

クロム系不銹鋼削屑利用法に就て

(日本鐵鋼協會第26回講演大會講演 昭. 16. 10. 東京)

藤井芳郎*・藤田忠男*

ON THE UTILIZATION OF TURNING SCRAPS OF HIGH CHROMIUM STEEL

Yosirō Huzii., Kōgakuha-kusi & Tadao Fuzita

SYNOPSIS:— Many efforts have been devoted to utilize high chromium steel turning scraps since the high chromium steel were widely used in the engineering field, but no report of great success has been heard yet owing to the difficulty to overcome the easy oxidation of chromium and picking up carbon from the residual cutting oil on the surface of turning scraps. It is essential to reduce the carbon content as low as possible to maintain good mechanical properties and machinability. The authors have carried out several experiments to find the most suitable method for cleaning the turning scrap on the point of view to keep the picked up carbon as low as possible and also gave some suggestions to utilize the products.

目次

- I. 序
- II. 削屑の脱油試験
 1. 削屑に附着する油量
 2. 遠心分離機に依る脱油
 3. 燃焼に依る脱油
 4. 化學的洗滌劑に依る脱油
 5. 石油に依る脱油
 6. 結論
- III. 削屑の溶解、製鋼竝に製品試験
 1. 削屑準備
 2. 溶解
 3. 鑄造
 4. 熱處理
 5. 分析竝に材料試験
 6. 海水腐蝕試験
 7. 可削性不銹鋼
 8. 結論
 - (1) 削屑の處理法
 - (2) 溶解法
 - (3) 削屑配合率
 - (4) 熱處理
 - (5) 成分
- IV. 結 び

I. 序

クロム系不銹鋼削屑の利用に關しては從來種々の方法が講ぜられ居るも削屑に残存する油分のため炭素量の上昇甚しく且クロムが極めて酸化し易き爲、高級材料への利用は殆ど願われなかつた。而るに最近の狀勢は一片の削屑の放置すらも許されずクロム資源は全部之を國産に仰ぐの止むを得ざることとなり且銅合金の極度の節約に伴ひクロム系不銹鋼の使用の激増に因り益々削屑の増加を來たしつゝあるを以て之が再利用法を確定するは現下の急務であると信ずる。殊に著者等の取扱ふ削屑は極めて高級材料なるを以て之を高級材料に還元使用することは國家經濟上一日も忽にせんとすることが出来ない。

著者等は此意味に於て機械工場に生成するタービン翼材用クロム不銹鋼のフライス削屑を更生利用する目的で之が調査研究に當つた。

タービン翼材用不銹鋼は種々の材質的要求に基き加工工程は極めて多岐にして鑄塊に對し製品は約1割程度である。其の間約10~15%の機械削屑が発生するが之等は其の生れに於て極めて高度の精鍊を経た高級材料であるに拘らず、一部塊状のものを除いては、高級材には再利用されて居なかつた。其の主なる理由はクロムの酸化のため精鍊作業を障げ且削屑の残留切削油のため著しく炭素量を上昇せしめ、其の材質を損ずるからであつた。

著者等は6噸鹽基性エルー式弧光爐、500及び300瓦高周波電氣爐にて種々の方法に處理せる削屑を用ひ、配合、溶解法を調査研究し其の削屑の處理法を確定すると共に一方製品に就き、其の利用法、性質等を調査研究し之等屑鐵の有効なる利用法に對し其の指針を明らかにした。

II. 削屑の脱油試験

クロム系不銹鋼フライス削屑に附着する油分は、其の型狀が鱗片狀なる事及び切削精度上の要求等により相當高く、切削直後に於ては10%以上にも達して居り、本油の回收再用に對して充分考慮を拂ふことが必要であると同時に之等削屑を利用するに當つては、之を其儘溶解するときは鋼中の炭素量を甚しく上昇し使用に適せざるが故に其の油分を取去り製品中の炭素量をなるべく低下せしむることが必要である。

* 廣海軍工廠造機部

本項に於ては遠心分離、燃焼、各種化學的洗滌劑、石油に依る脱油法に就き基礎調査をした。

1. 削屑に附着する油量

フライス削の際生成するものを直ちに蒐集せる試料について測定せるものは、第1表A0の通り11.44%の油分を附着し居るを示せり。勿論加工法切粉の大きさ等により時時變化すべきも、略10%の切削油は削屑と共に逃ぐるものと思はせらる。

第1表 不銹鋼ミリング削屑に残存する切削油量

試料	試料重量 g	油分%	記 事
A 0	500	11.44	「ミリング」切削直後採取せるもの
A 1	100	8.61	機械工場に於て採取せるもの
A 2	100	7.94	約一週間後
A 3	500	7.16	約二ヶ月を経たるもの
A 4	500	7.34	約六ヶ月を経たるもの

但表中油分は「エーテル」洗滌による重量減率を示す。

削屑に附着せる油分は時日の経過するに従ひ機械的に分離すると共に次第に酸化しつゝ削屑表面に固着するに到る。其の量は第1表に示す通りである。依て削屑附着の切削油の回収には是非とも切削直後之を施行するが有利である。

2. 遠心分離機に依る脱油

機械工場に於てフライス削に依り生成する削屑をその場に於て蒐集し、第2表に示す要目の直立型遠心分離機により脱油試験を施行した。其の成績は第2表の如く原削屑油分11.44%中其の85%は遠心分離機に依り脱油し得ることを示してゐる。而して削屑の残存油分は5mm以後殆ど變化がない。

之を要するに本機に依る脱油は新鮮なる削屑に於ては約5mmにて其の大部分を完了し其の残存油分は約2.3%となつてゐる。斯く處理せるものを其儘實地に熔解せる成績は第15表12の通りで残炭素量は0.84%を示し使用に

第2表 遠心分離機による脱油

機 種	直立型遠心分離機		脱 油 量	残 存 油 分	記 事
	上 端	下 端			
要 目	徑	580	300		
	回 轉 數	1140 rev/min			
	馬 力	3 HP			
	削 屑 處 理 量	60,000			
脱 油 成 績	時 間	脱 油 量	残 存 油 分		
	mn	重量 g	%	%	
	0	—	—	11.44	(1) 削屑試料は「ミリング」切削直後のものを使用せり。
	5	5755	9.6	2.55	
	10	337	0.56	2.40	
	15	206	0.34	2.39	(2) 残存油分は各時間毎に500gの試料を採取計測せり。
	20	127	0.21	2.40	
	25	72	0.012	2.37	
	30	62	0.010	2.32	(3) 括弧内は採取試料に対する補生値なり。
	計	6559	10.732		

適しない。依て實地に熔解配合するには更に別個の脱油處理を施すことが必要である。

尙本處理は削屑の古い場合は削屑表面の油分が乾き固着し、脱油作業を困難ならしめるを以てなるべく新鮮なるものを處理する必要があること勿論である。

3. 燃焼に依る脱油

削屑表面の油分を燃焼せしめて油を脱する方法であつて、約6ヶ月を経過せる削屑試験に付き各温度に空氣流中に於て燃焼せしめた後水洗乾燥せる場合の残存全炭素量を測定せるに第3表の通りである。

第3表 燃焼による脱油

番 號	加熱温度 °C	時 間 mn	残存全炭素量%	記 事
1.	加熱せず	—	6.63	
2.	100	30	5.14	空氣流中
3.	200	"	4.91	"
4.	300	"	2.49	"
5.	400	"	0.10	"
6.	500	"	0.11	"

備考 (1) 試料は何れも燃焼處理後水洗乾燥せり。

(2) 本試料は約6ヶ月貯藏せるものを示せり。

(3) 残存全炭素量は燃焼重量にて計測せり。

本成績を見るに300°C迄は温度と共に残存炭素量は遞減するも400°Cに於て脱油を完了することを示して居る。

尙削屑を加熱する場合其の表面の酸化に依る重量増加を測定せるに第4表の通り500°C迄は變化を認めない。此の結果より削屑を酸化せしむることなく其の表面に附着する油分を燃焼せしむるには、400~500°Cが適當であつて且充分なることを知る。

第4表 不銹鋼削屑の加熱に依る重量變化

加熱温度 °C	時 間 mn	重量増加	%
常 温	—	0	0
100	30	0	0
300	"	0	0
500	"	0	0
700	"	+0.0005	0.05
850	"	+0.0014	0.14

備考 (1) 本試験は白金ボート内1gの試料を入れ空氣を流通しつつ加熱せるものなり。

4. 化學的洗滌劑に依る脱油

實驗に供した化學洗滌劑は次の3種である。

- (a) A 洗滌劑 (名稱 油トール)
- (b) B 洗滌劑 (商品名 ヌトール)
- (c) C 洗滌劑 (商品名 センオー)

A 劑は海軍部内製の特許品であつて其の成分は次の通りである。

珪酸ソーダ	35%	ソーダ灰	17%
炭酸ソーダ	40%	磷酸ソーダ	8%

之を約 15 倍の水に溶す

單價は 1 疋當り 19.3 錢である。

B 劑及び C 劑は共に市販品であつて、商名を夫々ヌートール及びセンオーと稱し何れも A 劑に似た液劑であるが、其の成分は不明である。

之等 3 種の洗滌劑は夫々多少の特性を有するも、何れも液中に浸し煮沸洗滌するもので、その機能は略相似なるを以て A 劑のみにつき其の性能を詳細に検討した。

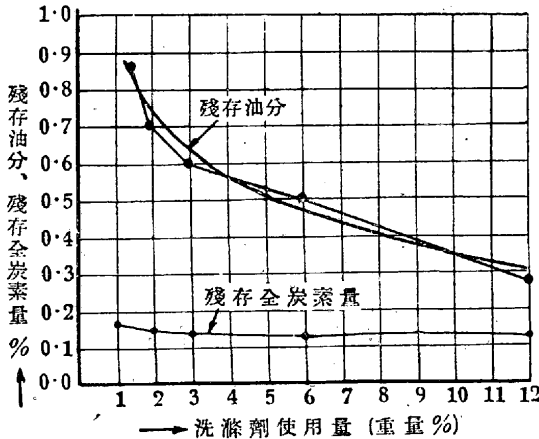
第 5 表 洗滌劑による脱油

(イ) 洗滌劑 (A) の使用率と脱油能力

番號	削屑量 g	洗滌劑 g	煮沸時間 mn	洗滌劑削屑 ×100	殘油分	殘存全炭素量
イ-1	0	300	15	∞	—	—
イ-2	25	"	"	12.0	0.25	0.14
イ-3	50	"	"	6.0	0.53	0.14
イ-4	100	"	"	3.0	0.60	0.15
イ-5	150	"	"	2.0	0.69	0.15
イ-6	200	"	"	1.5	0.84	0.16

海軍にて製造せるものにして次の成分のものなり。

珪酸ソーダ 3.5 kg 磷酸ソーダ 0.8 kg
 ソーダ灰 1.5 " 水 7 斗
 炭酸ソーダ 4.2 "



第 5 表は洗滌劑の適當なる使用量を求めんが爲め其の使用量を削屑重量に對し、1.5 倍より 12 倍に到る各種の量を處理した成績であつて、これに依ると殘存油分は液劑の減少と共に著しく増加し全炭素量は稍上昇してゐる。又第 6 表は反覆使用の場合の炭素量を調査せるもので、12 倍の時は 3 回迄、6 倍では 2 回、3 及び 2 倍では 1 回迄、稍同一の成績を得らる。即ち液劑は經濟的見地よりすれば削屑量の 2 倍を用ひ處理 1 回毎に新しくするが最も有利なる事を示す。但實際操業上工業的には液量の少い場合は之に適する特殊装置のない限り洗滌作業は著しく困難を感じるもので、液の多い程洗滌作業は容易である。

5. 石油に依る脱油

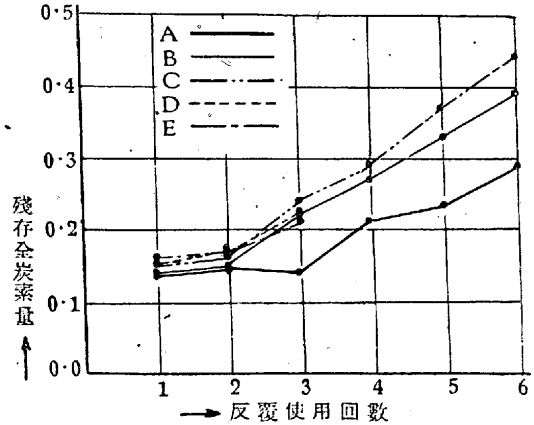
石油を以て削屑を洗滌する場合であるが、元來本研究が

材料資源的見地より出發せるものである以上、若し洗滌に用ひる石油が回収し得ないか或は著しく消耗するものなれば洗滌劑として考慮の餘地がないが、今迄の調査では大體石油及び切削油共再製使用し得ることは分明したが猶目下

第 6 表 洗滌劑に依る脱油

(ロ) 洗滌劑 (A) の反覆使用と脱油能力

液削屑層量	削屑量	洗滌劑對削屑の割合%	番號	反覆使用度							
				反覆使用回数							
				1	2	3	4	5	6	7	
殘存全炭素量	300	25	12	A	0.14	0.15	0.14	0.21	0.23	0.29	不能
	"	50	6	B	0.14	0.15	0.22	0.27	0.33	0.39	"
	"	100	3	C	0.15	0.16	0.24	0.29	0.37	0.44	"
	"	150	2	D	0.15	0.17	0.22	不能	不能	不能	"
	"	200	1.5	E	0.16	0.17	0.21	"	"	"	"

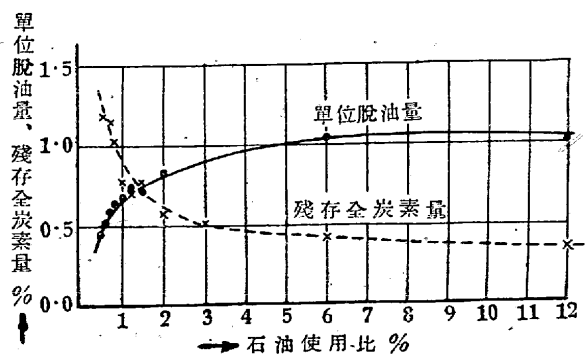


第 7 表 石油による脱油

(イ) 石油の使用量と脱油能力

削屑處理量 g	石油量 cc	石油使用比	單位(100cc)石油重量增加量 g	單位(100cc)脱油量 (%)	殘存全炭素量
—	—	—	—	—	0.12
25	300	12.0	0.204	0.82	0.32
50	"	6.0	0.436	0.87	0.42
100	"	3.0	0.796	0.79	0.51
150	"	2.0	1.297	0.86	0.56
200	"	1.5	1.391	0.70	0.77
250	"	1.2	1.793	0.71	0.70
300	"	1	2.057	0.69	0.79
350	"	0.86	2.209	0.63	1.01
400	"	0.75	2.240	0.56	1.17
450	"	0.67	2.272	0.51	1.21

第 8 表 石油使用量と脱油能力



最も有効なる回収法を研究中である。本項に於ては洗滌用石油の脱油能力及び其の遞減率等について調査した。試験に供した石油は比重 0.791 のものである。

第 7 表は各種量の削屑を石油の一定量中に攪拌洗滌し石油重量の増加を容量法により測定して、脱油能力とし同時に其の削屑の炭素量を燃焼法により測定し之を全炭素量としたものである。これを圖示すれば第 8 表の通りで、脱油量は削屑に對する石油の使用量の増加と共に上昇するが石油使用比約 6 以上は變化がない。同炭素量を見るも使用比と共に 2 迄は急激に炭素量を減少し夫れ以上は顯著でない。之を要するに石油を使用する量は使用比 3~6 を適當とし夫れ以上は變化なきことを知る。

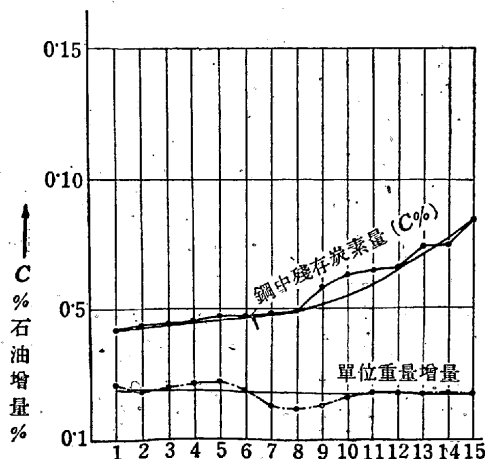
又反覆使用せる場合の脱油能力を知るため、15 回使用し各回に於ける液の重量増加及びその時の削屑の全炭素量を測定したるに第 9 表の通りである。之を圖示すれば第 10 表の通りであつて、削屑の全炭素量は 8 回以後稍急に上昇してゐる。一方石油の重量増加は殆ど變化を示さない。即ち

第 9 表 石油による脱油

(ロ) 石油の反覆使用に於ける脱油能力

削屑處理量 g	石油量 cc	石油使用比	反覆回数	單位石油重量増加	殘存全炭素量
25	300	12	1	0.204	0.32
"	"	"	2	0.177	0.33
"	"	"	3	0.199	0.34
"	"	"	4	0.211	0.35
"	"	"	5	0.218	0.37
"	"	"	6	0.189	0.37
"	"	"	7	0.128	0.38
"	"	"	8	0.113	0.39
"	"	"	9	0.127	0.48
"	"	"	10	0.161	0.53
"	"	"	11	0.172	0.55
"	"	"	12	0.173	0.56
"	"	"	13	0.168	0.64
"	"	"	14	0.173	0.65
"	"	"	15	0.169	0.75

第 10 表 石油の反覆使用に於ける脱油能力



石油は脱油力は失はないが液中に炭素質の成分を 8 回以後急に蓄積することを示してゐる。

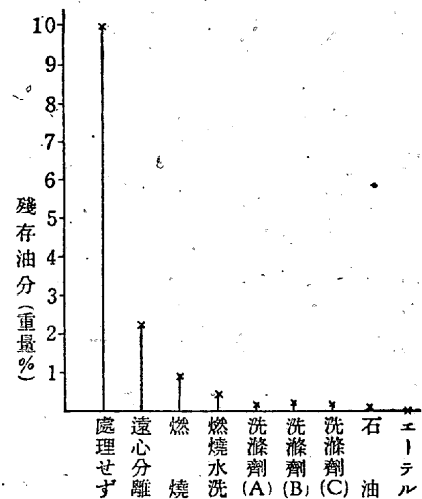
依つて第 8, 第 10 表より石油は約 3~6 の使用比で用ひ、4~8 回反覆使用する場合最低範圍の炭素量を得ることを知る。この量は削屑 1 疋に對し石油量約 0.75 l (0.6 kg) である。

6. 結論 前各項の方法を一括比較すると第 11 及び第 12 表の通りである。即ち第 11 表に見る通り原削屑には約 10% の油分を殘存するが遠心分離器にて其中 85% は回收し得られることを知つた。然して残り 15% の油分に對しては次の 3 點より其の方法を決定する要がある。

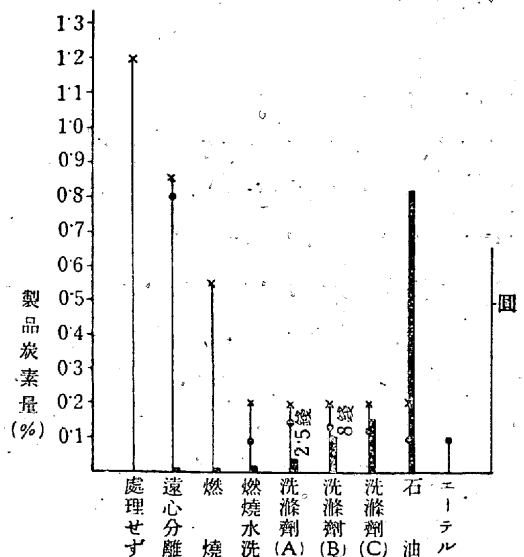
- (1) 炭素量の低下
- (2) 切削油の回収及び處理劑の復用
- (3) 處理に要する經費

而して(1)項は如何なる場合にも絶對的に緊要事であり

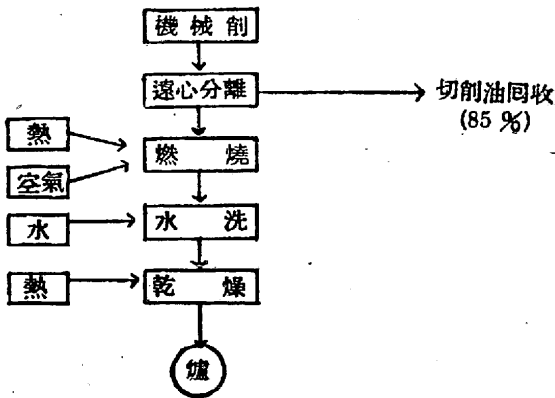
第 11 表 各種脱油處理法と殘存油分



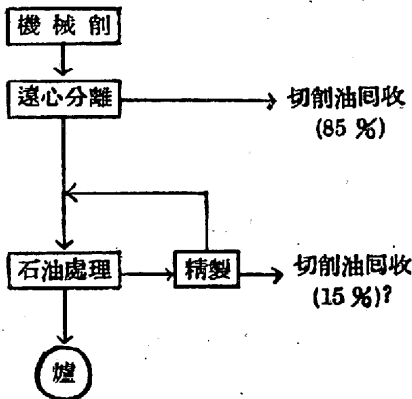
第 12 表 各種處理法と製品炭素量並に所要材料費



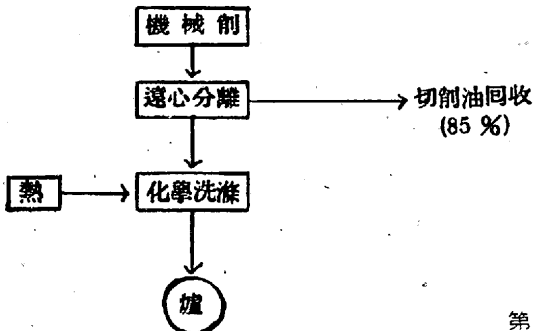
A 法



B 法



C 法



燃焼水洗或は化學洗滌劑に依るものは何れも其の方法を適切にするならば目的に合致するものであるが(2)及び(3)項を考慮すると次の如き方法の何れかが實用に適する。

- A 法にて連続多量を處理するには窯又は wedge 爐の如き焙燒爐のやうなもので燒くことが好ましい。
- B 法は石油及び切削油の精製回收が可能なる場合には最良の場合であつて目下精製回收裝置の研究中である。
- C 法は未だ A 法の燃焼爐又は其の他の適

當なる設備なき場合化學洗滌劑は大型鍋又はタンクにて充分處理し得るを以て設備費最も安く、且經費も安價であるが削屑中の 15% の切削油の回收は困難である。

III. 削屑の熔解、製鋼竝に製品試験

前項の各種實驗と並行し上記 13Cr 不銹鋼削屑に對し各種の處理法を工業的に實施し、之を實地に熔解、鑄造、熱處理竝に材料試驗等を施行し各種の實績に就き検討した。

1. 削屑準備

機械工場より生成せる Cr 13% 不銹鋼削屑の短きは 1 ヶ月長きは年餘に互り貯藏されてあつた約 10 噸の削屑より、試料を採取した。之等のあるものは油分が著しく表面に固着し、遠心分離機に依り充分に脱油を期し得ざる爲其の多くは遠心分離機にかけることなく、單獨に各脱油處理を施行した。

2. 熔 解

1. 高周波電氣爐に依るもの 爐は第 1 圖に示す通り。操業記録の一例第 13 表の通り。特に削屑熔解としての特異點を列擧すれば

- (a) 裝入後最少 25% の切落又は精鋼材を爐底に裝入するを要す
- (b) 熔解時間約 20% 長し
- (c) 削屑配合の割合は 5% より 85% 迄種々施行したが 75% 以上の削屑は電氣的に事實上使用困難である
- (d) 製品の炭素量をなるべく低め且削屑を成るべく多量配合するため電解鐵及び低炭素精鋼材を配合した(第

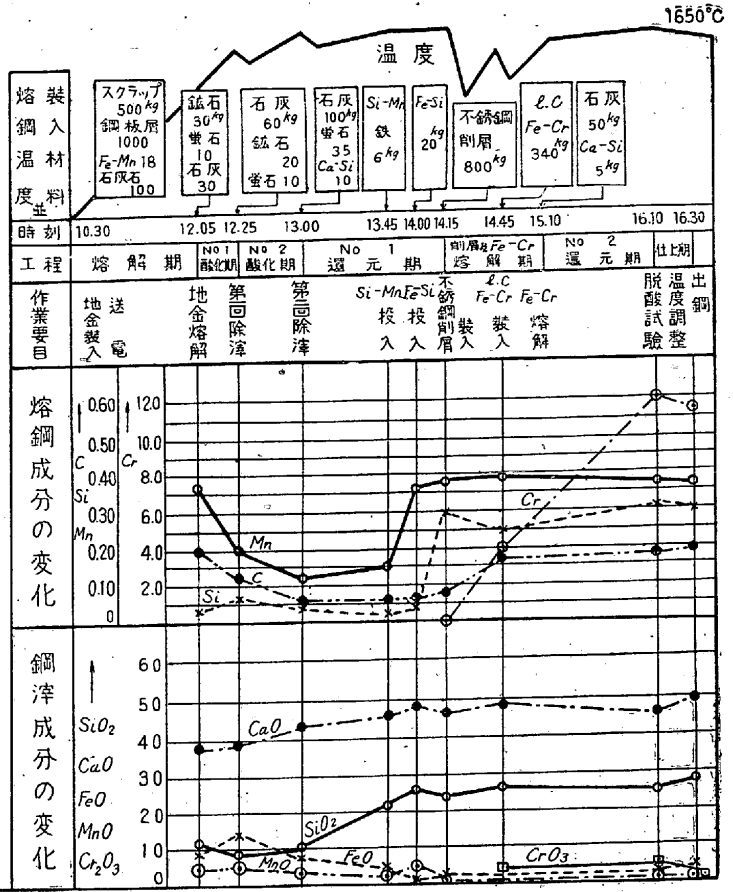
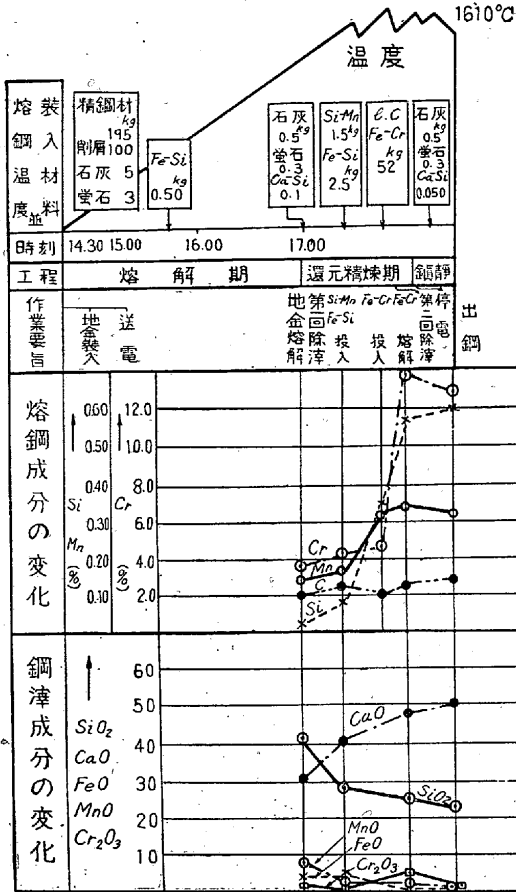
第 1 圖 熔 解 炉

炉 別	高周波電氣炉								弧光式電氣炉							
型式	アジャックースラップ式 500 kg								エルー式塩基性電氣炉							
容量	300 kg								300 kg							
電力	發電機 300 kg								變圧器 2700 kVA							
電圧	800 V								一次側 2200V、二次側 210 180 120 104 86							
周波數	960 〃								電極 304 mm							
重裝材料	マグネサイトクリンカー粉末								マグネサイトクリンカー + コールタール							
地 金	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr		
精鋼材	0.05	0.23	0.25	0.008	0.007	0.10	—	鑄鋼屑	0.20	0.25	0.70	0.010	0.007	0.20	—	
下鉄屑	0.093	0.80	—	0.040	0.018	—	6327	鋸屑屑	0.25	0.28	0.38	0.028	0.020	—	—	
下鉄屑	0.12	0.45	0.30	0.010	0.008	0.48	13.80									

第13表 削屑不銹鋼熔解操業表
300 瓩高周波電氣爐(削屑 30% 精鋼材 70%) 3 瓩弧光式電氣爐(削屑 30% 配合)

熔解年月日	16-7-1	熔解番号	HB 2936				
成分	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
精鋼材	0.05	0.28	0.25	0.008	0.007	0.10	
削屑	0.12	0.45	0.30	0.010	0.008	0.48	13.80
製品	0.13	0.60	0.33	0.008	0.012	0.43	12.54

熔解年月日	16-9-13	熔解番号	E 2377				
成分	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
予定	0.20	0.60	0.50	0.035	0.035	0.50	11-15
製品	0.19	0.30	0.37	0.011	0.011	0.48	11.75



15表 3, 6, 10, 16 等) 熔解温度は約1,640°C (E=0.43) で鎮静 5~10 mm を標準とした。

2. 弧光爐に依るもの 弧光爐は3噸及び6噸鹽基性爐で脱油處理せざる削屑 100% を熔解した外, 高級材料を目標とし, 削屑 30 及び 60% を配合特殊な熔解法を研究した。前者は第 15 表試験番號 17, 18 に示す通りで後者は 19, 20 に示す。

(a) 處理せざるもの熔解 處理せざるものを熔解した場合の炭素上昇量クロムの酸化量其の他の成分の變化を調査する目的でなるべく Cr の酸化を防止する如く熔解した。即ち熔け落後熔滓を除くことなく爐を密閉保熱する時は暫時にして爐内は全く還元基になり, 一時稍クロムを析出せる熔滓も White Lime となり熔鋼は極めて良態の鎮静状態を示すに到る。熔解は極めて容易であつて, 爐に削屑を投入せる場合油分の燃焼する火焰を適當に導くため湯出口側に焰出しを附する考慮をすることのみにて足りる。

(b) 高級材料を目標とせる特殊熔解 操業記録の一例第 13 表の通り熔解の骨子は約半量の屑鐵裝入で開始し酸化期に極力炭素を低下し 0.04~0.05% C となし除滓後は造滓材料と共に炭粉の代りにカルシウム・シリサイド (15%) を投入し還元期の鋼滓を作る。其の後はなるべく攪拌せず低炭素に保持しつつ精練しフェロマンガン及びフェロシリコンにて脱酸し, 充分鎮静せるとき完全に脱油處理後約 400°C 以下に餘熱乾燥した削屑を, なるべく電極に直接せざるやう 3 本の電極の中心を目標とし少量宛投入す。投入終了し鋼滓を White 乃至 Dark Lime (成分は Lime Silica) に保ちつつ熔鋼が充分熱を持ち鎮静したるとき餘熱又は熔解せるフェロクロムを投入し, 爐熱を充分保たしめ熔鋼の温度適當となりたる時注出した製品の分析成績は第 15 表 19, 20 に示す通りである。

3. 鑄造

1. 鑄造性 13 Cr 不銹鋼の鑄造性を普通鑄鋼と比較せ

るに、鑄造收縮は液態凝固間共、普通鑄鋼より小にして流動性も亦より良好なるを以て、薄物等の湯廻りは普通鑄鋼よりむしろ優良である。然るに高Cr不銹鋼は極めて表面に酸化膜を作り易く、此のCrの酸化膜は著しく鑄造性を阻害する。即ち「湯境ひ」を生じ易い。依つて鑄型は極力湯口の付け方に深甚の注意を拂ひ肉薄部で湯が出會ふ如き事のないやうに努むることが肝要である。

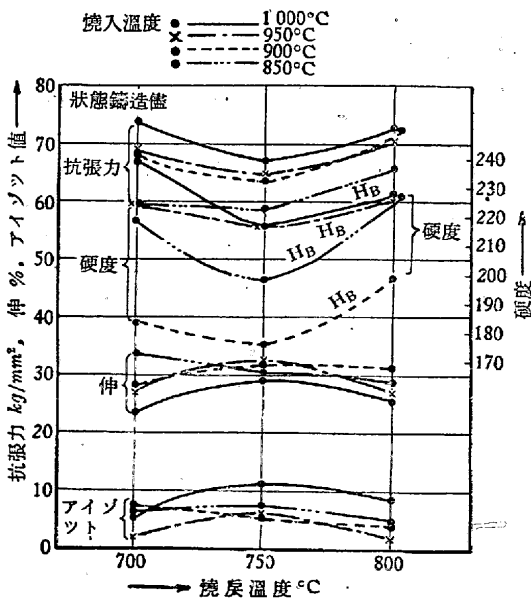
第2圖 削屑不銹鋼試作鑄物

名稱	空氣溜										球形弁										推進器										扇車									
成分	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu								
強度	YP	TS	En	RA	BT	z	BHN	YP	TS	En	RA	BT	z	BHN	YP	TS	En	RA	BT	z	BHN	YP	TS	En	RA	BT	z	BHN	YP	TS	En	RA	BT	z	BHN					
	4190	659	283	57.6	180	520	197	4169	6640	3000	5870	1180	195	240	475	6950	308	6590	180	430	195	4280	6140	2980	5710	180	192	42												
鑄造方案																																								
製品																																								

2. 鑄型 鑄型については上記の外普通鑄鋼の場合と同一方法に依つた。試作製造せる品物及び鑄込要領等は第2圖に示す通りである。

3. 鑄込 鑄込は湯出(温度 1,640~1,650°C)後約5mmにして行ひ、温度は 1,540~1,550°C (E=0.43 光學温度計

第14表 削屑不銹鋼焼入温度(空冷)焼戻温度(爐冷)諸機械的性質に及ぼす影響



に依る)であつた。

4. 斫り 湯口・押湯の切斷は極めて困難であるが厚さ80mm迄は軟鋼棒を切口に接觸せしめつゝガス吹管にて切斷可能であつた。それ以上は炭素電極で「流し切る」を可とする。

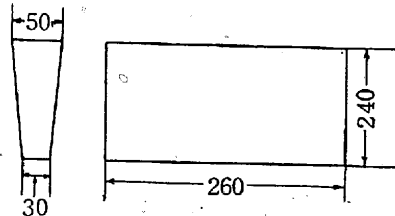
4. 熱處理

なるべく硬度を低める事を目標とし温度を變化せしめて機械的性質を計測した結果第14表に示す通り全部一様に850°C空冷(2h加熱)750°C爐冷(2h加熱)の熱處理を施行しその成績を比較した。勿論これが夫々の材質に適した熱處理ではなく單に比較に便なるために一定にしたもので個別の材料に對する最適の熱處理は別に定むる要あるは勿論である。

5. 分析竝に材料試験

各熔解共一般鑄鋼鑄物の標準試験片に鑄込み上記熱處理を施したものにつき材料試験を施行した。

試験片寸法は次の通り



分析竝に機械的試験成績は第15表の通りである。

6. 海水腐蝕試験竝に顯微鏡組織

第15表中C量を異にする數種の削屑配合不銹鋼鑄物を供試材とし海水腐蝕試験竝に組織を顯鏡した。其の成績は第16表の通りである。

本成績を見るに炭素量0.3%以上のものは海水腐蝕試験に於て炭素量が夫れ以下のものに比し著しく劣る事を示す。炭素量1.0%以上のものゝ腐蝕は一層甚だしい。

組織は低炭素のものに於て多少殘存せるフェライト(α-鐵)が炭素が上昇すると共に次第に消失しマルテンサイト組織になり、且炭化物を析出し硬度を急激に上昇するを示す外、炭化物の析出に依り耐蝕性を著しく損するものと認められる。

7. 可削性不銹鋼

削屑利用の不銹鋼に於て之を不銹鋼鑄物とせる場合、前

第15表 スロム系不銹鋼削屑熔解試驗成績續

試料番號	削屑處理法	削屑配合量	配合材		熔解量	熔解爐	熔解番號	分析成分							熔解番號	狀態	熱處理	機械的試驗				製品名	熔解溫度 °C	
			種別	割合				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr				Cu	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	伸 %			絞 %
1	新地金配合		精鋼材+フェロクロム	0	300	高周波爐	HB 2923	0.10	0.32	0.24	0.008	0.007	0.23	12.85	0.20	43.3	61.70	30.20	65.6	180°	108	190	扇車	1638
2	新地金配合	0	精鋼材+フェロクロム	0	"	"	HB 2919	0.09	0.25	0.31	0.013	0.009	0.45	13.83	0.23	31.80	56.10	35.30	57.30	180°	7.60	172	扇車	1640
3	B 劑洗滌	5	精鋼材+フェロクロム	95	500	"	HC 97	0.10	0.48	0.36	0.011	0.009	0.32	12.80	0.19	41.90	65.90	28.30	57.60	180°	5.20	197	扇車	1650
4	A 劑洗滌	10	不銹鋼屑	90	"	"	HC 9	0.12	0.59	0.35	0.011	0.010	0.45	13.46	0.19	41.6	66.40	30.00	59.20	180°	6.40	195	球型弁	1648
5	A 劑洗滌	25	不銹鋼屑	75	"	"	HC 19	0.13	0.52	0.30	0.012	0.011	0.41	13.30	0.20	41.90	65.90	28.30	57.60	180°	5.20	197	空氣溜	1670
6	C 劑洗滌	30	精鋼材+フェロクロム	70	300	"	HB 2936	0.13	0.60	0.33	0.008	0.012	0.43	12.54	0.18	47.5	69.50	30.8	65.80	180°	4.30	195	推進器	1658
7	C 劑洗滌	50	不銹鋼屑	50	500	"	HC 239	0.15	0.31	0.79	0.009	0.008	0.47	12.20	0.17	47.12	66.5	29.5	70.3	180°	11.0	202	打物用	1652
8	石油洗滌	50	不銹鋼屑	50	300	"	HB 2931	0.20	0.47	0.31	0.013	0.011	0.52	12.96	0.23	52.60	72.50	26.70	54.60	180°	3.70	213	空氣溜	1644
9	B 劑洗滌	50	不銹鋼屑	50	"	"	HB 2883	0.17	0.55	0.39	0.011	0.009	0.41	13.31	0.24	48.50	69.70	28.10	56.90	180°	4.90	205	推進器	1654
10	C 劑洗滌	55	電解鐵	45	"	"	HB 2907	0.11	0.30	0.22	0.017	0.007	0.35	11.81	0.09	37.40	59.60	32.20	64.50	180°	3.90	175	空氣溜	1662
11	處理せず	75	不銹鋼屑	25	300	"	HB 2927	1.19	0.37	0.38	0.012	0.012	0.44	12.95	0.15	52.90	75.10	1.43	1.50	2°折	0.30	255	—	1646
12	遠心分離	"	"	"	"	"	HB 2929	0.84	0.52	0.38	0.013	0.009	0.39	12.86	0.18	43.20	78.10	6.67	5.70	8°折	0.80	246	—	1638
13	燃炭脫油(800°C)	"	"	"	"	"	HB 2942	0.54	0.32	0.31	0.011	0.011	0.40	12.00	0.22	45.50	79.20	9.50	10.30	10°折	0.90	248	—	1644
14	燃炭後水洗	"	"	"	"	"	HB 2669	0.15	0.49	0.35	0.014	0.012	0.26	12.60	0.18	50.70	70.10	29.50	61.8	180°	3.90	205	空氣溜	1638
15	B 劑洗滌	"	"	"	"	"	HB 2935	0.39	0.33	0.31	0.007	0.008	0.39	13.30	0.17	52.60	80.80	14.80	17.40	7°折	0.60	241	—	1658
16	C 劑洗滌	85	精鋼材+フェロクロム	15	500	"	HC 209	0.16	0.37	0.39	0.020	0.007	0.33	13.53	0.18	48.90	69.10	30.80	69.60	180°	12.8	207	打物用	1648
17	處理せず	100	—	0	6000	弧光爐	D 1036	2.04	0.48	0.43	0.031	0.011	0.27	11.39	—	43.10	60.80	0.95	0.50	0	0.10	282	—	1642
18	處理せず	100	—	0	6000	"	D 913	1.96	0.74	0.46	0.028	0.012	0.39	12.59	0.09	44.20	61.70	1.20	0.90	10°折	0.21	269	—	1632
19	B 劑洗滌	40	精鋼材+フェロクロム	60	3000	"	E 2373	0.27	0.40	0.36	—	—	0.31	11.24	0.17	—	—	—	—	—	—	—	—	1640
20	B 劑洗滌	30	"	70	3000	"	E 2377	0.19	0.20	0.37	—	—	0.48	11.75	0.16	—	—	—	—	—	—	—	—	1656

第18表 特殊元素 (S, Pb, Bi) の機械的性質に及ぼす影響 (削屑配合 13% Cr 不銹鋼)

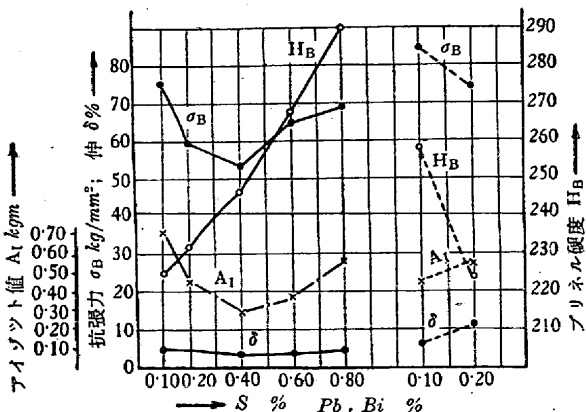
試験 番號	配 合	分 析 成 績						熱 處 理 法	材 料 試 驗 成 績					
		C	Ni	Cr	S	Pb	Bi		抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %	屈試験	アイソ ット値	ブリネ ル硬度
1	削屑鋼 75/25	0.25	0.41	14.28	0.011	-	-	850°C 空冷 750°C 爐冷	74.7	4.04	4.10	4° 折	0.69	224
2	1+S 0.20%	0.25	0.41	14.09	0.218	-	-	"	60.10	"	4.30	5° 折	0.45	231
3	1+S 0.40	0.30	0.40	14.02	0.418	-	-	"	52.9	2.38	2.60	4° 折	0.29	246
4	1+S 0.60	0.33	0.41	14.06	0.563	-	-	"	70.10	2.14	3.10	3° 折	0.38	268
5	1+S 0.80	0.36	0.40	13.28	0.827	-	-	"	69.0	3.57	2.50	3° 折	0.57	290
6	1+Pb 0.20	0.25	0.40	14.09	0.011	0.20	-	"	83.7	5.95	6.20	13° 折	0.44	259
7	1+Bi 0.20	0.27	0.40	13.77	0.011	-	0.20	"	73.0	10.24	10.50	29° 折	0.52	223

第16表 海水腐蝕試験成績 (1)

番号	HC97	HB2907	HC 9	HC 19	HB2936	HB2931	HB2929	HB2927	D1036	
試片										
分析成分	C	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.20	0.84	1.19	2.04
	Si	0.48	0.30	0.59	0.52	0.60	0.47	0.52	0.37	0.48
	Mn	0.36	0.22	0.35	0.30	0.33	0.31	0.38	0.38	0.43
	P	0.011	0.017	0.011	0.012	0.008	0.013	0.013	0.012	0.031
	S	0.009	0.007	0.010	0.011	0.012	0.011	0.009	0.012	0.011
	Ni	0.32	0.35	0.45	0.41	0.43	0.52	0.39	0.44	0.27
	Cr	12.80	11.81	13.46	13.30	12.54	12.96	12.86	12.95	11.39
	Cu	0.19	0.09	0.21	0.20	0.18	0.23	0.18	0.15	-
	配合削屑量	5%	55%	10%	25%	30%	50%	75%	75%	100%
記事	電解鉄配合									
組織 X100 (X10)										

述の通り炭素量が上昇すると急激に硬度を上昇し著しく加工性を害することが最も困難なる問題である。而してもし炭素量が0.25~0.30%にて尙加工性の大なるものあれば著しく作業は容易となり削屑も前述以上多量を配合利用し得る理である。各國の研究報告に見るも此の目的に Pb, S, Se, N₂ 等を添加し切削性を増加せしむることは既に定説

第19表



となり、又最近 Bi が同じく此の目的に用ひられ極めて効果的なることが報告されてゐる。

高 Cr 不銹鋼につき S. Watkins は S が此の目的に有效なりとし 0.10% C, 0.30% C, 1.0% C のものに 0.2~0.4% S を添加し切削性を改善せることを報告してゐる。

著者等は S, Pb 及び Bi を 0.25% C の 13 Cr 不銹鋼に添加し、其の機械的性質及び海水腐蝕試験成績を調査した。

其の成績は第 18, 19 及び 20 表の通りである。

表中 S は FeS の形で 0.2, 0.4, 0.6,

0.8% S の割に取鍋に投入 Pb 及び Bi は金屬鉛及び蒼鉛にて 0.2% を取鍋に投入した。分析の結果は殆ど減量を見ない。

機械的試験成績を見るに S は 0.25% C の削屑不銹鋼に添加した場合 FeS 中の C の爲更に炭素を上昇し抗張力及び衝撃値を損じ、硬度を著しく上昇せしむる外、海水腐蝕試験成績を著しく悪化しありて、本材の添加材としては切削性の改否に拘らず不適當である

Pb 及び Bi は何れも S を添加せるものよりは是等性質は良好にして Bi を加へたるものは更に良好なり。腐蝕試験成績も Bi のものは最も良好であること第 19 表に見る通りである。

猶本項に關して別に系統的に實驗を進めて他日其の結果を發表することにする。

8. 結 論

第 15 表の成績を詳細考察するに次の結論を得た。

第 20 表 海水腐蝕試験成績 (2)

番号	1	2	3	4	5	6	7	HC138	HB2934	
試片										
分析成分	C	0.25	0.25	0.30	0.33	0.36	0.25	0.27	0.10	0.13
	Si	0.61	0.59	0.51	0.49	0.47	0.48	0.49	0.30	0.27
	Mn	0.31	0.30	0.31	0.28	0.28	0.30	0.031	8.77	0.31
	P	0.025	0.027	0.28	0.028	0.028	0.029	0.029	0.013	0.011
	S	0.011	0.218	0.418	0.563	0.827	0.011	0.010	0.009	0.012
	Ni	0.41	0.41	0.40	0.41	0.40	0.40	0.40	0.21	0.26
	Cr	14.28	14.09	14.02	14.06	13.23	14.09	13.77	18.53	18.60
	Pb	—	—	—	—	—	+0.2	—	—	—
	Bi	—	—	—	—	—	—	+0.2	—	—
	抗腐度	100	85	85	95	95	40	60	—	—

1. 削屑脱油処理法

削屑処理法に關しては基礎實驗成績に見る通り、燃燒水洗、化學洗滌劑及び石油により其の方法宜しきを得ば何れも同程度に最低限迄炭素量を下し得る事を知れるも、これを實際の熔解に應用する場合各方法に對する適切なる處理裝置の不完全のため量的の影響を被ること大にして必ずしも結果は一致しなかつた。然れ共成績を通覽するに是等の處理を施せるものは何れも充分脱油の目的を達し要求に應じ得ることを確認した。

2. 熔解法

脱油處理を施せる削屑を熔解するには炭素量をなるべく下位に保ち且クロムの酸化を防止するには高周波電氣爐を最良とするも、弧光爐も亦酸化基中にクロム削屑を暴さず且充分脱酸せる熔鋼中に投入せばクロムの酸化は有効に防止し得るものにして寧ろ炭素量の上昇に關する考慮がより大なることを知つた。

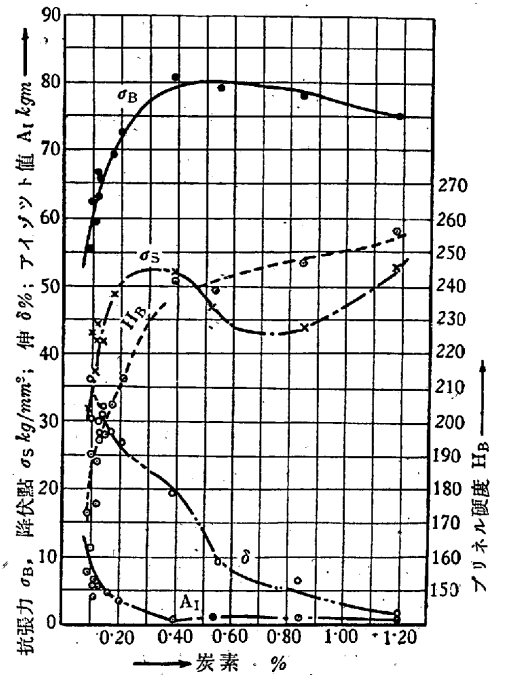
之に對しては削屑の配合率及び酸化期末期の炭素量で調節する外、削屑投入の際電極に接することを極力避け且投入の都度迅速に熔解せしむると共に、鋼滓を白カーバイトとせず dark white に保つ事を注意するならば目的に應ずる製品を得ることを確認した。

3. 削屑配合率

第 21 表は第 15 表の成績より削屑配合の不銹鋼鑄物の材料試験成績と炭素量との關係を求めたもので、本表に依ると諸性質は炭素と極めて深い關係を有する事鍛造材と相似たるも硬度の影響は一層顯著である。

特に炭素量 0.30% 迄は直線的に極めて顯著に硬度抗張力及び降伏點を上昇し、衝擊値、伸は降下してゐる。炭素

第 21 表 炭素量と諸機械的性質との關係 (削屑配合 13% Cr 不銹鋼)



0.40~1.20% の間は同一傾向にあるも其の程度は緩慢である。

之を要するに 13 Cr 不銹鋼鑄物材に於ては切削性其他より考慮しなるべく硬度の低きこと、衝擊値大なることを要望されるを以て炭素量を低くすることは最緊要事である。假に硬度ブリネル 220 以下を採るなれば炭素量は 0.25 以下を要求され硬度 210 以下を採るなれば 0.20 以下とせねばならぬ。

依つて此の見地に於て第 21 表中各様に處理された削屑の配合実績を炭素量と比較検討するに炭素量 0.20 以下とするためには

- (a) 高周波爐に不銹鋼スクラップ (切落し押湯) と共に配合する場合は 50% 迄可能
- (b) 高周波爐に低炭素精鋼材 (C 0.05% 以下) 又は電解鐵と配合する場合は 75% 迄可能
- (c) 鹽基性弧光爐に配合する場合は前項に述べたる製鋼法に依り操業し 30% 迄可能

なることを確認した。

而して C 量 0.20 乃至 0.25 の場合は Bi 0.20% を配合することに依り機械的性質を余り損せずして切削性を改善することが有利である。

4. 熱處理

本試験に於ける熱處理は實驗の便宜上 0.20% C の 13 Cr 不銹鋼に對する基礎試験成績を基とし試片全部に同一

熱處理を施行せる結果個々の材料試験成績値は最上のものとは認め得ず、熱處理に対しては別箇に當該成分のものに就き別に研究するを要するも削屑不銹鋼鑄物としてはなるべく低硬度高衝擊値の材料を目標とし熱處理方法を選ぶべきである。

本實驗の熱處理は硬度低下には可なるも焼戻脆性等の影響も考へられ衝擊値稍低きを以て該脆性を避ける如き熱處理法を施行することに依り衝擊値は相當改善し得べし。

5. 成分

本試験に於ては 13% Cr 不銹鋼の削屑に對する研究なるに付き成分は原材に復歸せしむるには原材の成分とすべきは勿論であるが上述の通り削屑不銹鋼は切削性及び衝擊値の兩方より炭素量のなるべく低きを求められるを以て成分としては C 0.20% 以下低き程好ましいが前述の通り相當の低炭素のもの製造が可能である。熔解中に於ける成分の變化に付き第 15 表の操業成績より求めたる平均歩留は高周波爐に於ては Cr 92.8, Si 85.0%, Mn 90.0%, 弧光爐に於ては Cr 89.7%, Mn 60.0%, Si 54.0% 其の他特種添加劑としての S, Pb, Bi に付きては前述の通り夫々略 100% (但取鍋添加の場合)であつた。

IV. 結 び

以上各種の實績並に結論に従ひ不銹鋼削屑の利用法を考察し次の 4 種を推奨したい。

(1) C 0.15 以下とし一般用不銹鋼材とす。

此のためには削屑 30% 以下を配合し 0.05% C 以下の

精鋼材又は電解鐵を配合し高周波爐に依り熔製するか又は弧光爐に依る場合は C 0.05% 以下に製鋼し還元期初頭に於て C 量を 0.08% 以下に止め仕上期には熔鋼を脱酸劑にて充分鎮靜せしめた後削屑 30% 以下を投入する方法によるがよい。

(2) C 0.20 以下とし不銹鋼鑄物とす。

製造要程は前各項に詳述せる通りにして本利用法は最も廣く利用さるべきものである。尙本項の用途に削屑をより多量利用する目的で Bi 0.20% を添加し C 量 0.25 とし削屑 75% 迄使用することは有効である。

(3) 與クロム材として利用する

(a) 特種鑄鐵用

脱油處理せざる削屑を其の儘弧光爐に熔製せる第 15 表中 17, 18 の如きは其の儘特種鑄鐵に用ひ與クロム材及び鋼性鑄鐵化に甚だ有効である。

(b) 特種鋼用

充分脱油處理した削屑 100% を熔製せる場合の C 量は 0.50 程度なるを以てクロム鋼, クロムモリブデン鋼の與クロム材として甚だ好適である。

(4) 其の他の特種用途

第 15 表 17, 18 の成分のものは其の儘高級ダイス鋼としても好適である。

終りに本研究に有益なる助言を寄せたる武智造機中佐並に直接熔解に従事せる山下數夫・檜吉三代治兩技手に深甚の謝意を表す。

(昭和 16 年 10 月)

高速度工具の青化鹽浴による窒化處理に就いて (抄録)

(尾形康夫・兒玉昇: 三菱重工名發研報 4 (昭 16) 597) 高速度鋼第 2, 第 3 及び第 4 種の 15φ × 10mm 試験片及び現用工具に熱處理後青化鹽浴 (青化ソーダ濃度 50% 及び 25%) 中にて 580°C, 10, 20, 30, 40, 50 並に 60mn 浸漬窒化して實驗した結果

i) 工具表面は硬化し磨滅に對する抵抗を強め刃先の耐久力を増す。然し窒化層は硬脆なる爲過度の窒化は反つて刃先を脆化し切削能力を低下する危険を伴ふ。

ii) 鹽浴の青化鹽量を 25%, 處理溫度を 580°C とした時の處理時間は 30mn が最も適當し、硬化層の厚さ 0.03mm, 處理前に比し

て V.P.H. で 150-170 増加し、第 3 種, 第 4 種では V.P.H. 1050 程度となる。而して處理時間と共に硬化層は厚くなるが、最高硬度は 30mn 以上では略一定である。

iii) 工具の作業能力 (壽命) は 2~25 割増加す。但更に粒度の細かき研磨砥石を用ひれば更に能力が増すものと考へられる。

iv) 窒化の效果は研磨し直し後も續く、又研ぎ下し量も少くなる。

v) 本法は特殊の技術・設備並に多額の經費を要せず、窒化所要時間短き爲 1 個の鹽浴にて 1 日相當量の處理可能、即ち本法は甚だ簡便に行ひ得て且效果甚大なるものと思はれると。