

削りにてほとんど完全に表面疵を除くことができ、製品の歩留を上げると同時に再削りおよびチップングの手数をはぶくことができその効果は大である。

(61) 鋼の真空鑄造について

On the Vacuum Casting of Steel

T. Asakuma, et alii.

関東特殊製鋼

工 鈴木登能弥・工〇朝熊利彦・吉留克政

工 中野吉朗・絹川昭夫

I. 緒 言

一般に鋼はガスおよび非金属介在物が存在し強度を減少せしめる結果となつている。殊に水素は白点および白点状欠陥の主因をなすものとして古くから知られ鋼の水素吸収防止ないしは水素低減に対して熔解、造塊に多くの注意と努力が払われて来た。然しながら空気中で熔解し造塊する以上は水素の吸収を全面的に回避することは出来ない。一方鋼を真空中で熔解すればガスの少いものが得られることも良く知られているがこれは容量が小さく設備も複雑で大規模に工業的に利用するにはなほ多くの困難がある。Bochumer Verein A.G. は大量の鋼を脱ガスする真空鑄造の工業化に先鞭をつけた。我国においても遠く明治時代にあつて同様の機構をもつ低圧鑄造法が着想されたが残念ながら工業化するには至らなかつた。湿度が殊に悪条件下にある日本としても当然採上げられるべき問題であると考え昭和 30 年 6 月より独自に真空中で鋼塊を鑄造する方法の研究を進め基礎実験および中間試験を経て昭和 32 年 9 月に 20 t 鋼塊に対する真空鑄造設備を完成し脱ガス、材質の向上、熱処理工程の短縮等に多くの成果を挙げている。此等の結果について報告する。

II. 真空鑄造法

真空熔解法は大量の鋼を処理するには技術的ならびに経済的に困難な点があるので空気中で熔解した鋼を真空処理して脱ガスするいわゆる真空鑄造法が実用化した。欧米および我国でも此の方向に進みつつありその要求と対象によつて現在つぎの 4 つの方法がある。(1) 取鍋脱ガス法 (Ladle Degassing) (2) 流滴脱ガス法 (Stream Drop Degassing) (3) 鋼塊真空鑄造法 (Vacuum-Ingot Casting), (4) Dortmund 法。

我々は主として特殊鋼鍛鋼品に現われる水素による欠陥を除く目的で (3) の方法を採用することとして研究を行つた。

III. 鋼塊真空鑄造法の根拠

真空鑄造法の工業化に当つては実験室的規模の適用し難い点が多い。特に同法の心臓部ともいふべき排気系構成決定の根拠が得られなかつたので予備実験及び 1~2 t の中間試験を行い漸く 20 t 鋼塊用の装置を完成した。

(1) 予備実験 熔鋼 150 kg, 油廻転ポンプ 500l/mn をもつて予備実験を行つたが排気能力の不足と気密保持の不完全が禍して鋼流滴下直前の真空度は 5mmHg 滴下開始と同時に 30mmHg となり以後急激に真空度が劣化し従つて脱ガスの行われた形跡がない。かくして記録的には何等見るべきものを残さなかつたが排気能力を不問にしてとにかく大規模に行う場合の基礎を知ることが出来た。その根拠となるものはつぎの如くである。

(a) 排気能力の決定, (b) 気密保持, (c) 排気系の構成。

(2) 中間試験 1~2 t の中間試験によつて排気能力決定の基礎資料を求めることにした。熔鋼を真空タンクへ注入すると熔鋼から発生するガスの為真空度が低下するが如何程のガスが放出され、リークをどの程度に防止出来るかは中間試験によらねばならなかつたのでポンプの荷重としては考慮せずタンクを 2 分で 10^{-2} mmHg に排気する能力があれば操業圧 30mmHg 以下が得られるであらうと言う所から出発してつぎの如き条件を設けた。(a) 鋼塊は 1~2 t とする。(b) 真空タンクの大きさは $1100\text{mm}\phi \times 1400\text{mm} = 1.33\text{m}^3$, (c) 到達真空度 10^{-2} mmHg, (d) 到達時間 2mn.

これ等の条件を満足しかつ鑄造を行ひ得る装置として 3000l/mn の油廻転ポンプ 2 台, 400l/sec の油エゼクターポンプ 1 台, 防塵トラップ 1 式, 真空タンク 1 個, 中間取鍋 (1 t) 1 台をつくつた。鑄込速度 1t/mn において最終操業圧は 23mmHg となつたので目標を 10mmHg とするにはポンプの能力を 2 倍以上必要とすることが判つた。そこで更に追加して 15000l/mn とした。2 t 鋼塊に施行し鑄込速度 1200kg/mn で最終操業圧は

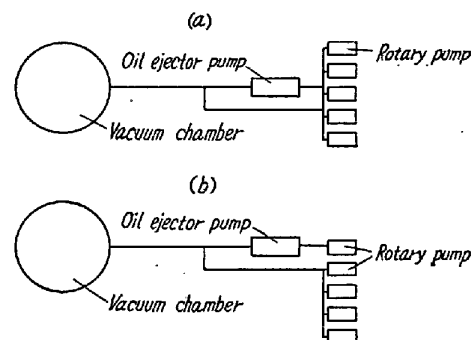


Fig. 1. Pumping system for degassing of steel
(a) in series, (b) in parallel.

36mmHg となつた。水素低減に対する効果はいづれの場合も平均 50% が除去された。しかし本試験においては排気能力の絶対量が不足し操業の際の僅かな変動が操作圧に敏感に影響しかつ Fig. 1 (a) の如く異種ポンプを直列に使用した排気系の選定に誤りを指摘することができた。若しこれを (b) の如く並列に使用し両ポンプの特性を相互に利用すれば更に真空度の良くなることが考えられ工業化の際はこの方式を採用することとした。

IV. 真空鑄造設備

前述の如くして得られた知識をもつて本格的工業化への飛躍を試みた。通常 6t 鋼塊, 最大 20t 鋼塊に施行する種々の条件, 考慮を入れて鑄造に際して放出されるガス源として注入される熔鋼流滴からの放出ガス, 注入された熔鋼面からの放出ガス, 鑄型その他から放出されるガス, リークによるガスの4つを中間試験結果から解析し排気容量を決定した。10³l/sec の排気能力があれば 10mmHg 以下を維持し得る。ただしこの容量は鑄造における単位時間当放出ガス源に大差がなければ適用鋼塊の大きさに制限はない筈である。かくして諸条件を満足するポンプを使用しタンクは 2000mmφ×3500mm の普通鋼板二重壁水冷式としピット内に据付けられた。鑄込操作中タンク内部を観察するため視窓2つを設けた。タンクの蔓の着脱は圧搾空気及び電動機によつて迅速容易に行われる。真空計は熱電対型, 水銀マンオメーター, ガイスラー管の3種類を備え水銀マンオメーターによつて計測されたものは操作盤の表示燈に示されると同時に 100mmHg~1mmHg の範囲を記録する。バルブ類はすべて圧縮空気操作式を採用, 電磁弁によつて開閉され操作盤には排気系統を图示し遠隔操作ボタン, 真空計, 記録計, 表示燈等が組込まれる。鑄込中またはその他の場合一定の真空度より劣化すると水銀マンオメーターによつてリレーが働き必要なバルブを閉止し, また停電になれば全バルブが自動的に作動し, 冷却水の断水に対しては

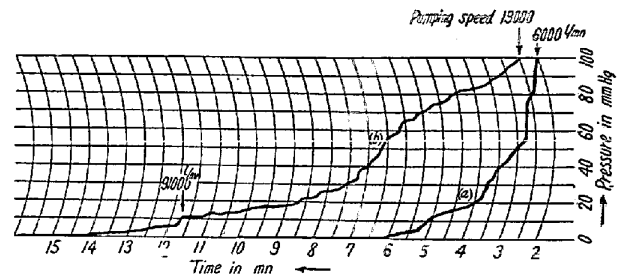


Fig. 2. Variation of (a) pressure in the empty chamber, (b) pressure in the chamber containing the ingot mold.

警報器およびランプを備える等の安全装置が施されている。

V. 真空鑄造法の特徴

真空鑄造は空気中における普通の鑄造と色々の点で異なりこれが利点となつている。(1) 鋼流の酸化防止, (2) 熔鋼が多数の小滴に飛散する, (3) 押湯煉瓦その他に含まれる水分を完全に除去する。Fig. 2 は空のタンクおよび鑄型を入れて排気した時の真空度と時間の変化を示し真空処理はあらゆる水素吸収源を除去していることが判る。(4) 鑄込速度の選択範囲が広い, (5) 沸騰によつてスカム非金属介在物を浮揚させる, (6) 脱ガスが行われる, (7) 蒸発し易い金属, 酸化物が蒸発する。タンク内面に附着したダストを分析した結果は Table 1 の如くである。

Table 1. Chemical analysis of dust in the vacuum chamber.

SiO ₂	Fe ₂ O ₃ +FeO	MnO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO
12.42%	42.42%	17.62%	8.86%	0.06%	tr.

VI. 真空処理鋼と通常鋼との比較

真空処理鋼は平均して水素 50%, 酸素 30% が除去されるが窒素はほとんど除去されない。極めて短時間の

Table 2. Hydrogen, oxygen, and nitrogen content in air-and vacuum-poured steel.

Heat No.	Type of steel	Pouring method	Ingot weight tons	Content %		
				H ₂	O ₂	N ₂
7915	Ni-Cr	Air	5.5	0.00056	0.0018	
		Vacuum	5.5	0.00018	0.0006	
7929	Ni-Cr	Air	5.5	0.00032	0.0014	
		Vacuum	5.5	0.00017	0.0011	
7955	Ni-Cr	Air	5.5	0.00039	0.0015	0.011
		Vacuum	5.5	0.00013	0.0005	0.010
7982	Ni-Cr	Air	5.5	0.00064	0.0016	0.013
		Vacuum	5.5	0.00023	0.0013	0.012
70004	Ni-Cr	Air	5.5	0.00075	0.0040	
		Vacuum	5.5	0.00024	0.0022	
70019	Ni-Cr	Air	5.5	0.00048	0.0014	
		Vacuum	5.5	0.00024	0.0028	

真空処理であるにも拘らず 1600°C における熔鉄の水素の平衡溶解度にほぼ一致する程度となり効果的に脱水素が行われキルド鋼においても脱酸効果が認められる。従つて機械的性質にも影響し超音波検査の際の透過度も極めて優れ水素による欠陥はほとんど防止された。また鍛圧後の熱処理工程を短縮するがこれ等について詳細は講演大会にゆずることとする。

VII. 結 言

真空鑄造に関し独自に研究を進め実験室的規模および中間段階の試験を経て 20 t 鋼塊に対する鑄造設備を完成した。これによつてガスの低いものを造り、不良率を低減し、機械的性質を改善し、製造工程を短縮する等日常生産に満足すべき成果を挙げている。

(62) ストッパー煉瓦の無破壊検査とその実績およびこれに関連する二三の問題について

Non-Destructive Inspection of Stopper-Head Bricks, Its Results and Some Problems Related Thereto

I. Matsumura.

東海炉材, 刈谷工場
丹羽庄平・工〇松村 勳・理 上垣外修己

I. 緒 言

造塊作業の成否を決定する重要因子の一つとして、ノズル・ストッパー煉瓦を挙げることが出来る。すなわちこれ等耐火物は熔損が少くかつ割れ事故等を起さないものが必要であることはいう迄もない。ノズル・ストッパーの熔損に関しては材質的研究が進み熔損量の少ない製品が使用されつつあるが、煉瓦自体の内質的欠陥により発生する割れ事故(その他の原因からも割れ事故は発生する)はメーカーで種々の製造管理を施しているにも拘らず時として起り勝である。この原因として内部のラミネーション・クラック・強度分布の不均一等が考えられる。従来よりこれ等の内部欠陥はほとんど検出不能に近く、使用して始めて判る程度であつた。筆者等はこの点に着目して、ラミネーションの無破壊検出法として、ストッパー煉瓦の共鳴振動スペクトルを測定する方法を研究し、すでに乾式成形法の採用により月産 130 t の量産に入っている当社のノズル・ストッパー煉瓦の中ストッパー煉瓦に全数検査を実施し、比較的好成績を得ているので、これについて報告する。さらに本検出法により検出不能な他の事故原因についても検討したので、これ等に結果も

併せて報告する。

II. 検査方法

本検査に採用した装置の概略は Fig. 1 の通りである。すなわち発振器からの交流を振動板により機械的振動に変換し、この振動をストッパー煉瓦に与え、ストッパー煉瓦の共鳴振動を測定する。

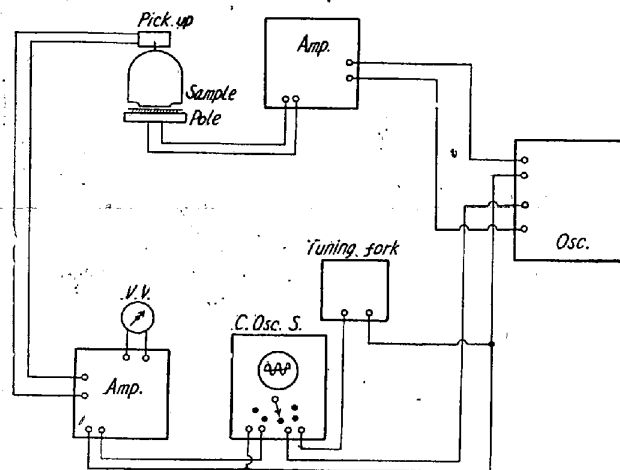


Fig. 1. Apparatus of measurement.

基礎実験の結果では、ストッパー煉瓦の頂部と頭部にラミネーションの存在するものは、一般に共鳴振動スペクトルの主極大の高さが、ラミネーションの存在しないもののそれに比し低くなり、またスペクトルの形が乱れることが判つた。ラミネーションがストッパー煉瓦の中央部に存在する場合は、比較的検出困難であるが、この場合でもラミネーションが大きければ検出可能である。なお全体としての検出確率は 85% 位である。これ等の結果にもとづき前述の如く本法を製品の全数に適用した。

III. 管理結果および実際作業における事故との関連
検査開始当初においては不良率 50% に達したその後製造法の改良により最近での管理例は Fig. 2, Fig. 3 の通りで、不良率としては約 4% 程度に止まっている。また事故発生回数は検査施行と同時に激減し顕著な効果があつた。しかしなお時としてその発生をみた。この事故発生ロットと不良率との関係は Fig. 3 の通りで、不良率と事故発生回数との間には相関が認められない。従つて上の事故発生は他に原因を求むべきである。すなわちこの事故の原因がクラック・ラミネーションによるものとするれば、仮令その直接の原因のクラック・ラミネーションが本検査法では検出困難である程度に小さなものであるとしても、一般的に不良率とは正の相関を持つべきであるからである。従つて上の原因として考えられるものは

①ストッパー煉瓦の縦方向のラミネーション