業容易化、鋼塊肌向上が見られ、またこれらは大気溶製材に比し棄素材の表面品質を改善し、苛酷な熱間加工に対してはるかに安定した加工性が統計的に立証された。Mo, W, V, Ti, Cb などの添加元素はこれらの化合物の無応力下の析出時効が大気条件に比し遅れると考えられるが、熱間強度特性としては脱窒量をカバーして有効に作用し、消耗電極真空アーク条件と相俟つて、伸び、絞り

669,187,046,517-982=669  
14,018,255

(113) 消耗電極式真空アーク  
炉溶製ダイス鋼の特性  
について

大阪特殊製鋼

62293

大橋久道・坂上高志

本田技術研究所 大沢 恂

Characteristics of Die Steels  
Melted in a Consumable  
Electrode Vacuum Arc Melting  
Furnace. 1413~1415

Hisamichi OHASHI, Takashi SAKAJŌ  
and Makoto Ōzawa.

I. 緒 言

最近各種機械工業の急速な発展に伴ない、冷間プレスあるいはアブセットなどの加工技術の向上と共に高性能の冷間ダイス鋼および熱間ダイス鋼が要求されており、苛酷な条件のもとで高信頼度が必要となつて来た。しかしながら従来の大気中で溶製したダイス鋼ではこれらの要求を十分満足しえないため、真空溶解により性能の向上をはかり冷間および熱間ダイス鋼の代表的な鋼種について、真空溶製材および大気溶製材について特性を調査し比較検討した。

II. 供 試 材 料

冷間ダイス鋼として D11, D12, 熱間ダイス鋼として D61W について大気溶製材および同一母材より溶解した真空溶製材の特性試験を行なった。供試材はいづれも 500 kg 高周波炉で溶製した 200 kg 鋼塊および 110 kg 鋼塊を用いた。230 kg 鋼塊は 50mm φ に鍛伸(鍛伸比 14・0) 後焼鈍して大気材の各試験に供し、真空材の試料は上記 110 kg 鋼塊 2 本を用いて消耗電極真空アーク炉で 200 kg 鋼塊を溶製し 50mm φ に鍛伸(鍛伸比 12・5) 後焼鈍して用いた。供試材化学成分を Table 1 に示す。

III. 実験結果および考察

(1) 熱 処 理 特 性

各鋼について焼入および焼戻温度と硬度との関係を求めた結果を Fig. 1 に示す。いづれも大気材および真空材は同様の特性を示しほとんど差は認められない。なお顕微鏡組織は多少真空材の方が炭化物の分布、形状が良好な傾向を示している。

(2) 変態点について

熱膨張試験により各鋼の変態点を求めた結果を Table 2 に示す。加熱変態点はいづれも真空材の方が大気材に比較して 20°C~30°C 高く、冷却変態点は低い値を示している。