

(52) 真空熔解した金属の二三の性質
について

(On Some Properties of Vacuum-Melted Metals)

Hidehiko Orii, Lecturer, et alius.

東京工業大学金属工学教室 岡本正三
○折井秀彦

I. 緒言

材料中のガスと非金属介在物とを可及的に少くしようとする努力の発展の一つは、高周波電気炉を用いる真空中又は不活性ガス下の溶解及び鑄造に見出される。かような溶解と鑄造には、操作上種々の制約があつて、この方法による溶製は未だ実験室的規模を脱し得ないが、高級材料の要請に答える有力な道が此処にある事を想えば、何れは遠からずして真空溶解技術の発展と普及を見るであろう。そこで極めて小規模ながら実験室で、大気中と真空中で溶製した種々の金属の性質を比較検討した。

II. 試料と実験法

実験に供し金属は、モンドニッケルと国産の電解ニッケル、18-8 不銹鋼、ニモニック等で、真空中の溶製はこれらの金属を、15KVA の高周波電気炉を用いて予め 10^{-5} Hg mm 程度にまでひいた石英管中のアルミナ製坩堝中で加熱溶解し、その儘固化せしめた。この場合溶解に際してかなり真空度の低下をみた。恐らく 10^{-2} Hgmm 程度になつている。

一方空気中の溶製は真空中に及ばぬ事みの相違で、他は全く同じ条件で行つた。

得られた金属塊は中央より縦断して収縮管のない部分について、その比重と硬度とを測定して溶製条件の相違を比較した。

次にこれらの試料を一定の熱間加工を行つて後、それらについて同様硬度と比重変化を求めた。更に溶製条件が熱間加工後の一定の加熱による内部応力の弛緩と再結晶速度とに如何に影響するかを検討した。

III. 結果とその考察

今得られた二三のデータを示すと第 1, 第 2 両表の如くである。

第 1 表に示される如く大気中溶解せるものと真空中溶解せるものとを比較すると、後者の比重が総ての金属に

第 1 表 約 1500°C の真空中又は大気中の溶製試料の各種条件下の比重 gr/cm^3 20°C H₂O

試料種別	タンマン管で凝固後 1000°C で標準化		1000°C にて鍛造後 1000°C で標準化	
	真空中溶解	大気中溶解	真空中溶解	大気中溶解
モンドニッケル	8.976	8.662	9.035	8.995
モンドニッケル*	—	8.534	—	8.915
Ni-Mg にて脱酸電解ニッケル	8.937	8.633	8.942	8.926
電解ニッケル Ni-Mg にて脱酸	—	8.751	—	8.923
18-8 不銹鋼 ⁺	7.941	7.927	7.965	7.933

* Ni-Mg 合金は 10% Mg を含む。その添加量は 0.1%, + 8.73% Ni, 18.17% Cr, 0.90% Mn, 0.63% Si 0.08% C.

第 2 表 約 1500°C の真空中又は大気中の溶製試料の各条件下の硬度 (V.P.N)

試料種別	タンマン管で凝固後 1000°C で標準化		1000°C にて鍛造後 1000°C で標準化	
	真空中溶解	大気中溶解	真空中溶解	大気中溶解
モンドニッケル	161	202	169	172
モンドニッケル*	—	192	—	195
Ni-Mg にて脱酸電解ニッケル	123	133	112	131
電解ニッケル Ni-Mg にて脱酸	—	115	—	126
18-8 不銹鋼 ⁺	169	260	213	252

*, + 第 1 表に同じ
Ni の場合荷重 500gr による V.P.N
不銹鋼の場合荷重 1kg による V.P.N

ついて大である。これは金属に溶解しているガス成分の減少に基因する。

金属に含有されるガスの状態には二通り考えられ、ガス成分が化合物を作らないで溶解する場合は、Ni, Fe, Cu と H₂ との関係に見出される如く、次の一般式で示される。

$$S = S_0 \sqrt{Pe^{-Q_0/2R_0T}}$$

S: ガスの溶解量

P: ガスの圧力

T: 絶対温度

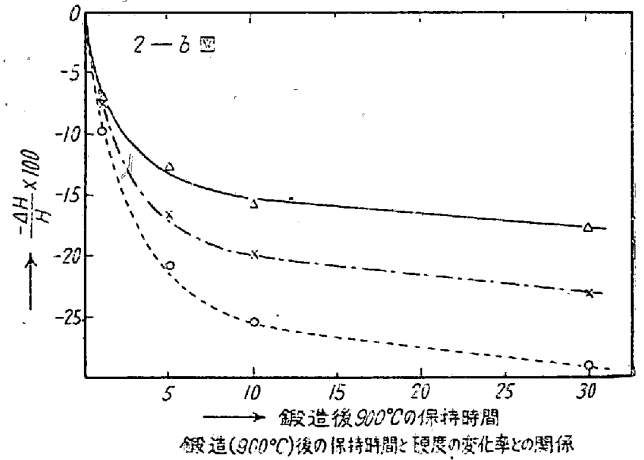
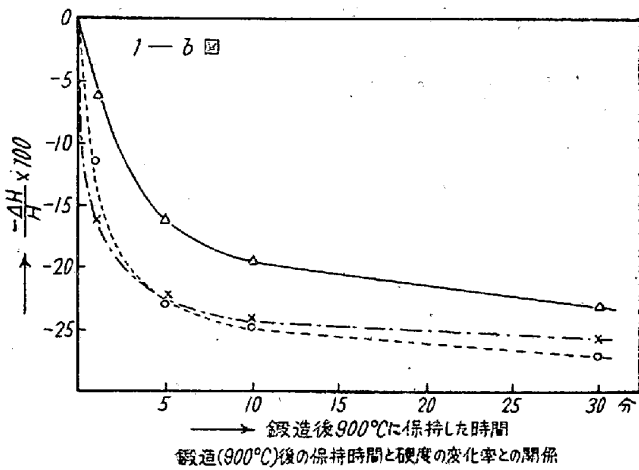
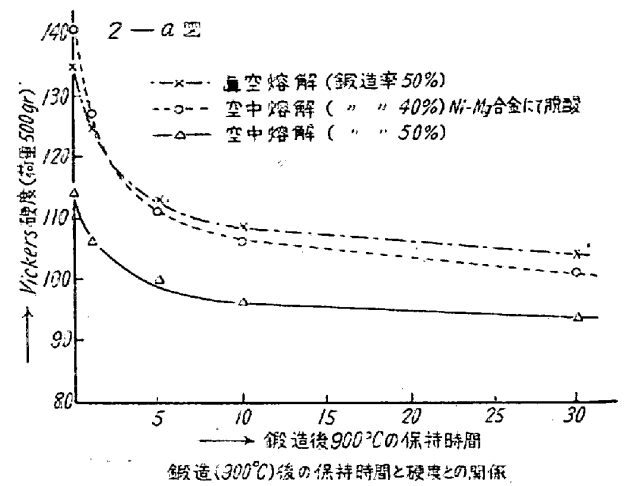
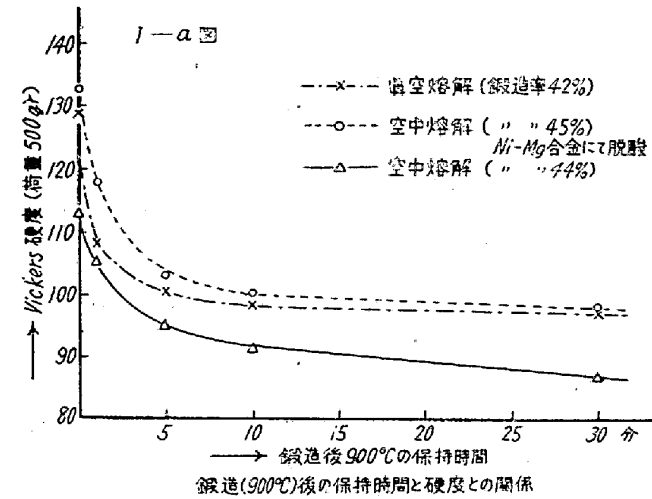
S₀: 常数

R₀: 気体恒数

Q₀: 1gr mol の H₂ を吸収する熱量

即ち、溶解ガス量はガスの圧力の平方根に比例し、温度が上昇すると $1/T^2$ に比例して増加する。且つ又溶融点寸前にはこれが急激に増加する。

又、化合物として金属体内に存在するガスは、O₂ が



第1圖 再熔解せる電解ニッケルの鍛造後の加熱時間と硬度との関係

第2圖 再熔解せるモンドニッケルの鍛造後の加熱時間と硬度との関係

最も一般的で、O₂ は殆んど総ての金属にある程度溶解するが、貴金属を除いては固溶限を超えると酸化物として現われる。固溶して居る O₂ の量は一般の金属では認め難い程僅少であると考えられる。

金属とガスとの化合物は、与えられた温度に対しては一定の圧力のガスと平衡状態を保つ、即ち化合物の解離圧力を P とすれば、一般に

$$\log P = A - B/T$$

T: 絶対温度

A, B: 常数

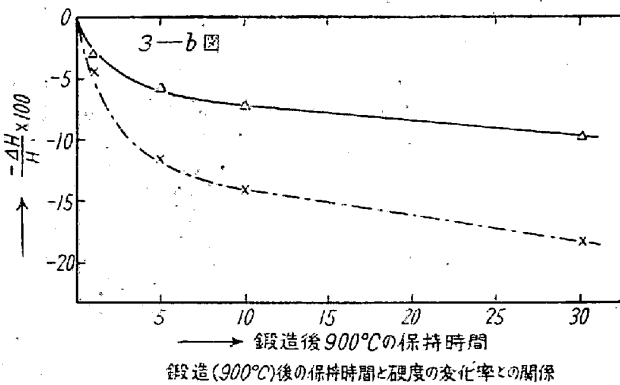
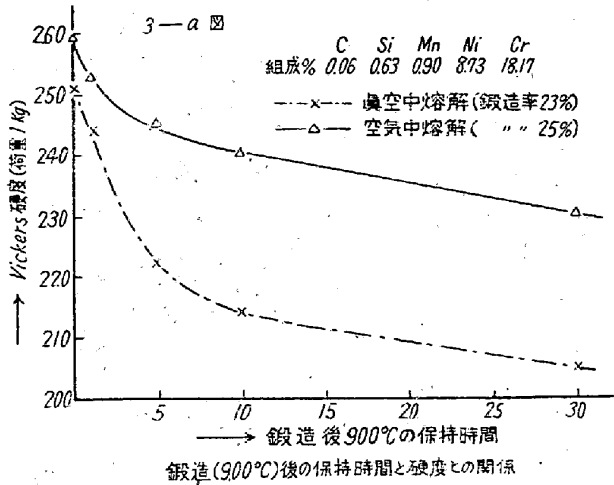
酸化物として存在する所の FeO, NiO, CuO, CoO 等の 1200°C に於ける解離圧は 10⁻¹⁰~10⁻¹⁴ Hg mm であつて熔製温度にて真空度を高めるも、到底この既存の酸化物を解離させる事は不可能である。以上の様な理由から、真空熔製で期待されるものは、酸化物の生成防止と溶解ガスの除去とである。

第1表に見る如く鍛造によつて、大気中熔製試料と真空中熔製試料との比重は次第に接近してくる。斯くして

大気中で熔製したものを鍛造して得られた比重と、真空中で熔製して得られたものの比重とは略等しく、結局後者に於いて得られる材料は、大気中で熔製したものを鍛造した場合のものと同程度の健全な材料と云えるのである。耐熱材料の様な熱間塑性加工の困難な合金を鑄造によつて得んとする時は、往々にして鑄造機なるが故に鍛造機よりも使用時の信頼度が低く評価されるが、鑄造機の機質改良は真空熔解に依つてある程度達成されることが考えられる。

今日、各種金属の物理恒数表に見られる所の比重は恐らく大気中で熔製したものの如く、稍その値低きに失する。真空熔解に依つて、より大きな値を示すものである。

次に、同一条件の熱間塑性加工後の試料の、同一条件の加熱による軟化の進行を見るに、第 1a~3a 図の如くである。各図はそれぞれ再熔解したモンドニッケル、電解ニッケル、18-8 不銹鋼の真空中熔解と大気中熔解した試料を、900°C で鍛造した後の恢復及び再結晶が、900°C の保持中に如何様に変化するかを示している。



第 3 圖 再熔解せる 18.8 不銹鋼の鍛造後の加熱時間と硬度との関係

鍛造後一定温度の保持中の硬度低下量 ΔH を鍛造直後水冷した場合の硬度 H で除した商のパーセントを、保持時間に対してとれば、第 1b~3b 図に示す如くで、これより大気中で溶解した試料に比し、真空中で溶解した試料の方が、回復及び再結晶速度が大きい事が知られる。その原因について目下検討中である。

(53) 粗粒鋼におけるオーステナイト結晶粒の成長性に関する二三の知見

(Some Aspects of Grain Growth Characteristics of Austenite in Coarse-Grained Steel)

Yoshiaki Masuko.

住友金属工業 K.K. 製鋼所 工 益 子 美 明

先に粒度調整に関する現場的問題の二、三について主としてオーステナイト結晶粒の成長性という観点から実験的に観察した結果を報告した。その際 Al の効果の充分な場合には取鍋試料と製品本体の粒度はよく一致するすなわち鍛造条件及び後続の熱処理加工などによつても

粒度は変化しないが、結晶粗大化温度はやや低下の傾向を示し、特に Al の効果の不十分な二、三の場合には Al の効果の減衰により結晶粗大化温度が低下し取鍋試料と製品本体の粒度の差が大となることを述べた。

本研究は引続き粗粒鋼の如き、かかる Al の効果の不十分な場合につき同様にオーステナイト結晶粒の成長性の見地から二、三の問題すなわち取鍋試料と製品本体の粒度及び成長性の関係並びに溶解、精錬及び鑄込過程の粒度及び成長性の変化を系統的に観察したものである。

I. 取鍋試料と製品本体の粒度及び成長性の関係

対称とした鋼種は ASTM A335-52aT の P-11 及び P-22 に該当する高温高圧継目無大径管用の鋼種でありその化学成分は次の通りである。

	C(max) (%)	Mn (%)	P, S(max) (%)	Si (%)
P-11	0.15	0.30/0.60	0.030	0.50/1.00
P-22	0.15	0.30/0.60	0.080	0.50(max)
	Cr (%)	Mo (%)		
P-11	1.00/1.50	0.45/0.66		
P-22	1.90/2.60	0.87/1.19		

これらの鋼を 8~15t 塩基性電気炉で熔製し、Al 添加 (P-11 は 200g/t, P-22 は 250g/t いずれも炉中添加) 後鑄込中期に杓で熔鋼を取鍋より採取しこれを 7kg 試験鋼塊に鑄込んで更に 15mm 角に鍛伸(鍛造比≒10)して取鍋試料とした。製品本体の試料は熔鋼を 8.6~15.58t 鋼塊に鑄込みこれを鍛圧、押出及び伸延等により内径 260~510mm, 外径 480~648mm, 長さ 5715~6700mm (鍛造比 4.0~30.5) の継目無大径管を製作し、更にこれを焼準一焼戻により球状化組織としたものの鋼塊の頂部に相当する部分より採取したものである。

粒度試験は P-11 15溶解, p-22 25溶解の上記の試料につき 925°C におけるオーステナイト結晶粒度を学振滲炭法によつて求め各試料についての 5 視野の平均値を採用した。次にこれらの試料につき滲炭法における滲炭温度を 850~1100°C に変化させてオーステナイト結晶粒の成長性を調べた。(但し粒度判定方法は前述の通り)。

それらの結果の一例を第 1 図及び第 2 図に示す。すなわち P-11 及び P-22 いずれの場合も取鍋試料、製品本体共明瞭な粗大化温度を示さず温度に対して緩慢な成長を示すが粒度は取鍋試料に比して製品本体の方が粒度番号で 1~3 粗いことがわかる。