

戻鋼に就ての第 12 圖の實驗結果に照合するに焼入鋼は相當大なる内部歪を藏することの證明にして宛も既に 1 回強大なる荷重を受けたると同一状態にあるものと見るを得るなり。100°C 焼戻及び 200°C 焼戻の試料に於ても同様な現象は見らるゝものなれ共ループの縮小の程度は焼入の儘のものより多少劣るを知る、此等の曲線圖は略すことゝしたり。

以上履歴曲線に依る結果から焼戻鋼の裏返打撃試験結果を説明せん此の試験に於ては打撃勢力は常に同一履歴曲線の場合の同一荷重を裏返しつゝ實驗したることゝ相當すべし。

さて第 7 圖焼戻温度と弾性界との關係圖を見るに弾性界は 400°C 焼戻試料の場合に最高を示し夫以上及び以下共に次第に低下することを知る依つて同一荷重に依る履歴曲線に於ては其のループの面積は逆に 400°C 焼戻試料に於て最小となり夫以上及び以下共に次第に増大すること第六圖の如し、而してループの面積は 1 回の打撃に依り試料の吸収する勢力を表すもの故其の大なるもの程急速に疲勞を起すべき筈なり、而して第 2 圖の實驗の結果も亦然り。

尙又第 1 圖に見る如く打撃勢力の小なる場合には打撃數の極大點は次第に低温度に移動するは前に述べたる如く低温度焼戻のものは比較的強大なる焼入歪を藏し著しく硬度高き爲め此れに比し比較的小なる荷重を繰返す場合にはループは最初次第に縮小し後に増大に轉するもの故其の疲勞は比較的遅く起る結果に他ならず。

耐 鋳 鋼 に 關 す る 研 究 (II)

川 上 義 弘

第 四 節 研 究 の 結 果

(VII) 抗 力 試 験

本試験にありては耐鋳鋼を各種の目的に供するため常温、熱間及低温の各状態に於て其抗力に就き試験を実施せるものとす。

各製造所より得たる材料は其を以て以下の各項に示す如き寸法の試験片を作成し抗力試験を行へり、但し素材の硬度大にして其儘試験片を作成し得ざる場合ありたるを以て其際は之を焼鈍し試験片を作成せり、之を以て常温に於ける抗力試験は供試材を焼鈍せし場合と之を焼入せし場合との二つに分ちて之を実施し、熱間試験にありては常温の場合と熱間に於けるものとの抗力を比較するに過ぎざりしを以て試験片作成の状態に於て抗力試験を実施し其必要なるものみに限り焼入せし試験片に就き之を実施せり。

低温度に於ける試験は實際の場合を顧慮し各種試験片に就き之を実施し衝撃試験のみを採用せり。

其一、常温抗力試験

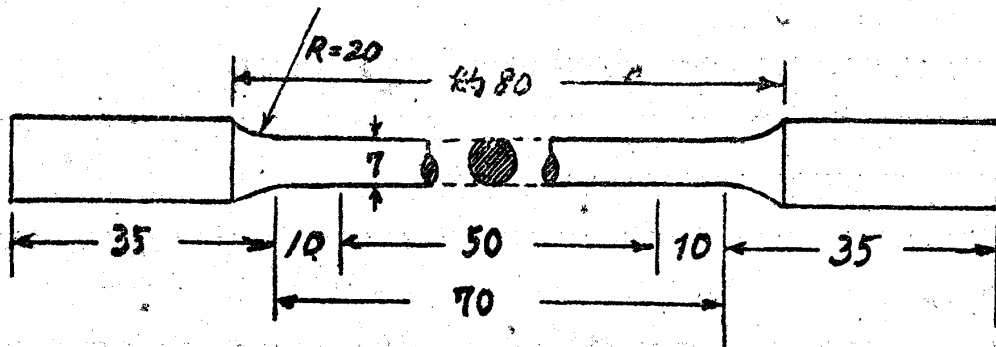
本試験を分ちて抗張試験及衝撃試験の 2 種となす。

(A) 抗 張 試 験

試験機としてはアムスラー抗力試験機(容量 50 吨)を使用し自動記録器に依り弾性界及破断界を測定し伸及断面収縮は普通の如く破断せし試験片に就き之を測定せり。

アムスラー抗力試験機の構造は寫真圖第三十に示すが如く電動機に依り油唧筒を動かし油壓に依り動作せしむるものにして荷重は記録盤面に就き看讀するものとす、又今回實施せし試験の牽引速度は毎分約 2-5 mm なりとす、尙本試験に當り採用せし試験片の寸法次の如し。

試 験 片 の 寸 法 (単 位 mm)



但し本試験片の寸法は材料供給の便宜上並に其節約を計るため割合に小なるものを採用せしも試験の結果得たる抗力値を陸軍假地金規格所載の他種鋼材の金質徴數と比較するため標點距離 50 mm を採用し其横斷面積 S を次式により算出せるものとす。⁽³²⁾

$$L = \sqrt{66.67 S}$$

式中 L は標點距離； S は斷面積とす。

抗張試験の結果は附表第 7 及第 8 に示す如く各元素の含有量に依り差異あるも其焼入せし場合にありては抗張力の最大なる耐鋳鋼は W を含有せるものにして之に次ぐは Cr を主とするか又は之に 5% 以下の Ni を含有せしめたる耐鋳鋼とし其最小なるものは Cr 17% 以上及 Ni 5% 以上を主とする耐鋳鋼なりとす、尙ほ組織上より云へばマルテンサイトのもの抗張力大にしてオーステナイトのもの小なり。又 2.0% 以下の Si 含有量は大なる影響なく同量を超れば抗張力を減少するものゝ如し。今 6 種耐鋳鋼に就き之を例示すれば掲表の如し。

次に伸の大小に就き比較するに、焼入の状態に於ては Cr 及 5% 以上の Ni を主とする耐鋳鋼の伸最大にして Cr を主とするもの及之に 5% 以下の Ni を含有するもの之に次ぎ、W を含有せるものゝ伸最小なるを知る、但し同一鋼種に就きては C の含有量増大すると共に伸は減少するの事實を認めたり、今 5 種耐鋳鋼に就き上記事實を例示すれば次の如し。

[註] (32) 陸軍地金假規格 1921. p. 2.

抗張力 (kg/mm ²)	順位	伸 (%)	鋼種	主要化學成分 (%)		伸 (%)	順位	抗張力 (kg/mm ²)	鋼種	主要化學成分 (%)	
212	1/20	1.7	No. 3	C = 0.63, Ni = 2.58,	Cr = 10.13, W = 3.35.	41.0	1/16	92	No. 3	C = 0.35, Ni = 8.50,	Cr = 17.46.
187	4/20	6.0	No. 16	C = 0.40,	Cr = 14.13.	25.0	5/16	95	No. 8	C = 0.60, Ni = 7.95,	Cr = 20.73, Si = 3.05.
172	6/20	9.0	No. 31	C = 0.15, Ni = 0.61.	Cr = 12.94,	16.0	9/16	108	No. 17	C = 0.22,	Cr = 14.02, Si = 0.87.
155	7/20	2.0	No. 5	C = 0.65,	Cr = 18.58.	11.0	11/16	180	No. 2	C = 0.75, Ni = 1.32,	Cr = 11.40,
115	13/20	24.0	No. 18	C = 0.41, Ni = 5.14.	Cr = 19.22,	1.2	16/16	190	No. 1	C = 0.51, Ni = 2.67,	Cr = 7.54, W = 2.18.
92	18/20	41.0	No. 30	C = 0.35, Ni = 8.50.	Cr = 17.46,						

(順位欄中、分母は供試材の種類を示す)

鋼材をして加工し易からしむるために焼鈍を施せし場合の抗力は附表第8に示す如く、今之を附表第7と對照し焼入及焼鈍兩熱處理を施せる場合各種耐錆鋼の示す抗張力及伸に就き其値を比較するに、No. 8 及 No. 35 耐錆鋼の如く焼入により反て其抗張力を減少し其伸を増加するものあり、此種耐錆鋼にして相當に伸を有するものにありては其抗張力を増大するの目的を以て焼入を行ふの必要なきを知るなり。

次に No. 2, No. 6, No. 9 及 No. 15 耐錆鋼の如き Cr を主とするか又は Ni 及 Si の少量を含むものにありては焼入に依り抗張力を増大し伸を減少するも焼鈍に依り抗張力を減し伸を増加す、此種鋼にありては鋼材の用途に應じ焼入を行ひたる後所望溫度に焼戻を行ひ其伸を増加すると共に所望の抗張力を得せしむるを適當とす、又 No. 1, No. 3 及 No. 4 耐錆鋼の如く Cr 11.0% 以下を含有し W の少量を有するものにありても亦之を 700°C に加熱し緩徐に冷却せば之を焼入せしものに比し抗張力を減少し伸を増大するを知るなり。

之を要するに Cr を主とする耐錆鋼及 W, Si 等を含有せるもの即ち概してマルテンサイト組織を有する耐錆鋼の抗力は其焼鈍せしものに比し其抗張力著しく大にして伸小なるも Cr 及 Ni を多く含有せる耐錆鋼即ちオーステナイト組織を有する耐錆鋼の抗力は兩者に於て大なる差なく焼入せしもの反て抗張力を減少するを知るなり (伸は反對に増加す) 従て後者の場合には其加工性を増大するため之を焼入して使用するの有利なるを知り、又前者の場合にありては鋼材の用途に應じ焼入を行ひたる後所望溫度に焼戻を行ひ其伸を増加すると共に所望の抗張力を得せしむるを適當とす、今實例に就き其結果を示すこと次表の如し。

鋼種	主要化學成分 (%)			抗張力 (kg/mm ²)	弾性界 (kg/mm ²)	伸 (%)	断面收縮 (%)	焼戻溫度 (°C)	鋼種	主要化學成分 (%)			抗張力 (kg/mm ²)	弾性界 (kg/mm ²)	伸 (%)	断面收縮 (%)	焼戻溫度 (°C)
	C	Cr	Ni							C	Cr	Ni					
No. 16	0.40	14.13	0.22	—	—	—	—	焼戻せず	No. 31	0.15	12.94	0.61	172	164	9	49	焼戻せず
"				187	177	6	34	200	"				161	148	10	49	200
"				175	155	7	22	400	"				154	140	11	51	400
"				105	91	13	55	600	"				97	89	14	64	600

備考 No. 16 耐錆鋼は 1,000°C(油), No. 31 耐錆鋼は 950°C(油)にて焼入を行ひたるものとす。

附 表 第 7 各種耐鋳鋼常溫抗張試驗成績表

耐 鋳 鋼 其 一、(燒 入 せ し も の)

鋼 種	主 要 化 學 成 分 (%)						抗張力 (kg/mm ²)	彈性界 (kg/mm ²)	伸及(斷面收縮)(%),○内は伸量の大小順位を示す	燒入溫度 (水、油又は大氣中)
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu				
No. 3	0.63	10.13	2.58		3.35	—	212		1.7 ⑮	1,100°C (氣)
No. 1	0.51	7.54	2.67		2.18	—	190		1.2 ⑯	1,050°C (氣)
No. 4	0.76	8.31	2.51		3.88	—	184		1.7 ⑭	1,000°C (氣)
No. 16	0.40	14.13					187	177	6.0 ⑳	1,000°C (油)
No. 2	0.75	11.40	1.32				180		11.0 ⑩	1,000°C (氣)
No. 31	0.15	12.94	0.61				172	164	9.0 ⑪	950°C (油)
No. 5	0.65	18.58					155	45	2.0 ⑬	940°C (油)
No. 15	0.31	14.46		1.85			146	141	0	1,000°C (油)
No. 11	0.62	17.49		0.55			134	76	20. ⑤	940°C (油)
No. 6	0.53	14.84	0.59			0.04	124	58	2.6 ⑫	1,000°C (油)
No. 23	0.10	13.09					119	107	— (52)	950°C (氣)
No. 17	0.22	14.02		0.87			108	91	16. (4) ⑨	1,050°C (氣)
No. 18	0.41	19.22	5.14				115		24. ⑥	1,050°C (油)
No. 7	0.50	12.72	9.95				100	59	32 ③	1,000°C (油)
No. 8	0.60	20.73	7.95	3.05		0.05	95	67	25 ⑤	1,000°C (油)
No. 35	0.13	17.59	7.35				95	24	96 ①	1,100°C (水)
No. 30	0.35	17.46	8.50				92	50	41 (43) ②	1,100°C (水)
No. 9	0.70	15.24		2.58			90	50	21 ⑦	940°C (油)
No. 32	0.28	12.11	36.72				72	45	25 ④	900°C (水)

備考 No. 16 耐鋳鋼は燒入の儘之を抗張試驗に附すること困難なるを以て燒入の後之を 200°C に燒戻せしものとす。

耐 鋳 合 金

種 類	主 要 化 學 成 分 (%)						抗張力 (kg/mm ²)	彈性界 (kg/mm ²)	伸及(斷面收縮)(%),○内は伸量の大小順位を示す
	Cu	Ni	Al	Fe	Si	P			
No. (1)	80.91	5.20	10.66	3.16	0.07	痕跡	82	—	14 (—) ③
No. (2)	85.88	4.29	7.23	2.60	—	痕跡	63	26	38 (42) ①
No. (3)	84.21	5.14	5.29	5.21	—	0.15	67	42	22 (31) ②

附表 第 8

各種耐鑄鋼常溫抗張試驗成績表

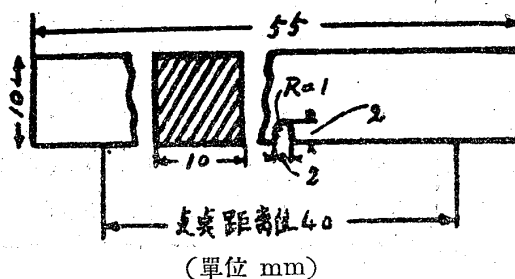
其二、燒鈍せしもの(素材を含む)

鋼種	主要化學成分(%)						抗張力 (kg/mm ²)	彈性界 (kg/mm ²)	伸 (%)	斷面 收縮 (%)	燒鈍 溫度 (°C)
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu					
No. 27	0.14	12.18	1.97				134	91	36	9	900
No. 3	0.63	10.13	2.58		3.35	—	121	99	3	12	700
No. 2	0.75	11.40	1.32			—	120	115	49	—	900
No. 8	0.60	20.73	7.95	3.05		0.05	119	60	22	25	1,050
No. 6	0.53	14.84	0.59				105	91	5	—	1,050
No. 18	0.41	19.22	5.14				97	65	34	28	1,050
No. 30	0.35	17.46	8.50				97	53	28	29	1,050
No. 35	0.13	17.59	7.35				96	33	56	45	素材
No. 7	0.50	12.72	9.95				91	52	30	26	素材
No. 13	0.55	14.99	20.66				87	64	24	44	素材
No. 5	0.65	18.58					73	68	19	56	素材
No. 20	0.32	18.00	10.79				72	—	47	—	素材
No. 9	0.70	15.24		2.53			70	52	53	27	1,050
No. 20	0.32	18.00	10.79				68	38	57	47	1,050
No. 19	0.45	15.61					67	49	37	18	900
No. 15	0.31	14.46		1.85			66	40	53	24	900
No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34	66	35	55	30	900
No. 16	0.40	14.13					66	33	41	24	1,050
No. 13	0.55	14.99	20.66				66	32	54	34	1,050
No. 11	0.62	17.49		0.55			66	32	50	30	900
No. 17	0.22	14.02		0.87			64	39	30	72	素材
No. 21	0.08	11.78	0.20				57	38	29	79	素材
No. 22	0.27	14.42					57	31	68	11	900
No. 14	0.39	13.74					52	31	59	26	900
No. 23	0.10	13.09					45	28	66	20	900

(B) 衝擊試驗

本試験に使用せし試験機はシャルピー式衝擊試験機にして試験片の寸法は陸軍地金假規格に基き右記寸法のものを採用せり。

本試験の結果は附表第9に示す如く其値に就き大中小の3値を表示すれば次表の如し、但し耐鑄鋼中焼入して使用すべきものの試験片は皆之を焼入し其儘使用すべきものの試験片にありては素材より之を採取し其儘本試験に附せしものとす。



(單位 mm)

鋼 種	主 要 化 學 成 分 (%)						衝 撃 値 (kg. m/cm ²)
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu	
No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34	16.9
No. 14	0.39	13.74					4.0
No. 31	0.15	12.94	0.61				3.4
No. 11	0.62	17.49					0.8
No. 3	0.63	10.13	2.58		3.35		0.8

左表を見るに Cr 以外 Ni 5% 以上を含有せるもの則ちオーステナイト組織を有する耐鑄鋼の衝撃値最も大にして Cr を主とするか又は Ni 5% 以下を含む耐鑄鋼の衝撃値は中位にあり、尚ほ Cr を主とする耐鑄鋼にして C 及 Cr 含有量共に多きか又は Cr 含有量 11.0% 以下にして W を含有せるもの

(何れもマルテンサイト組織を有す) 衝撃値最小なるを知るなり。

次に衝撃値中位の耐鑄鋼に就き前記抗張試験の場合と同様に焼戻による衝撃値の變化を測定せしに(硬度の變化は参考のため之を附記せしものとす)次表に示すが如く焼戻溫度の増大と共に其衝撃値を増加するを知るなり、之を以て用途に應し必要なる衝撃値を保たしむる如く其焼戻溫度を決定するを要す、殊に耐鑄試験の部に於て記述せし如く低溫度の焼戻は耐鑄鋼の耐鑄性を減少すること少なければなり。

鋼 種	主 要 化 學 成 分 (%)	衝 撃 値 (kg. m/cm ²)	硬 度	焼 戻 溫 度 (°C)	鋼 種	主 要 化 學 成 分 (%)	衝 撃 値 (kg. m/cm ²)	硬 度	焼 戻 溫 度 (°C)
No. 16	C=0.40, Cr=14.13,	1.1	565	焼戻せず	No. 31	C=0.15, Cr=12.94,	3.4	417	焼戻せず
"	Ni=0.22	1.1	540	200	"	Ni=0.61.	3.8	402	200
"		4.6	523	400	"		4.2	382	400
"		4.8	335	600	"		7.2	263	600

備考 No. 16 耐鑄鋼は 1,000°C (油). No. 31 耐鑄鋼は 950°C (油) にて焼入を行ひたるものとす。

附 表 第 9 衝 撃 試 験 成 績 表

其 一、 燒 入 せ し も の は 衝 撃 値

耐 鑄 鋼

鋼 種	主 要 化 學 成 分 (%)						衝 撃 値 (kg. m/cm ²)	燒 入 溫 度 (水、油又は 大氣中)	鋼 種	主 要 化 學 成 分 (%)						衝 撃 値 (kg. m/cm ²)	燒 入 溫 度 (水、油又は 大氣中)
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu				C	Cr	Ni	Si	W	Cu		
No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34	16.9	870°C(水)	No. 31	0.15	12.94	0.61				3.4	950°C(油)
No. 70	0.50	12.72	9.95				13.7	1,000°C(油)	No. 90	0.70	15.24		2.58			3.0	950°C(油)
No. 12	0.62	12.81	10.13	0.95		3.12	11.0	1,100°C(油)	No. 22	0.27	14.42					2.8	950°C(油)
No. 30	0.35	17.46	8.50				10.8	1,100°C(水)	No. 10	0.51	7.54	2.67		2.18	—	1.5	1,000°C(氣)
No. 18	0.41	19.22	5.14				7.7	1,000°C(水)	No. 40	0.75	8.31	2.51		3.88	—	1.4	1,000°C(氣)
No. 80	0.60	20.73	7.95	3.05		0.05	7.6	1,000°C(油)	No. 16	0.40	14.13					1.1	1,000°C(油)
No. 23	0.39	13.09					6.7	950°C(油)	No. 50	0.65	18.58					1.1	940°C(油)
No. 14	0.39	13.74					4.0	950°C(氣)	No. 11	0.62	17.49					0.8	1,000°C(油)
No. 27	0.14	12.18	1.97				4.0	900°C(油)	No. 30	0.63	10.13	2.58		3.35	—	0.8	1,100°C(油)

附表第 10 衝 擊 試 驗 成 績 表

其二、素材の儘及耐鑄合金の衝擊

耐 鑄 鋼

鋼 種	主要化學成分 (%)				衝擊値 (kg.m/cm ²)	狀 態	鋼 種	主要化學成分 (%)				衝擊値 (kg.m/cm ²)	狀 態
	C	Cr	Ni	Si				C	Cr	Ni	Si		
No. 21	0.08	11.78			22.7	素材	No. 15	0.31	14.46		1.85	7.8	素材
No. 20	0.32	18.00			17.1	素材	No. 13	0.55	14.99	20.66		6.7	素材
No. 17	0.22	14.02	*	0.87	15.7	素材	No. 16	0.40	14.13			4.6	素材

耐 鑄 合 金

	Cu	Ni	Al	Fe	Si	Pb	Sn	P	衝擊値 (kg.m/cm ²)	狀 態
No. (1)	80.91	5.20	10.66	3.16	0.07			痕跡	2.5	630°C (水焼入)
No. (2)	85.88	4.29	9.23	2.60			痕跡	10.1		
No. (3)	84.21	5.14	5.29	5.21		0.15		4.7		

其二、低溫度抗力試験

本試験は耐鑄鋼よりなる製品を低溫度に於て使用する場合を顧慮し同鋼の低溫度に於ける抗力を知らんがため行ひたるものにして低溫度として採用せし溫度は零下 40°C 及 80°C を以てせり、之れ前者は西比利亞ネルテンスクに於ける早朝時の最低溫度⁽³³⁾ にして尙夜間及更に寒冷なる場合を顧慮し其 2 倍たる 80°C をも採用せしものにして之れ以下に於ける溫度の測定は困難ならざりしも試料の制限と實用的價値を顧慮し上記 2 溫度を採用せり。

低溫度の測定には W. C. Heraeus 式低溫度計を使用し液體空氣を以て冷却せる衝擊試験片を空氣中に出せし後 (室溫 15-26°C) 試験片溫度の變化と時間との關係を看讀し衝擊瞬間に於ける試験片の溫度を決定せしものとす、⁽³⁴⁾ 之がため耐鑄鋼を以て衝擊試験片 (試験片の形狀は常溫衝擊試験の場合と同一なり) を作成し其一端に小孔を設け之に低溫度計の熱電對を挿入し其の位置をして切缺部に到達せしむ。

即ち耐鑄鋼製衝擊試験片を以て約 30 分間液體空氣中 (液體空氣の溫度は零下約 200°C なり) に保持し直ちにシャルピー衝擊試験機、試験片臺上に乗せ同時に低溫度計により溫度の上昇と之に要せし

〔註〕 (33) ネルテンスクに於ける氣溫 (大正 8 年) 次の如く

月 日	1 月 27 日	1. 28	1. 29	1. 30	2. 3	2. 9	2. 10	2. 11	2. 12	2. 15
時	午前 7 時 00 分	" 7.05	" 7.00	" 7.00	" 7.05	" 7.00	" 7.00	" 7.00	" 7.00	≥ 7.00
溫度°C	-35°	-40°	-37°	-35°	-33°	-35°	-41°	-33°	-34°	-34°

(大正 9 年 10 月 3) 日陸軍技術本部印刷、金屬桿擊突試験報告)

〔註〕 (34) 大正十四年五月二十七日科學協義會印刷、理學博士、本多光太郎氏 低溫度に於ける鋼の衝擊試験なる記事を參考す

時間との關係を決定せり、其結果次の如く異種耐鑄鋼にありても温度の上昇割合に大差なく試験片臺上に於て経過せる時間により試験片の温度を判断することを得以て、 -80°C 及 -40°C の兩温度に於ける衝撃試験を実施せり、但し實驗の時期により温度の上昇に遲速あるべきを以て時々點檢の後試験を実施せり。

時 間		秒	秒	秒	秒	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分
		0	15	30	45	1.0	1.15	1.3	1.45	2.0	2.15	2.30	2.45	3.0	3.15	3.30
温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	No. 1	—	-10	-70	-95	-99	-93	-82	-70	-57	-46	-35	-25	-18	-11	-5
	No. 2	—	—	-70	-90	-93	-87	-75	-65	-57	-48	-39	-30	-22	-15	-9
	No. 3	—	-10	-70	-93	-95	-87	-76	-64	-52	-43	-33	-23	-15	-7	-3
	平均	—	-10	-70	-93	-96	-89	-78	-66	-56	-46	-36	-26	-18	-11	-6

衝撃試験の結果は附表第 11 に示す如く温度の低下と共に衝撃値を降下するも各種鋼材により同一ならず、然れ共其概略零下 40°C に於ける衝撃値は常温に於ける衝撃値に比し其 $1/2$ の乃至 $2/3$ に、零下 80°C に於ては常温に於ける衝撃値の $1/3$ 至乃 $1/2$ に減少するを知るなり、斯の如く耐鑄鋼の大部は零下 40°C 又は 80°C に於て尙ほ相當の衝撃値を有し且つ C 含有量少なききか Ni $>5\%$ 又は少量の Si 若しくは Cu を含有せるもの温度の低下に因る衝撃値の低下割合に少なく組織上より云へばフェライト又はオーステナイト組織を有するもの衝撃値の低下少なきものゝ如し。

附 表 第 11 各種耐鑄鋼低度衝撃試験成績表

鋼 種		主要化學成分 (%)				熱處理法	衝 擊 値 ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$)		
		Cr	C	Ni	Si		常 温	-40°C	-80°C
第一種 (a)	No. 16	14.11	0.40			燒入せず	4.6	3.3	2.9
	No. 21	11.78	0.08			燒入せず	22.6	18.7	11.5
第二種 (a)	No. 27	12.18	0.14	1.97		燒 入	4.0	—	1.4
第二種 (b)	No. 23	18.0	0.32	10.79		燒 入	17.1	10.2	—
第三種 (a)	No. 9	15.24	0.70		2.58	燒 入	3.0	1.4	0.8
	No. 15	14.46	0.31		1.85	燒 入	0.4	0.3	0.2
	"					燒入せず	7.8	5.7	4.6
	No. 17	14.02	0.22		0.87	燒入せず	15.7	8.7	5.6
第三種 (b)	No. 3	10.13	0.63	2.58	(W=3.35)	燒 入	0.8	—	0.3
第三種 (c)	No. 12	12.81	0.62	10.13	0.95 (Cu=3.12)	急 冷	11.0	10.5	—
	No. 26	15.15	0.28	8.24	1.73 (Cu=1.34)	急 冷 燒 入	16.9	—	1.4

其三、熱間抗力試験

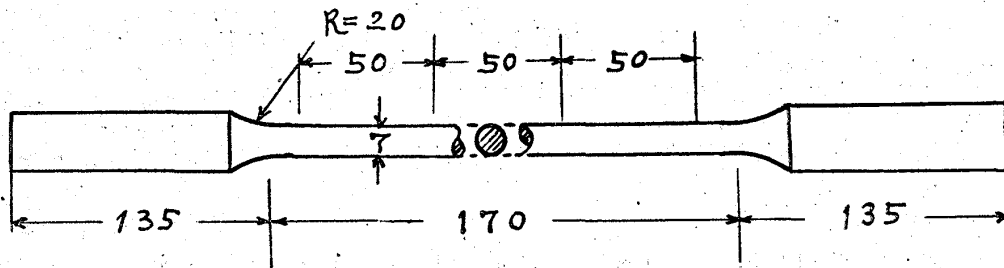
耐鑄鋼は普通鋼に比し熱間に於ける抗力大なるを以て發動機弁用地金、タービン翼等其他高熱を受くべき部分に使用して有効なるものと考へらる、今其眞價を極めんため本試験を實行せり。

(A) 抗張試験

試験片は上下の取付具を損せざるため相當に平行部長を長からしむるを要すると熱間に於ける延伸は割合に大なるべきを顧慮し使用すべき試験機は有効距離の相當大なるを要する外各抗力の指示を明瞭ならしめるため常溫抗力試験に於けると同様アムスラー試験機を使用せり(同機の有効距離は約 80 cm に及ぶ)。

試験片の寸法は前記試験機に適合すべく亦供給材料仕上作業等を顧慮し次圖の如きものを採用せり、之を常溫試験のものに比するに平行部長著しく大なるの差あるも標點距離及斷面積同一なるを以て兩者の成績は直ちに之を比較することを得るものとす。

試験片の寸法(單位 mm)



採用せし溫度は鋼材の變態點を顧慮し且つ他所に於ける成績をも参照せんため次記各溫度を採用せり。

300°C, 500°C, 600°C, 800°C.

今上記溫度と變態點との關係を實例を以て示せば曲線圖第 39 に示す如し。

試験片をして上記溫度を得せしむるため特に製作せし電氣爐を使用せり、則ち外徑 35 mm 長さ 200 mm の磁製管を爐體とし之に太さ約 1 mm のニツクローム線を約 5 mm を間して纏捲し其間隔にはカオリン及石綿を水にて捏和せしものを以て充し絶縁體を形成せしむ、又爐體の外周は鐵板にて覆ひ其間に石綿を詰め保温に供せり尙ほ爐體の中央には徑 5 mm の小孔を穿ち以て高溫度計を挿入し得せしむ。

本電氣爐に依り加熱試験を實施するため試験片を電壓 100 ボルト、電流の強さ約 15 アムペアを用ひ約 30 分間加熱せしに其溫度をして、800°C に高むるを得、尙ほ最高溫度は略々爐の中央にあるを確め特にニツクローム線の捲き方により等溫度を作成せざりき。

本電氣爐を使用する結果取付具の部分は相當に加熱せらるゝを以て保存上試験片頭部を水冷せり、則ち鉛管を以て蛇管を形成し冷水を以て絶へず之を冷却せしに試験片の溫度 800°C に達するも取付部の溫度 50°C に過ぎざるの好結果を得たり。

試験片温度の測定は精密を要するを以て白金及白金ロヂウム合金の熱電對を用ひ相應する電壓計に

金屬の種類	Sn	Pb	Zn	Al	Cu
熔融點(°C)	231.9	327.3	419.4	658.9	1,083.0

依り米國 Bureau of Standards より購入せし次記標準金屬を用ひ其温度を調整せしものとす。

のとす。

本試験により得たる結果は附表第 12 に示す如く尙ほ曲線圖を以て圖示せば曲線圖第 40 及第 41 に示す如し、則ち冷間に於ける抗張力(附表第 12 及曲線圖第 40 参照)最大なる No.31 耐鋳鋼(Ni=0.61% を含有す)は 500°C に至る迄其値大差なく 600°C に至り急に之を減少す又抗張力之に次く No.3 及 No.18 耐鋳鋼(前者は W 3.35% を後者は Ni 5.14% を含有す)も 300°C 及び 500°C に於ては急激に之を減少し 500°C に於ては反て No.8, No.10⁽³⁵⁾ 及 No.16 耐鋳鋼大なる値を示し曲線の形狀よりすれば No.8 耐鋳鋼成績最も良好なり、而して No.8 耐鋳鋼は Ni>5% 及 Si 3.05% を含有せる外 No.10 耐鋳鋼は Si=1.27% を含有す、又耐鋳鋼中熱間に於ける抗張力下位にあるは No.23, No.11, No.17, No.5 の各種にして何れも Ni を含有せざる種類に屬す、尙ほ本成績を半硬鋼のものに比すれば半硬鋼の抗張力は各温度に於て耐鋳鋼の大部に比し劣れるを見る、砲身鋼にありては高温度に於ける抗張力、半硬鋼に比し稍々上位にあるも尙ほ各種耐鋳鋼に比すれば熱間に於ける抗張力割合に少なきを知るなり。

伸の値(附表第 12 及曲線圖第 41 参照)に就きては各種耐鋳鋼共に 100°C 迄の温度にありては其の値は常温に於けるものと大差なきも 200°C 及 300°C に於て稍々大なる變化を見、次て約 600°C に至り著しく伸の値を増大す。

今各種耐鋳鋼に就きて記述せば高温度に於ける伸の値は No.11, No.21, No.9 及 No.17 耐鋳鋼の如く Ni を含有せざる鋼に於て其増大著しく No.6, No.18, No.30 及 No.31 耐鋳鋼の如く Ni を含有せる耐鋳鋼は之に反す。

本試験に際しては試験片は素材の儘の状態に於て採取するか又は加工のため之を焼鈍し定寸に仕上げたるものにして之れ其目的たる熱間に於ける抗力と常温に於ける抗力とを比較するにありしを以てなり、假令之に焼入を施すも高温度に於ては容易に焼戻作用を受け本目的に對し大なる差異なければなり。

本試験の際各耐鋳鋼に就き断面收縮部の形狀と酸化の景況を検せしに寫眞圖第三十一に示す如き結果を得たり又断面收縮率の大小に就きては附表第 12 に示せるものゝ如し、但し断面收縮部の形狀に種々あり、寫眞圖第三十一に示す如く、收縮部の頗る長きものあり、著しく短かきものあり今之を各種鋼に就き分類すれば次の如し。

[註] (35) No. 10 耐鋳鋼の主要化學成分次の如し C=0.58%, Cr=15.50%, Si=1.27%.

(A) 頗る長きもの、 No. 9 及 No. 17 耐鑄鋼 (Cr-Si 鋼)

(B) 稍々長きもの、 No. 10 及 No. 15 耐鑄鋼 (Cr-Si 鋼)

(C) 短きもの、 No. 14 及 No. 22 耐鑄鋼 (Cr 鋼)

(D) 著しく短きもの、 No. 8, No. 27 及 No. 7 耐鑄鋼 (Cr-Ni 鋼)

本結果に依れば Cr, Si 鋼の断面收縮部の長さは長くして此種鋼材の高温度に於ける断面收縮率は他のものに比し大なり、換言すれば高温度に於て靱性を要求するものにありては Si の多少を含有するを適當と認めたり、之に反し Ni の多量を含めるものは断面收縮率小従つて伸小なることを示すものとす。⁽³⁶⁾

又本加熱 (800°C) に因る鋼材酸化の景況を見るに酸化の度量も少なきは No. 9 耐鑄鋼にして之に次ぎ No. 10, No. 8, No. 7, No. 5, No. 14 及 No. 6 の順序を以て酸化の度漸次少なきを知るなり乃ち Si は酸化に對しても有放なるを知るなり。

半硬鋼断面收縮部の形狀は略々 No. 9 耐鑄鋼に等しく其酸化度は前記各耐鑄鋼の何れよりも大なるを知れり。

附表第 12

各種耐鑄鋼熱間抗力試験成績表

(半硬鋼及砲身鋼を含む)

鋼種	主要化學成分	抗張力 kg/mm ²	弾性界 kg/mm ²	伸 (%)	断面 收縮 (%)	温度 (°C)	鋼種	主要化學成分	抗張力 kg/mm ²	弾性界 kg/mm ²	伸 (%)	断面 收縮 (%)	温度 (°C)
No. 3	C = 0.63%	121	99	3	12	常溫	No. 7	C = 0.50%	91	52	26	39	常溫
	Cr = 10.13%	83	47	10	27	300		Cr = 12.72%	74	52	18	42	300
	Ni = 2.58%	60	29	18	49	500		Ni = 9.95%	59	39	23	59	500
	W = 3.35%	47	21	27	62	600			52	38	20	63	600
		10	12	50	49	800			18	17	28	42	800
No. 5	C = 0.65%	73	68	19	56	常溫	No. 8	C = 0.62%	95	68	23	17	常溫
	Cr = 18.38%	51	36	18	52	300		Cr = 20.73%	75	49	29	42	300
		45	23	19	55	500		Ni = 7.95%	69	42	25	31	500
		20	16	31	80	600		Si = 3.05%	62	44	19	27	600
		19	8.4	—	78	800			26	26	27	45	800
No. 6	C = 0.53%	88	62	16	52	常溫	No. 9	C = 0.70%	87	50	21	44	常溫
	Cr = 14.84%	78	55	12	49	300		Cr = 15.24%	59	44	12	43	300
	Ni = 0.59%	58	49	14	53	500		Si = 2.58%	50	42	14	49	500
		41	36	21	84	600			30	29	23	69	600
		11	9	21	96	800			8	7	75	97	800

[註] (36) C.E. Macquigy 氏は同様に Ni の高温度に於て伸を減ずることを發表せり—"The Metal Industry"

No. 10	C = 0.58%	98	66	15	40	常溫	No. 20	C = 0.32%	72	33	47	53	常溫
	Cr=15.50%	77	49	15	30	300		Cr=18.0%	59	22	39	59	300
	Si = 1.27%	75	62	14	38	500		Ni=10.79%	51	18	33	45	500
		44	39	36	67	600			20	14	31	45	600
		8	7	50	96	800							800
No. 11	C = 0.62%	74	70	20	34	常溫	No. 21	C = 0.02%	57	38	29	79	常溫
	Cr=17.49%	55	31	23	59	300		Cr=11.78%	38	29	29	78	500
		39	26	26	68	500			23	21	35	88	600
		30	20	30	78	600			7	2	71	97	800
		8	5	80	92	880							
No. 12	C = 0.62%	—	—	—	—	常溫	No. 22	Cr = 0.27%	72	52	24	62	常溫
	Cr=12.81%	75	52	20	38	300		Cr=14.42%	59	26	—	62	300
	Ni=10.13%	—	—	—	—	500			44	26	22	69	500
	Si = 0.95%	47	26	16	22	600			27	20	32	84	600
	Cu = 3.12%	13	10	44	53	800			7	5	30	97	800
No. 13	C = 0.55%	87	70	20	43	常溫	No. 23	C = 0.10%	49	39	30	75	常溫
	Cr=14.99%	66	36	—	49	300		Cr=12.12%	40	21	27	74	300
	Ni=20.66%	54	29	27	45	500			30	16	28	74	500
		46	35	20	41	600			17	10	45	92	600
		16	10	44	64	800			5	3	33	99	800
No. 14	C = 0.39%	55	29	30	75	常溫	No. 26	C = 0.28%	73	39	39	59	常溫
	Cr=13.74%	60	49	14	72	300		Cr=15.15%	68	18	26	59	300
		48	40	15	74	500		Ni = 8.24%	47	18	31	59	500
		36	34	18	80	600		Si = 1.73%	39	17	40	55	600
		9	8	35	97	800		Cu = 1.34%	12	9	49	43	800
No. 15	C = 0.31%	70	39	27	62	常溫	No. 27	C = 0.14%	78	59	32	62	常溫
	Cr=14.46%	61	31	20	62	300		Cr=12.18%	67	47	17	68	300
	Si = 1.85%	48	29	37	65	500		Ni = 1.97%	42	38	22	68	500
		26	20	39	87	600			23	21	35	62	600
		5	4	37	99	800			10	7	26	22	800
No. 16	C = 0.40%	91	77	17	52	常溫	No. 30	C = 0.35%	82	60	18	6	常溫
	Cr=14.13%	83	65	13	49	300		Cr=17.46%	78	32	31	29	300
		70	57	12	51	500		Ni = 8.50%	65	23	26	27	500
		46	42	23	84	600			52	23	14	14	600
		11	7	30	97	800			32	23	10	9	800
No. 17	C = 0.22%	64	39	30	72	常溫	No. 31	C = 0.15%	133	112	9	43	常溫
	Cr=14.02%	52	39	24	70	300		Cr=12.94%	140	130	—	14	300
	Si = 0.87%	43	29	25	75	500		Ni = 0.61%	132	112	6	6	500
		26	18	35	88	600			44	26	19	77	600
		6	3	67	99	800			21	13	20	79	800
No. 18	C = 0.41%	115	67	23	40	常溫	砲身鋼	C = 0.34%	61	38	27	57	常溫
	Cr=19.22%	78	51	27	43	300		Ni=3.10%	61	35	15	49	300
	Ni = 5.14%	64	41	24	51	500		Cr=0.52%	42	23	17	38	500
		51	39	20	51	600		Mn=0.24%	24	21	19	41	600
		24	8	4	74	800		Si=0.26%	7	5	52	99	800
							P=0.025%						
							S=0.027%						

半硬鋼	C=0.48%	72	48	24	52	常溫
	Si=0.15%	54	29	20	52	300
	Mn=0.34%	45	23	23	67	500
	P=0.019%	26	22	27	82	600
	S=0.040%	9	5	58	99	800

(B) 硬度試験並に鍛造温度及焼戻色の決定

(a) 硬度試験、各種耐錆鋼の熱間に於ける硬度を測定し之と常溫に於けるものとの差異を知

り以て適當なる用途を決定し尙設計の資に供する外、各種耐錆鋼に就き適當なる鍛造温度をも決定せんとするものにして次の如く各種温度に於ける硬度を測定せり。

常溫(15°-20°C), 150°C, 300°C, 400°C 50.°C, 600°C 750°C, 900°C, 1050°C,

但し 750° 以下は主として用途の決定並に設計の資料に供する外、焼戻色の判定に供し、750° 以上は鍛造温度の決定に資せんとするものなり。

兵器使用上高温度に達するものに就き其最高温度を示すこと次の如し。

發動機排氣弁

約 800°C⁽³⁷⁾

機關銃々身

約 400°C⁽³⁷⁾

硬度試験に使用せし装置は東京帝國大學工學部冶金科實驗室備付のものにして其の概要寫眞圖第三十二に示す如く太さ約 25 mm の導桿に沿ふて落下する重量約 4,735 kg の重錘 A の落下により其下部に装着せる徑 10 mm のブリネル鋼球を以て試料に凹痕を生ぜしめ其徑の大小により硬度を比較するものにして、此際重錘の反撥せし高度の大小も亦硬度に關係あり、從て其高度を知るため重錘は自動的に反撥せし高度に止まり其値を示すものとす。(次々頁附圖第二参照)

落下せしむべき重錘の高さは試験すべき材質の硬軟により決定すべく今回の實驗に際しては 500 mm の高度を採用せり。

試料を加熱するためには電氣爐を用ひ附圖第二其一に示す如く補助試料を採用し之に深く穿孔して高温計の熱電對を裝入し以て之に密接せる試料の温度を表示せしむ、蓋し試料の温度は爐内の温度と一致せざる虞あるを以て試料に穿孔し之に高温計の熱電對を裝入し直接其温度を測定するの要あるも各試料毎に之を行ふは繁雜なるのみならず打撃の際試料の變歪のため不正確なる硬度を示すことあり、或は反撥による高度は穿孔のため實値を示さざるの懸念ありたるを以て止むを得ず上記の方法に依り先づ爐の温度を漸次上昇して補助試料の温度を看讀し同時に別に豫熱爐を用ひ豫め試験すべき試料を所望温度に加熱し同温度に保つこと約 30 分にして速かに試験臺上補助試料に密接して之を置き所望温度に保持すること 10 分間にして爐蓋を除き重錘を落下せしめ以て反撥高を記録せし後之を爐外に出し次の試料を同様に實驗し(豫熱爐は電氣爐にして其内常に 3 個の試料を裝入し順次に實驗を行ふ) 試料の冷却を待ち印痕の徑を測定すると同時に焼戻色に就き觀察す。

[註] (37) Mahoux 氏は硬度の變化より弁の頭部は少くとも 704°C に加熱せらるゝことを述べ尙ほ高壓の發動機に於ては 798°~827°C に達することを記載せり。— The Iron Age, Feb. 4, 1926.

(38) 1 分乃至 2 分の連續射撃にて 500 發を發射せし場合 陸軍技術本部高關中佐研究—1926.

硬度試験機に装せし電気爐の下底試験臺より熱の傳導に因り試料温度の低下を防ぐため試料と試験臺とは雲母により之を絶縁せり。

試験の結果は附表第 13 に示す如く尙ほ之を曲線圖を以て示せば線曲圖第 42* に示すが如し。

硬度を測定せし耐鋳鋼は各耐鋳鋼に對する代表的のものにして其番號及主要なる化學成分次の如し。

番 號	鋼 種	化 學 成 分 (%)					
		C	Cr	Ni	Si	W	Cu
No. 16	Cr 11.0—17.0% を主として含有するもの	0.40	14.13				
No. 23		0.10	13.09				
No. 11	Cr 17.0% 以上を主として含有するもの	0.62	17.49				
No. 27	Cr 以外 Ni 5% 以下を含有するもの	0.14	12.18	1.97			
No. 13	Cr 以外 Ni 5% 以上を含有するもの	0.55	14.99	20.66			
No. 18		0.41	19.22	5.14			
No. 30		0.35	17.46	8.50			
No. 8	Cr, Ni 又は Cr 以外に Si を含有するもの	0.52	20.73	7.95	3.05		
No. 15		0.31	14.46		1.85		
No. 17		0.22	14.02		0.87		
No. 1	Cr, Ni 以外に W を含有するもの	0.51	7.54	2.67		2.18	
No. 26	Cr, Ni 以外に Cu を含有するもの	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34
半 硬 鋼	基準として普通炭素鋼を使用す	0.48			0.15		Mn 0.34

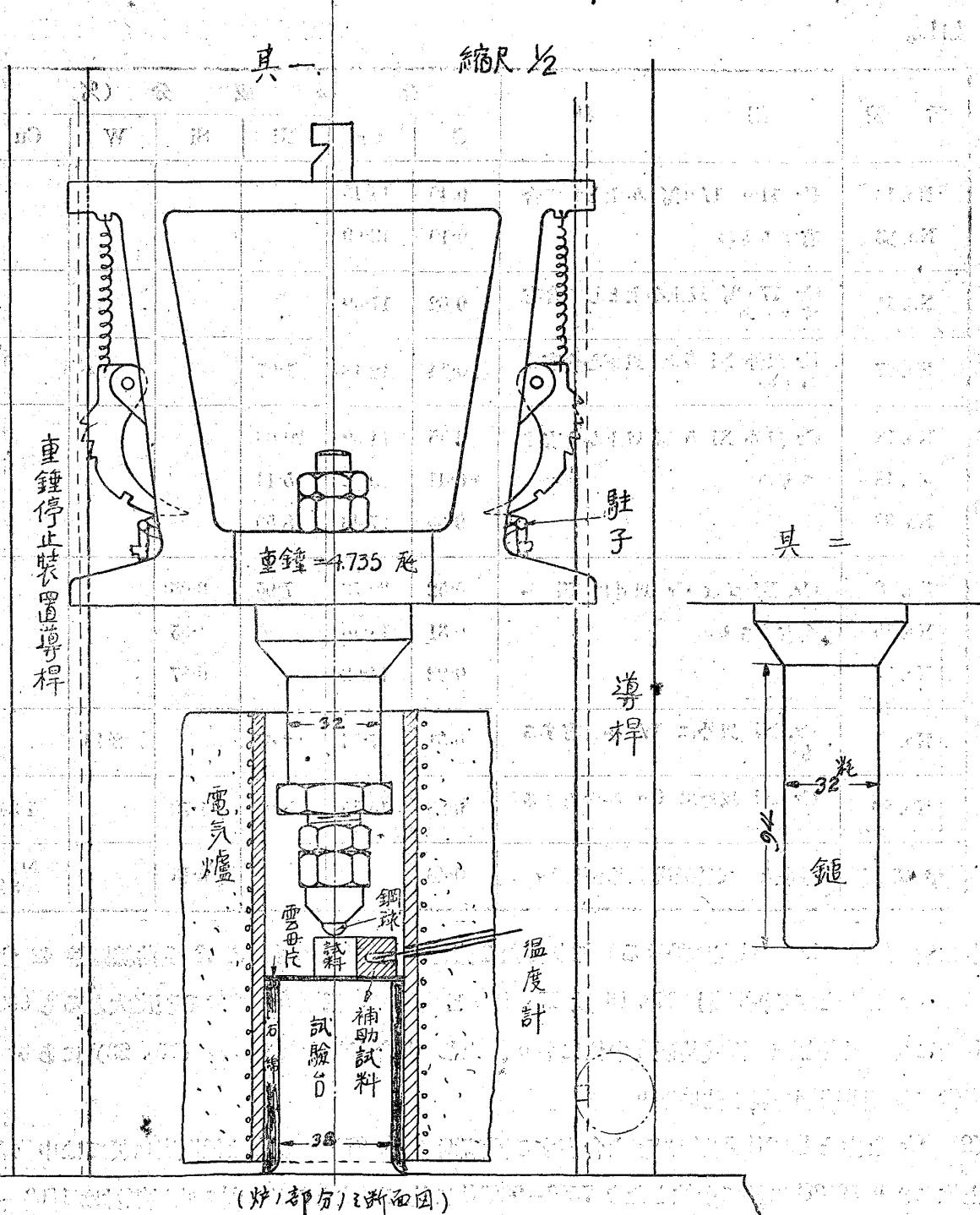
本試験の結果 (1,050°C 迄に於ける) 知り得たる諸件次の如し。(附表第 13 及曲線圖第 42 参照)

(1) Cr を主とする耐鋳鋼 (No. 16 及 No. 11) は常溫並に低溫度に於ける硬度大なるも 600°C に至り急に其の硬度を減じ爾後其硬度中位にあり、但し C 含有量少なきもの (No. 23) にありては其硬度常に各種耐鋳鋼の最下位にあり。

(2) Cr を主とし Ni 5% 以下を含有する耐鋳鋼 (No. 27) の硬度は低溫度に於ては中位より稍々上位にあり 500°C に於て中位となり 750°—900°C に於て下位となる、則ち此種鋼材は 150°—400°C の低溫度に於て使用するを有利とす。(硬度を減少せざるため)

(3) Cr 以外 Ni 5% 以上を含有する耐鋳鋼の硬度は各種溫度に於ける硬度の差異最も小なり、則ち No. 13, No. 18 及 No. 30 耐鋳鋼 (何れも オーステナイト 鋼) は常溫に於ける硬度低きに拘ら

附圖第二 高溫硬度試驗機要部要領圖



附 表 第 13 熱 間 硬 度 試 驗 成 績 表

鋼 種	16°-20°C		150°C		300°C		400°C		500°C		600°C		750°C		900°C		1,050°C	
	反 撥	徑	反 撥	徑	反 撥	徑	反 撥	徑	反 撥	徑	反 撥	徑	反 撥	徑	反 撥	徑	反 撥	徑
No. 16	19.5	3.700	15.0	3.912	15.5	4.287	14.5	4.370	14.3	4.382	4.7	5.38	1.7	6.02	1.2	6.13	0.7	6.5
No. 23	3.2	5.350	2.5	5.557	1.2	5.625	2.3	5.909	2.2	5.910	1.5	6.230	0.6	6.38		6.42	0.2	6.93
No. 11*	16.3	3.908	15.0	4.258	14.7	4.390	14.1	4.521	12.7	4.740	5.0	5.480	1.3	6.15		6.29	0.7	6.35
No. 27	13.8	4.380	12.7	4.610	12.1	4.707	11.5	4.670	9.7	4.895	3.5	5.650	1.5	6.05	1.0	6.33	0.8	6.82
No. 18	5.8	5.050	4.7	5.244	3.8	5.285	3.6	5.315	3.7	5.370	3.5	5.405	3.8	5.40	2.3	5.78	0.7	6.07
No. 13	5.1	5.298	4.3	5.397	4.0	5.441	4.0	5.560	4.2	5.607	3.7	5.650	1.9	5.74	1.5	6.07	0.3	6.33
No. 30	8.7	4.677	7.3	5.136	5.2	5.206	5.5	5.241	4.9	5.303	4.6	5.340	2.8	5.59	2.6	5.81	1.8	6.00
No. 17	4.8	5.149	4.5	5.403	4.2	5.580	3.1	5.631	3.2	5.701	2.2	5.80	1.3	6.34	0.5	6.39	0.7	6.63
No. 8	8.8	4.807	6.7	5.085	5.3	5.157	4.5	5.276	4.6	5.380	4.3	5.41	3.5	5.60	3.3	5.76	1.9	6.07
No. 15	8.6	3.919	18.3	4.205	17.9	4.224	17.5	4.270	13.8	4.350	6.4	5.20	2.4	5.88	0.7	6.18	0.5	6.55
No. 1	20.2	3.857	20.5	4.112	18.9	4.145	18.4	4.225	15.3	4.300	7.8	5.030	4.1	5.41	2.5	5.83	0.7	6.45
No. 26	3.4	5.390	3.4	5.592	3.0	5.797	2.7	5.844	2.3	5.950	1.6	6.155	2.6	6.25	1.9	6.10	1.5	6.470
半 硬 鋼	19.7	3.90	18.5	4.07	18.3	4.44	6.0	5.21	6.3	5.250	2.9	5.40	6.01	6.50	0.3	6.50	0	7.03

[註] 本表に依り描畫せる曲線圖の常溫に於ける硬度順位を第四節(III)項に示せる硬度順位と比較するに必ずしも一致せず、之れ前者は動學的に作用せしめし壓力に依る凹痕に依るものにして、後者は靜學的に作用せし壓力に依るものなれば其間多少の差異を免れ得ざればなり

す、高温に於ける硬度割合に高く No. 30 耐鑄鋼は 1,050°C に於て各種鋼中最高なる硬度を示せり、之れオーステナイト鋼の再結晶能力が高温にあらざれば小なることを意味するものならん。

(4) Cr 又は Cr 及 Ni 以外に Si を含有する耐鑄鋼の硬度は Cr 及 Ni の含有量に依り異なり Ni の多量を含有せる No. 8 耐鑄鋼の硬度は No. 30 耐鑄鋼のものと類似し Ni を含有せざる耐鑄鋼の硬度は (1) 項のものに類似す。

(5) W を含有せる耐鑄鋼は 750°C に至る迄は常に最大の硬度を示す。

(b) 鍛造温度の決定

耐鑄鋼の加工に當り、適當なる鍛造温度を知り容易に所望の形状を附與することは同鋼材使用上必要なる事項なりと信す。

曩に各種耐鑄鋼の變態點を決定せし外茲に各種耐鑄鋼を 750°-1,050°C に加熱し其硬度を測定し更に各會社に於て規定せる鍛造温度をも参考し附表第 14 に示す如く鍛造温度を決定せり、(表中括弧内の番號は本實驗を行へる基準鋼材を示すものとす)、但し高温に於ける酸化割合に大なるものありては高低兩温度に於ける硬度の差異甚しからざる場合には鍛造温度は成る可く低温度に之を選定せり例へば No. 16 耐鑄鋼にありては 750°C 以上硬度の差異甚しからざるを以て鍛造温度を約 850°C に決定せるが如し、尙ほ No. 23 耐鑄鋼にありても 900°C と 1,050°C に於ける硬度に大差なきを以て約 950°C に鍛造温度を決定せり、蓋し兩鋼種共に高温に於ける酸化度割合に大なるを以て上記の如く鍛造温度を低温度に選定せるものとす、尙ほ斯の如く低く鍛造温度を決定するは燃料經濟上にも亦有利なるや明らかなり。

本鍛造温度は第四節 (IX) (D) 項に於ける實驗の結果夫々の各鋼種に對し適當なることを確め得たり。

附表第 14 各種耐鑄鋼鍛造温度表

番 號	鋼 種	化 學 成 分 (%)						鍛 造 温 度 (°C)	
		C	Cr	Ni	Si	W	Cu	會社の指定	決 定
(No. 16)	Cr 11.0-17.0	0.40	14.13					750-800	850
No. 6	%を主として含	0.53	14.84	0.59					850
No. 19	有するもの	0.45	15.61					900-1,100	900
No. 14		0.39	13.74						〃
No. 22		0.27	14.42						〃
(No. 23)		0.10	13.09						950
No. 21		0.02	11.74						〃
(No. 11)	Cr 17.0% 以上	0.62	17.49					800-1,100	900
No. 5	を主として含有するもの	0.65	18.53					900	〃

(No. 18)	Cr 以外 Ni 5%	0.41	19.22	5.14					1,000
(No. 27)	以下を含有する	0.14	12.18	1.97				950-1,050	1,550
No. 31	るもの	0.15	12.94	0.61					1,050
No. 2		0.75	11.40	1.32					1,050
(No. 13)	Cr 以外 Ni 5	0.55	14.99	20.66				800-1,100	1,050
(No. 30)	%以上を含有す	0.35	17.46	8.50				1,000-1,100	"
No. 7	るもの	0.50	12.72	9.95				900-1,100	"
No. 10		0.36	11.02	10.46					"
No. 20		0.32	18.00	10.79					"
No. 35		0.13	17.59	7.35				900-1,250 又は冷間	"
No. 8,	Cr, Ni 又は Cr	0.52	20.73	7.75	3.05				950
No. 25	以外に Si を含	0.45	24.06	2.00	1.64				950
(No. 15)	有するもの	0.31	14.46		1.85			750-800	900
No. 9		0.70	15.24		2.58			900-1,100	900
(No. 17)		0.22	14.02		0.87			750-800	800
(No. 1)	Cr, Ni 以外に	0.51	7.54	2.67		2.18		1,100-1,200	1,100
No. 3	W を含有する	0.63	10.13	2.58		3.35			"
No. 4	もの	0.76	8.31	2.51		3.88			"
(No. 26)	Cr, Ni 以外に	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34	1,100-1,150 又は冷間	1,100
No. 12	Cu を含有する もの	0.62	12.81	10.13			3.12	800-1,100	1,000
半硬鋼		0.48			0.15		Mn 0.34		900
備 考	括弧内は試験を実施せし耐鋳鋼を示す								

(C) 焼戻色 (Tempering Colour) の決定

従来炭素鋼に對し焼戻色として概ね次の如き規定⁽³⁹⁾を參考し焼戻に使用せしむ:

鮮 黄	220-230°C	暗 黄	240-230°C
帶 黄 褐	255°C	帶 褐 赤	265°C
帶 紫 赤	275°C	紫	285°C
稻 花 青	295°C	* 鮮 青	315°C
灰	330°C		

[註] (39) 工學博士齋藤大吉氏—“金屬合金及其加工法”—下卷。

後述酸化に關する實驗の部に於て示す如く耐錆鋼の酸化は之を普通の鋼材に比し頗る少なく又耐錆鋼にても酸化度に大小あるを以て上記の如く一様に之を規定すること困難なり。但し最近 Monypenny 氏⁽⁴⁰⁾は Cr を主とする耐錆鋼に就き次の如き焼戻色を發表せり。

溫度	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C*	700°C	750°C
戻色	Pale Straw	Brownish Straw	Brownish purple	Bruish purple	Redish purple	Purple Blue	Light Blue	Bluish Violet	Grey Violet	Grey

然れ共 Cr-Ni 耐錆鋼其他のものにありては如斯一様に律し難きを以て以下各耐錆鋼を分類し其焼戻色に對する基準を示さんとす。尙ほ前記炭素鋼の焼戻色に比し高溫度のものを掲げしは耐錆鋼は其實際用途に應じ高溫度の焼戻を要するものあればなり。焼戻色の決定に當りては前記熱間硬度試験の際代表的耐錆鋼を各種溫度に加熱せし際生起せし色彩に依り決定せしものにして其結果を表示すれば附表第 15 に示す如し。同表に依れば C 量及 Cr 量少なきもの (No. 23 及 No. 27) 概して高度の焼戻色を表はすも、尙ほ之を普通炭素鋼のものに比するに著しく低度の焼戻色を表はし其 400°C に於ける焼戻色は半硬鋼の 300°C のものに相當し又其 750°C のものは後者の 500°C のものに相當せるを知るなり之を以て焼戻の際上記結果を参照し焼戻を實施するの必要を認めたり。更に各種耐錆鋼に就き區分すれば 200~750°C の焼戻溫度に於ては Cr を主とするもの及少量の W を含有せるものは低溫度に於ける酸化少なきも高溫度に於ける酸化割合に大にして、Cr 及 Ni を多量に含むもの及 Si を含有するものは高低兩溫度共に酸化せらるゝこと割合に少なきを知るなり、尙ほ本實驗に依りて得たる結果中 Cr 鋼 (No. 16 及 No. 23 耐錆鋼) に對する焼戻色を上記 Monypenny 氏の表と比較するに略々同様なる結果を得たることを知るなり。

附表第 15 各種耐錆鋼焼戻色表

鋼種	化 學 成 分 (%)						溫 度 (°C)					
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu	200	300	400	500	600	750
No. 16	0.40	14.13					淡黃	鮮黃	帶黃褐	帶褐赤	帶紫赤	灰紫赤
No. 11	0.62	17.49					鮮黃	暗黃	帶褐赤	帶紫赤	紫	灰紫青
No. 1	0.51	7.54	2.67		2.18		"	"	"	"	"	"
No. 18	0.41	19.22	5.14				淡黃	鮮黃	帶黃褐	帶褐赤	帶紫赤	灰紫
No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34	"	"	"	"	"	"
No. 13	0.55	14.99	20.66				"	"	"	"	"	"
No. 30	0.35	17.46	8.50				"	"	"	"	"	"

[註] (40) Monypenny 氏 - "Stainless Iron & Steel" - 1926, p. 212.

No. 17	0.22	14.02		0.87			鮮黄	暗黄	帶褐赤	帶紫赤	紫	灰紫
No. 15	0.31	14.46		1.85			〃	〃	〃	〃	〃	〃
No. 8	0.62	20.73	7.95	3.05			〃	〃	〃	〃	〃	〃
No. 23	0.10	13.09					鮮黄	帶褐赤	帶紫赤	紫	淡青	灰青
No. 27	0.14	12.18	1.97				〃	〃	〃	〃	〃	〃
半硬鋼	0.48			0.15	Mn 0.34		淡黄	帶紫赤	鮮青	灰青	帶青 灰黑	酸化膜 離脱

(VIII) 膨 脹 係 數 の 決 定

上記研究に依れば耐鋳鋼は其性質上高温度に於て使用すべき部分に應用して有利なるを知る、従て高温度に於ける各種耐鋳鋼の膨脹係數を知るは設計上頗る必要なるを認め本決定を實施せり、其法第四節 (II) に於て變態點測定のため描きし曲線圖を利用し次式に依り計算せるものとす、但し後掲用途 (本節(XI)項参照) を顧慮し成る可く 800°C に到る迄の膨脹係數を算出することに努めたるも變態點及曲線の關係上 600°C 又は 700°C 迄に止めたるものあり。

$$a = \frac{n \cdot d}{2D \cdot l \cdot dt}$$
 但し a = 線膨脹係數, n = 尺度の読み, d = 鏡の回轉軸と作用點との距離 = 10.5mm, D = 尺度と鏡との距離 = 2000mm, l = 試料の長さ = 100mm, dt = 温度の差。

従て
$$a = \frac{10.5n}{2 \times 2000 \times 100 \cdot dt} = 2.625 \times 10^{-5} \frac{n}{dt}$$

今半硬鋼の場合に就き計算の一例を示せば次の如し

今 20°-300°C の a を求むれば
$$a = 2.625 \times 10^{-5} \times \frac{148}{280} = 1.388 \times 10^{-5}$$

尚ほ 20°-700°C の a を求むれば
$$a = 2.625 \times 10^{-5} \times \frac{395}{680} = 1.525 \times 10^{-5}$$

本測定の結果は附表第 16 に示す如く鋼種に依り一樣ならず、半硬鋼に比し小なる膨脹係數を示すものあり、又は大なるものあるも概して Ni を含有せざるものは前者に屬し、Ni を含有せる耐鋳鋼は後者に屬するを知るなり、即ち Cr を主とするもの (附表第 16 第 1 種) 又は Si [第 3 種(a)の一部] 或は少量の Ni を含有するもの (第 2 種(a)) 又は之と W を共有せるもの [第 3 種(b)] は皆半硬鋼に比し小なる膨脹係數を有し就中 W を有するもの及 Cr 鋼にして C<0.3% のもの最小値を示し之に反し Cr 以外 Ni を含有せるもの [第 2 種(b), 第 3 種(a)の一部, 第 3 種(c)] は半硬鋼に比し大なる膨脹係數を有するを知るなり。

之を以て高温度に於て多く使用せらるべき Cr 以外 Ni>5% を含有せる鋼種にありては之れが使用に當り普通鋼に比し大なる餘隙 (Clearance) を與ふるを要し又其他の耐鋳鋼にありては普通炭素鋼に比し僅かに小なる餘隙にて可なるを知るなり。

米國 Bureau of Standards に於ては⁽⁴¹⁾次記成分の耐錆鋼に就き膨脹係數を測定し 20°-600°C に於ける平均膨脹係數を 1.21×10^{-5} と發表せり。

$C=0.30\%$, $Cr=13.1\%$

今上記數値を本成分に近き耐錆鋼 No. 22 ($C=0.27\%$, $Cr=14.42\%$) の20°-800°C 間に於ける平均膨脹係數 1.245×10^{-5} と比較するに本研究に依り決定せし數字は上記 Bureau of Standards のものと略々同様の精度に於て求め得られたることを認め得べし。

附表第16 各種耐錆鋼膨脹係數表

鋼種		化學成分 (%)					平均膨脹係數 (攝氏1度に對する)				順位	
		C	Cr	Ni	Si	W(Cu)	20°-300°C	20°-600°C	20°-700°C	20°-800°C		
標準鋼材	半硬鋼	0.48			0.15		1.388×10^{-5}				1.525×10^{-5} (6')	
第一種 (a) Cr 10-17% C 0.3%以下	No. 21	0.08	11.78				1.247×10^{-5}				1.407×10^{-5}	
	No. 22	0.27	14.42				1.069×10^{-5}				1.245×10^{-5}	
	平均						(1.15×10^{-5})				(1.30×10^{-5})	
												2
第一種 (b) Cr 17%以上	No. 14	0.39	13.74				1.285×10^{-5}				1.451×10^{-5}	
	No. 16	0.40	14.13				1.144×10^{-5}	1.290×10^{-5}	1.351×10^{-5}			
	No. 6	0.53	14.84				1.267×10^{-5}	1.390×10^{-5}				
	平均						(1.2×10^{-5})	(1.3×10^{-5})	(1.35×10^{-5})	(1.45×10^{-5})		6
第一種 (b)	No. 11	0.62	17.49				1.228×10^{-5}				1.319×10^{-5}	
	No. 5	0.65	18.58				1.144×10^{-5}				1.336×10^{-5}	
	平均						(1.2×10^{-5})				(1.30×10^{-5})	3
第二種 (a) Cr 以外	Ni 5%以下	No. 2	0.75	11.40	1.32		1.453×10^{-5}	1.643×10^{-5}				7
		No. 27	0.14	12.18	1.7		1.200×10^{-5}		1.313×10^{-5}			5
第二種 (b) Cr 以外 Ni 5%以下	Ni 9%以下	No. 18	0.41	19.22	5.14		1.594×10^{-5}				2.192×10^{-5}	
		No. 35	0.13	17.59	7.35		2.173×10^{-5}				2.221×10^{-5}	
		No. 30	0.35	17.46	8.50		2.203×10^{-5}					
	平均						(2.2×10^{-5})				(2.2×10^{-5})	11

(註) (41) Bureau of Standards - "Scientific paper" No. 436.

上を含有せるもの	Ni 九 % 以 上	No. 7	0.50	12.72	9.95			1.500×10^{-5}		2.141×10^{-5}	8	
		No. 20	0.32	18.00	10.79			2.603×10^{-5}		2.260×10^{-5}		
		No. 13	0.55	14.99	20.66			2.297×10^{-5}		2.356×10^{-5}	12	
		平均						(2.4×10^{-5})		(2.4×10^{-5})		
第Si 三 種 を 含 有 せ る もの (a)	Ni を 含 有 せ る もの	No. 17	0.22	14.02		0.87		1.153×10^{-5}		1.309×10^{-5}	4	
		No. 9	0.70	15.24		2.58		1.125×10^{-5}		1.402×10^{-5}		
		平均						(1.2×10^{-5})		(1.3×10^{-5}) (1.4×10^{-5})		
第 三 種 (b)	W を 含 有 せ る もの	No. 1	0.51	7.54	2.67		2.18	1.125×10^{-5}		1.339×10^{-5}	1	
		No. 3	0.63	10.13	2.58		3.35	1.076×10^{-5}		1.256×10^{-5}		
		No. 4	0.76	8.31	2.51		3.88	1.078×10^{-5}		1.204×10^{-5}		
		平均						(1.1×10^{-5})		(1.25×10^{-5})		
第 三 種 (c)	Cu を 含 有 す る もの	No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73	(1.34)	2.100×10^{-5}		2.155×10^{-5}	9	
		No. 12	0.62	12.81	10.13			(3.12)	1.931×10^{-5}			2.076×10^{-5}
		平均							(2.0×10^{-5})			(2.1×10^{-5})

(IX) 加工に関する実験

本実験は鋼材を加工するに必要な諸性質則ち酸化の多少、可鍛性の大小、機械仕上及接合の難易等を研究するものにして前二者は之を熱間に於て実施し（可鍛性にありてはオーステナイト鋼及炭素少なき耐鋳鋼にありては冷間に於ける鍛造の難易をも比較し参考に供せり）中者は機械仕上に適當なる状態に於ける鋸削及鑄削の難易に就き研究し最後のものにありては焼入の状態に於て之を実施せるものとす。

抑々耐鋳鋼に對する加工性試験は耐鋳性試験に次ぎ重要なものにして其難易は以て耐鋳鋼の價値を左右するものと云ふを得べし。

(A) 酸化に関するもの

加熱に因る鋼材變化の状態に就ては鍛造間目視に依り其變化の大小を知り得べしと雖も精密に其量に就き比較するため本試験を行へるものとす。

試験に附すべき鋼材は耐鋳試験と同一の寸法を用ひ且つ同一熱取扱法を実施せるものにして尙ほ其仕上程度を同一にするため其表面は凡て No. 00 研磨布を以て一様に之を研磨したる後之をクリップ

ル蓋内に保持し（寫眞圖第三十三 No. 1 参照）其重量を測定し之を電氣爐内に排列し附圖第三 No. 1 に示す如く徐々に 900°C に達せしめ（約2時間を要せり）同溫度に保持すること約3時間にて電流を絶ち爾後爐内に於て緩冷し加熱の前後に於ける重量の差を以て酸化の大小を知り尙ほ試料の大小に關係なく酸化の多少を比較し得るため重量の増加を單位面積に就きての増量を以て示す外半硬鋼の酸化度を單位とし各耐鑄鋼の酸化度を表せるものとす。

但し實驗の確實を期するため2回の試験を實施し其平均値を採用せり、又試料の大部は其原重量 25.5-28.0 gr にして其表面積約 13.5 cm² なりとす。

例 半硬鋼に就て、		No. 26 耐鑄鋼に就て	
表面積	= 13.5 cm ²	表面積	= 13.5 cm ²
平均酸化増量	= 0.251	平均酸化増量	= 0.0018
cm ² 上の増量	= $\frac{0.251}{13.5} = 0.0186$	cm ² 上の増量	= $\frac{0.0018}{13.5} = 0.000133$
酸化度	= 1	酸化度	= $\frac{0.000133}{0.0186} = 0.0717$

本試験の結果は附表第 17 に示す如く標準たる半硬鋼の酸化度最も大にして砲身鋼及銃身鋼の酸化之に次ぎ耐鑄鋼にありては其内酸化割合に大なるものあるも其大部は著しく小にして殊に No. 8, No. 9, No. 10, No. 13, No. 18, No. 20, No. 26 耐鑄鋼に至りては其酸化極めて少なきを知るなり。

今是等酸化度と化學成分との關係に就き考究するに各耐鑄鋼の組成は複雑なるを以て各元素單一の効果に就き斷定的結論を得ること困難なるも附表第 17 を通覽するに Si の多きもの一般に酸化度低く⁽⁴²⁾ (No. 8, No. 9 及 No. 10 耐鑄鋼) Cr と共に Ni > 5 % を含有するもの之に次ぎ (No. 13, No. 18, No. 20 及 No. 26 耐鑄鋼) 又 Cr のみを含有せる耐鑄鋼にありては Cr の含有量多きもの概して酸化度少く⁽⁴³⁾ (No. 11 及 No. 19 耐鑄鋼) Ni 5 % 以下なるか又は W 等他種元素を以て Cr の一部に置換せしもの (No. 2, No. 3 No. 4 及 No. 31 耐鑄鋼) 及同一 Cr 含有量にありては炭素含有量の大なるに従ひ No. 6 と No. 22 耐鑄鋼並 No. 14 と No. 23 耐鑄鋼) 其酸化度を増加するものの如し、尙ほ No. 22 と No. 16 耐鑄鋼に於て No. 16 の炭素含有量多きにも拘らず酸化度稍々少なきは其 Si 含有量 0.53 にして前者の 0.23 に比し Si 含有量稍々多量なるに基因するものと判斷し得。

尙ほ試料外面の状態に就き精査するに寫眞圖第三十三圖 No. 1 に示す如く半硬鋼の外面は酸化膜厚く薄片に剝離し易き景況なるも No. 4, No. 3, No. 6 及 No. 2 の各耐鑄鋼 (附表第 17 参照以下同じ) は酸化膜稍々厚く被膜疎なるも剝離すること稍々少なく No. 22 耐鑄鋼に至れば被膜稍々緻密となり、No. 15, No. 19, No. 11, No. 30, No. 17 及 No. 20 耐鑄鋼程度の酸化膜にありては被膜著しく薄く酸

[註]. (42) "Iron Age" 3, July 1924. Si は高溫度に於ける酸化を減少す。

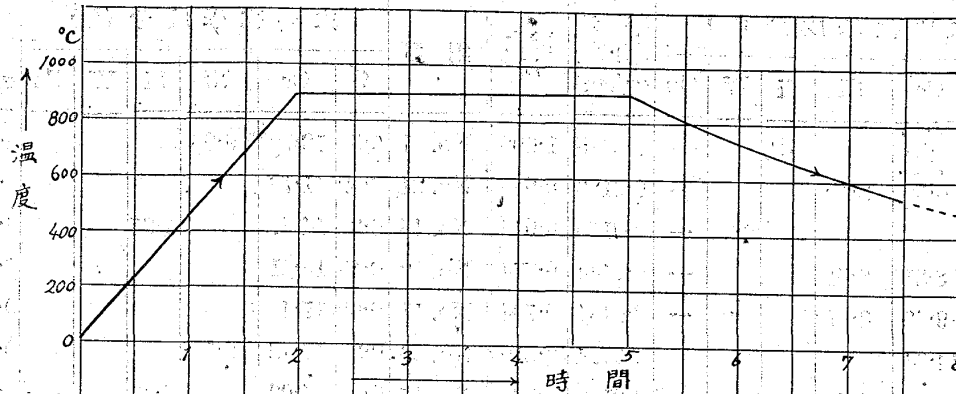
(43) C.E. Mac Quigy氏—"Trans. Am. Inst. of Min. & Met. Eng."-Aug, 1923 に於ても Cr の高溫度に效果あることを説けり。

化の程度極めて少なきを知るなり。

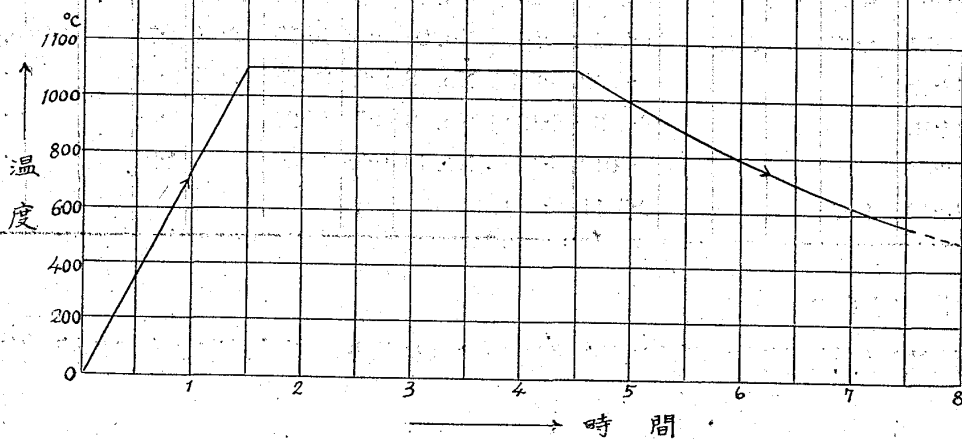
附圖第三

酸 化 試 験 加 熱 曲 線 圖

No. 1. 900°C の 場 合



No. 2. 1050°C の 場 合



1,000°C 以上の加熱にありては寫眞圖第三十三 No. 2 に示す如く No. 21 (Cr=11.78%, Si=0.11%) 及 No. 6 (Cr=14.84%, Si=0.54%) の如く Cr を主とし然も其含有量少なき耐鋳鋼の酸化最も甚しく No. 13 (Cr=14.99%, Ni=20.66%, Si=0.51%) No. 30 (Cr=17.46%, Ni=8.50%, Si=0.30%) 之に次ぎ No. 8 (Cr=20.73%, Ni=7.95%, Si=3.05%) No. 9 (Cr=15.24%, Ni=2.58%, Si=0.87%) の如く Si の多量を含有するもの最も酸化せず No. 17 (Si=0.87%) No. 10 (Si=1.27%) 之に次ぎ No. 18 (Cr=19.22%, Ni=5.14%, Si=0.13%) は中位にあり之に依り考ふるに Cr 鋼にして Si の多量を含有するもの最も高温度酸化に耐へ Ni の多量の含有するか Si の少なきものは之に反するを知るなり、No. 26 鋼の Si=1.73% を含有し其酸化性中位なるは之れがためなるべし。

上記酸化に對する實驗に際し加熱後の試料より酸化膜を除去し其減量を加熱前の重量にて除し百分數を以て酸化度を表はせし者あるも⁽⁴⁴⁾ 著者の方法を以て一層精確にして且つ容易なる方法と認むることを得べし。

〔註〕 (44) Monypenny: 氏 - "Stainless Iron & Steel" 1926, p. 242.

附表第 17

酸化試験成績表

(酸化度の順序に依り排列す)

鋼種	主要化學成分 (%)						平均酸化量 gr/cm ²	酸化度	鋼種	主要化學成分 (%)						平均酸化量 gr/cm ²	酸化度
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu				C	Cr	Ni	Si	W	Cu		
半硬鋼	0.48	(Mn) 0.34		0.15		—	0.0185	1.000	No. 7	0.54	12.72	9.95				0.0007	0.035
砲身鋼	0.34	0.52	3.10			—	0.0183	0.989	No. 21	0.02	11.78					0.0005	0.030
銃身鋼	0.67				2.00	—	0.0170	0.915	No. 15	0.31	14.46		1.85			0.0004	0.023
No. 4	0.76	8.31	2.51			—	0.0144	0.774	No. 19	0.45	15.61					0.0004	0.019
No. 3	0.51	9.43	2.91		2.91	—	0.0131	0.704	No. 11	0.62	17.49					0.00034	0.018
No. 6	0.53	14.84					0.0114	0.610	No. 30	0.35	17.46	8.50				0.00022	0.011
No. 2	0	11.40	1.32				0.0108	0.581	No. 17	0.22	14.02		0.87			0.00021	0.011
No. 14	0.39	13.74					0.0131	0.382	No. 20	0.32	18.00	10.79				0.00018	0.010
No. 23	0.10	13.09					0.0063	0.336	No. 18	0.41	19.22	5.14				0.00017	0.009
No. 31	0.15	12.94	0.61				0.0060	0.269	No. 13	0.55	14.96	20.68		0.10		0.00014	0.008
No. 1	0.51	7.54	2.67		2.18	—	0.0049	0.262	No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73	1.34		0.00013	0.007
No. 22	0.27	14.42					0.0042	0.227	No. 8	0.62	20.73	7.95	3.05			0.00013	0.007
No. 16	0.40	14.13					0.0030	0.162	No. 9	0.70	15.24		2.58			0.00013	0.007
No. 5	0.65	18.58					0.0019	0.100	No. 10	0.58	15.50		1.27			0.00011	0.006
No. 27	0.14	12.18	1.97				0.0011	0.059									

(B) 切削に関するもの。

各耐鑄鋼を焼鈍し切削に適する状態に於て板フライスに依り其被削性に就て比較研究せるものとす。

焼鈍には各會社の指定せし温度又は其指定なきものありては變態點以上に之を加熱し或は組織學上竝に硬度の測定により變態點以下に於て適當なる温度を決定し尙ほ Cr-Ni 鋼中變態點なきものありては 900°C 又は 1,050°C に於て 2 時間加熱し鍛造に依る張力を除去し實驗に供せしものとす

〔(III) 硬度の測定竝に焼入及焼鈍温度の決定の項参照〕

本焼鈍に依り得たる金質の組織は寫眞圖第一乃至第十に示す如し。

切削は寫眞圖第三十四に示す如く金質等齊なる板フライス (徑 40 mm) を用ひ切込の幅 0.5 mm、送り 30 耗/分 とし板フライス⁽⁴⁵⁾ の金質は之を一定にし其切削能力消失迄の時間を測定せしものにして其時間の長きもの則ち切削容易なるものより順序に記載せば其結果附表第 18 に示すが如し。

尙ほ其組織に就きては寫眞圖第十五、(8) 及 (9) を参照のこと。

本試験の結果に徴するに耐鑄鋼の被削性は何れも半硬鋼のものに及ばざるも之を砲身鋼及銃身鋼に比するに優れるものなきにしもあらず、而して其切削の容易なるは概して Cr を主とする耐鑄鋼にし

〔註〕 (45) 板フライスの化學成分 (%) 次の如し C=1.46% Cr=0.10%

て其組織はフェライト又はパーライトに屬し切削の困難なるものは Cr の多量と Ni 10% 以下を含有するものにして其組織はオーステナイト又はパーライトよりなる、尙ほ Si (Si を含有せるものは硬度大なる割合に被削性大) 及 Cu は被削性を増加するものの如し。

硬度と被削性とは大なる關係を有し切削容易なるものは何れも其焼鈍硬度 144-201 にして No.10 耐鑄鋼は例外とす (Si の影響と認む)、從て焼鈍温度の高上により其硬度も從ひて減少するものありては被削性も亦増加するを見る、又 Ni 10% 以上を含有せる耐鑄鋼の Ni 10% 以下を含有せるものに比し被削性大なるは其硬度小なるに原因するものの如し。

下欄註 (47) 及 (48) に示せる實驗の際使用せられたる耐鑄鋼 No. 7 は本實驗に依る結果切削困難なる耐鑄鋼の部類に屬するものにして殊に (48) の實驗は耐鑄鋼の切削に經驗少なき工場の実験を其儘紹介せしに過ぎず、最近 (昭和 3 年 10 月) 著者の管理せる工場に於ける實驗に依れば No. 31 に屬する耐鑄鋼 (C=0.15%, Cr=12.20%, Ni=0.40%, Si=0.21%, Mn=0.14%) を前述焼入温度 (附表第 3 参照) 950°C にて油中焼入し次に 750°C を以て焼戻せしもの (硬度數 255) を鋸削し其の難易を硬鋼 (860°C 油中焼入後 620°C にて焼戻す) のものと比較し次表に示す如き結果を得たり但し双具は英國ジョナス會社製のヴォ鋼 (高速度鋼 W=17.56%, Cr=2.77%) よりなる尖バイトを使用せり。

項	目	耐鑄鋼 (丸棒)	硬 鋼 (丸棒)	之を以て見るに耐鑄鋼は其熱處理適當なれば之れが鋸削作業普通鋼材に比し大差なきものと云ふを得べし。之を以て本研究の結果に依り適當なる焼戻温度を採用し工具
機軸の回轉數(毎分)	荒 削	80	40	
	中 削	100	130	
	仕 上 削	100	130	
荒削及中削に於ける切込寸度(單位 mm)		1.0	1.5	
鉋臺の送り速度 機軸回轉に付 (單中 mm)		0.3	0.3	

の形狀と鋸速度に就き經驗を積むに到らば、以て本作業をして一層容易ならしむるや明にして、最近の發表⁽⁴⁹⁾に依るも工具の形狀を改め且つ鋸速度を加減し、從來 6.35 mm (1/4") ~ 9.53 mm (3/8") を切

[註] (46) Heyn 氏 [Physical Metallography. (P. 329)]. の說に依れば機械仕上の難易は硬度と加工性 (Workability) とに關係し兩者の増大により其仕上困難となるものなりと云ふ。

[註] (47) 某製鋼所 (耐鑄鋼製造所) に於て No. 7 耐鑄鋼を用ゐる兵器用鋼棒 (100 本) を切削仕上するに要する經費を硬鋼と比較し次の如く報告せり (大正十四年)

鋼 種	粗 削(圓)	仕 上(圓)	摘 要
硬 鋼	17.85	25.90	粗削重量約 13.0 kg
耐 鑄 鋼	50.60	64.60	仕上重量約 9.8 kg

[註] (48) 某工場(使用者)に於ける No. 7 耐鑄鋼の加工及仕上に關する實驗の結果次の如し (大正十四年)

(a) 材質著しく強靱にして高速度鋼双具を用ひ普通品 (硬鋼) の如き鋸速度を以て作業すれば數分間後双

具の刃尖は鈍る状態にあり故に其速度は緩速度に依る外なし。

(b) 若し双具を無理に押付れば刃尖著しく鈍り製品の該表面は光澤を發し爾後の作業を困難ならしむ。

(c) 製品の鋸造面は普通鋼材の如く平滑美麗に仕上ぐる事困難なり。

(d) 研磨仕上は著しく困難を感ずることなきも普通鋼材に用ふる輪砥にては作業困難なり、研究を要す。

之を要するに本實驗に於て切削せる鋼材 (No. 7) は砲身鋼及銃身鋼等内部仕上の完全なるを要するものに不適當なるを知るなり。

[註] (49) Walter Locks 氏—"Mechanical World."—Jan. 1927.

附表第 18 各耐鑄鋼被削性順序表

鋼種	化學成分 (%)						硬度	時間	鋼種	化學成分 (%)						硬度	時間
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu				C	Cr	Ni	Si	W	Cu		
半硬鋼	0.48			0.15			162	1.24.00 以上	No. 6	0.53	14.84					178	32.24
No. 11	0.62	17.49					175	1.27.30	No. 19	0.45	15.61					178	31.10
No. 17	0.22	14.02					170	1.07.12	No. 9	0.70	15.24		2.58			233	30.00
No. 4	0.76	8.31	2.51				144	1.05.00	No. 5	0.65	18.53					188	29.53
No. 23	0.10	13.01					146	55.32	No. 21	0.45	15.61					136	26.39
No. 1	0.51	7.54	2.67				201	49.32	No. 7	0.50	12.72	9.95				198	23.00
No. 10	0.58	15.50		1.27			233	47.00	No. 27	0.14	12.81	1.97				215	19.00
No. 20	0.32	18.00	10.79				190	44.30	銃身鋼	0.67			2.0			178	15.45
No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34	175	42.39	No. 2	0.75	11.40	1.32	0.66			182	18.15
砲身鋼	0.34	0.52	3.10	0.26			155	41.00	No. 16	0.40	14.13					175	13.03
No. 13	0.55	14.99	2.66				172	40.00	No. 8	0.62	20.73	7.95	3.05	0.05		275	10.30
No. 15	0.31	14.46		1.85			182	39.00	No. 18	0.41	19.22	5.14				252	8.39
No. 22	0.27	14.42					181	34.00	No. 30	0.35	17.46	8.50				255	6.30
No. 31	0.15	12.94	0.61				263	33.00									

削するに 24~30 時を要せし耐鑄鋼を 7~8 時間を以て切削し得るに到れることを示せり。然りと雖も用途に應じ、鑄削に對する難易をも顧慮し、適當なる鋼種を採用するの必要なること勿論なりとす。

(C) 鑄削に關するもの。

(B) 切削と同一状態に於て鑄削試験を実施し其難易を各耐鑄鋼に就き比較判定せり。

試験機としては鑄試験機を採用し鑄の品質及形狀を一定にし之に對する標準試験桿の先端に耐鑄鋼よりなる試片を装着し次の状況に於て每平方耗上の減量に依り鑄削の難易に就き比較せり。

加壓力 10 kg、 鑄削時間 5 分、 鑄削回数 1 分間に 64 回、 ストローク 3 吋、
 摩擦距離 $6'' \times 64 = 384'' = 32$ 呎/分。

本試験の結果は附表第 19 に示す如く同表に徴するに被鑄削性は硬度に對し大なる關係なく Ni 及 Cr を含有せる耐鑄鋼にして Ni 5% 以上を含有するか又は W を含有せるもの被鑄削性小なるものの如く是等元素の含有量略々同一なるものにおいて Si を含有せるもの被鑄削性稍々大なるものの如し例へば No. 9 と No. 21 若くは No. 15 と No. 22 を比較するに Si を稍々多く含有せる No. 9 又は No. 15 耐鑄鋼の被鑄削性他二者のものに優れるが如し。

上記の如く 5% 以上の Ni を含有せる耐鑄鋼は其鑄仕上困難なるを以て此種作業を要すること多き製品に對しては他種の元素例へば Si を加ふるか又は Ni の含有少なき Ni 5% 以下の耐鑄鋼を使用するを適當と認む。

附表第19 各種耐鑄鋼被鏽削性順序表

鋼 種	化 學 成 分 (%)						硬 度	每平方 厘上的 減量 (gr)	鋼 種	化 學 成 分 (%)						硬 度	每平方 厘上的 減量 (gr)
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu				C	Cr	Ni	Si	W	Cu		
No. 9	0.70	15.24		2.58			233	0.0345	No. 17	0.22	14.02					170	0.0069
No. 6	0.53	14.48					178	0.0294	No. 22	0.27	14.42					181	0.0064
No. 21	0.45	15.61					136	0.0266	No. 3	0.51	9.43	2.91		2.91		376	0.0064
No. 2	0.75	11.40	1.32		0.60		182	0.0157	砲身鋼	0.34	0.52	3.10				155	0.0056
No. 7	0.50	12.72	9.95				198	0.0144	No. 16	0.40	14.13					175	0.0047
半硬鋼	0.48			0.15			162	0.0137	No. 30	0.35	17.46	8.50				255	0.0047
No. 27	0.14	12.18	1.97				215	0.0118	No. 14	0.39	13.74					138	0.0043
No. 11	0.62	17.49					175	0.0110	No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73		1.34	175	0.0038
No. 10	0.58	15.50		1.27			240	0.0097	No. 13	0.55	14.99	20.66				172	0.0017
No. 23	0.10	13.01					146	0.0095	No. 4	0.76	8.31	2.51		3.88	—	144	0.0014
No. 31	0.15	12.94	0.61				263	0.0090	No. 18	0.41	19.22	5.14				252	0.0012
No. 1	0.51	7.54	2.67			—	201	0.0084	No. 20	0.32	18.00	10.79				180	0.0010
No. 5	0.65	18.58					188	0.0079	No. 8	0.62	20.73	7.95	3.05			240	0.0004
No. 15	0.31	14.46		1.85			182	0.0077									

(D) 鍛造に關するもの

從來此種加工に對する研究⁽⁵⁰⁾の發表せられしもの少し、著者は各種耐鑄鋼鍛造の難易を比較するため其實験をして成る可く實際に近からしむるため先づ前述 (VII) 項其三 (B) に於て鍛造溫度を決定し同溫度に加熱せし試験片を寫眞圖第三十二及前掲附圖第二に示す装置を以て〔此際ブリネル鋼球に代へ衝擊面の平滑なる落錘を用ふ (附圖第二其二) 但し其重量は前述熱間硬度試験の場合に於ける落錘のものと同様にして 4.735 kg を採用す〕動學的に鍛造に關する實驗を行ふ。

實驗に供せし各耐鑄鋼試験片は先づ豫熱電氣爐に於て鍛造溫度に近く加熱せし後之を熱間硬度試験と同様に基臺上電氣加熱爐内に置き上記落錘により打撃せしめ實驗前に於ける試験片の高さと打撃後に於ける試験片の高さとにより鍛鍊係數を算定し其大小により鍛造の難易を比較せるものとす。

實驗の結果今回決定せし鍛造溫度は適當にして耐鑄鋼中一つも龜裂又は隅角部に瑕瑾を生ずるものなく略々所望の目的を達せり。

本實驗に於ては其大部に對して打撃力と打撃の速度は之を一定ならしめ得たるも試験片の寸法異なるものにありては止むを得ず次式により其落下高度を加減し同一の打撃力により變形の大小を見、以て鍛造の難易を判定せるものとす。

〔註〕 (50) 理學博士本多光太郎氏は高溫度に於ける延伸率の大小を比較し、各種炭素鋼に適當なる鍛造溫度を決定せり。—The J. of the Iron & Steel Inst.—1924. No. 1. P. 313-317.

(51) P. Eyermann 氏は更に高溫度 (1,200°C 迄) に於ける實驗に依り (抗張試験) 各種鋼の可鍛性に就き研究せり。The Iron Age, Nov. 13. 1924. P. 1270-1273.

A=打撃面の面積、 落錘の重量 $m=4.735 \text{ kg}$ 、 高度 $h=1,000 \text{ mm}$ 。

打撃面の面積 15 mm^2 に近きものに對しては上記高度を用ふるも No. 6, No. 9, No. 21, No. 15, No. 18, No. 19 及 No. 23 耐鑄鋼に對しては試験片の小形なる關係上次の高度を採用す。

No. 6 $\frac{m \times 100}{2.25} = \frac{mx}{0.81}$: 高度 $(x) = \frac{100 \times 0.81}{2.25} = 360 \text{ mm}$

$\frac{mh}{A} = \frac{4.735 \times 100}{2.25} = 1 \text{ cm}^2$ に對する活力, No. 6 $\frac{m \times 100}{2.25} = \frac{mx}{0.81}$: 高度 $(x) = \frac{100 \times 0.81}{2.25} = 360 \text{ mm}$

No. 21 $x = \frac{100 \times 1.00}{2.25} = 440 \text{ mm}$, No. 23 $x = \frac{100 \times 1.93}{2.25} = 850 \text{ mm}$

No. 18 $\frac{100 \times 1.74}{2.25} = 770 \text{ mm}$, No. 15 $\frac{100 + 1.74}{2.25} = 770 \text{ mm}$

No. 9 $\frac{100 \times 1.00}{2.25} = 440 \text{ mm}$,

實驗の結果は附表第 20 に示す如く鍛造の難易は同一打撃力によりて生ぜし鍛鍊係數の大小により比較せしものなり、(表中の順序は鍛鍊の容易なるものより順次に實驗の結果を記載しあるものとす、)但し上記試験に於ては鍛鍊の能否を決定するため且つは實際使用の場合を顧慮し低溫度に於て鍛造し得る鋼材は燃料經濟上成る可く其鍛造溫度を低く決定せしを以て(此種耐鑄鋼にありても曲線圖第 40 に示す如く高溫度に至れば益々可鍛性を増大し得べきを以て)上記順序は必ずしも鍛鍊の難易を正確に示すものにあらざるも之を依り大體の基準を得たる外、耐鑄鋼にありても之が鍛造溫度を適當に選定せば普通鋼に比し著しき困難なく之を鍛鍊又は壓延し得ることを示すものなり、今此種考慮の下に假に鍛鍊の難易を比較せば No. 21 及 No. 23 耐鑄鋼は最も可鍛性に富み半硬鋼と同様に鍛鍊し得べく而して No. 21 及 No. 23 耐鑄鋼は共に Cr を主とし C 含有量少なき部類に屬するものとす、之に次ぎ可鍛性大なるものは Ni を含有するも C 含有量少なきか又は Cr を主とするものにして一般に C 含有量多きか又は Cr の多量と Ni を含有せるものは鍛造困難なる如きも表示の如き鍛鍊溫度を採用せば略々之と同程度に鍛鍊を實施し得べく

鋼種	主要化學成分 (%)				鍛鍊溫度 (C)	鍛鍊の難易
	C	Cr	Ni	W		
No. 21	0.08	11.78			950°	1
No. 35	0.13	17.59	7.35		1050°	2
No. 16	0.40	17.13			900°	3
No. 3	0.63	10.13	2.58	3.35	1100°	4
No. 30	0.35	17.46	8.50		1050°	5
No. 20	0.32	18.00	10.79		1050°	6
No. 18	0.41	19.22	5.14		1000°	7

W を含むものは鍛鍊溫度として高溫度を採用するの必要あるを認めたり。

今此事實を基礎とし代表的に No. 21, No. 35, No. 16, No. 3, No. 30 及 No. 18 の各種耐鑄鋼を選び(別に附表第 21 に掲げたる No. 20 耐鑄鋼をも参考のため附加せり)上記鍛造溫度を採用し熟練なる職工により可鍛性の良否に就て實驗し實際方面より各鋼の鍛造に關する難易を決定せしに次の如き結果を得たり。

其方法は職工をして全く上記各種鋼材可鍛性の良否を知らしむることなく上記決定せる鍛造溫度に之を加熱し〔溫度の測定は光學的高溫度計(“Pyro”)に依る〕手槌を以て豫熱せる鐵敷上にて之

を鍛錬し自己の所感に依り鍛錬の難易順序を決定せしものにして本實驗の結果は全然附表第 20 のものと一致し、則ち本實驗の實用的價值を確むるを得たるものとす。

従來の發表に依る⁽⁵²⁾に Cr を主とせる耐鋳鋼中 $C < 0.2\%$ の場合には容易に槌を以て鍛錬し得るも $C 0.2 \sim 0.4\%$ に至れば簡單なる形狀にあらざれば鍛造稍々困難にして $C > 0.4\%$ に至れば鍛造困難なりと云ふも略々之を認め得。

尙ほ参考に供するため冷間に於て可鍛性を有する各種耐鋳鋼に就き、上記と同様の方法を用ひ其可鍛性の大小を判定せしに其結果附表第 21 に示す如く、熱間に於けると稍々其趣を異にし、Cr を主とし且つ炭素量僅少なる No. 21 耐鋳鋼は熱間に於けると同様可鍛性第一位にあるも、Cr を主とする他の耐鋳鋼は C 及 Cr の含有量に應じ夫々下位に位し、之に反し Cr 若くは Ni を多量に含有せる Ni-Cr 系耐鋳鋼の可鍛性は割合に良好なるを認めたり。

最近 E. Houdremont 及 H. Kallen⁽⁵³⁾ 兩氏は鍛錬に關し其速度が被鍛造物の抵抗に大なる關係を有すべきを以て、普通の屈曲試験又は抗張試験により求めたる變形に對する抵抗は兩者相類似せりと雖も、實際の場合の参考に供し難きを述べ、高溫度に於ける衝擊試験に依り各種鋼の變形に對する抵抗の大小を比較し其結果を發表せり。之れ著者と全然同一なる意見の下に實驗を實施せしものと云ふを得べく、本研究に於ける實際的試験の結果が良く附表第 20 に示せる實驗の結果と合一する所以を説明せるものなりと云ふを得べし。

上記兩氏實驗の結果に依れば鍛錬の容易なる爲めには、被鍛錬金屬の再結晶速度と鍛錬の速度とが同様なるか、又は前者の大なるを要し、尙ほ 25% Ni 鋼の如きオーステナイト鋼にありては $1,150^{\circ}\text{C}$ に於て始めて此種條件に合すべきことを發表せり。之れ實に本實驗に示す如く No. 30, No. 20 及 No. 18 耐鋳鋼 (オーステナイト鋼) の他種耐鋳鋼に比し決定せし鍛錬溫度に於ては其鍛錬困難なることを示すものにして、此點よりすれば是等耐鋳鋼の鍛錬をして一層容易ならしむるためには、其鍛錬溫度をして $1,150^{\circ}\text{C}$ の如き高溫度ならしむるを要すべし。然りと雖も鍛錬溫度の高きは一方には其鋼材の鍛錬困難なることを意味すべきを以て、本實驗の結論に於ては何等變化を見ざるものと信ず。尙ほ前述 (VII) 項其三 (B) に於て鍛錬溫度決定の際此種鋼材に對し、其鍛錬溫度として $1,150^{\circ}\text{C}$ 等高溫度に決定を見ざりしは、燃料經濟上高溫度の採用を希望せず一方鍛錬溫度の上昇は鋼材に對し酸化を生ずべき虞あり従つて實驗の範圍をして $1,050^{\circ}\text{C}$ に止めしを以てなり。尙ほ前記鍛錬溫度決定の際行へる實驗は良く上記理論に合致し工場經濟をも加味し鍛錬溫度を決定し得たるものと云ふを得べし。

[註] (52) T.H. Burnham—Special Steel—1923, P. 70-71.

(53) E. Houdremont 及 H. Kallen 兩氏—Stahl und Eisen—19. Mai 1927. P. 826-830.

附表第20 各種耐鑄鋼鍛鍊の難易比較表

其 一 熱 間 の 場 合

番 號	化 學 成 分 (%)						鍛造温度 (°C)	打撃面 積面 (cm ²)	落下高 (cm)	初めの 高さ mm(A)	試験後の 高さ (A')	鍛鍊係數 ($\frac{A}{A'}$)
	C	Cr	Ni	Si	W	Cu						
No. 21	0.08	11.78					950	1.00	44	10.0	8.8	1.131
半硬鋼	0.48						900	2.34	100	15.3	13.8	1.110
No. 23	0.10	13.09					950	1.93	85	13.9	12.7	1.093
No. 35	0.13	17.59	7.35				1,050	2.99	100	3.0	2.75	1.090
No. 27	0.14	12.18	1.97				1,050	2.40	100	15.5	14.3	1.085
No. 2	0.75	11.40	1.32				1,050	2.25	109	15.0	13.8	1.083
No. 16	0.40	14.13					900	2.13	100	14.6	13.7	1.064
No. 31	0.15	12.94					1,050	2.25	100	15.0	14.1	1.064
No. 14	0.39	13.74					900	2.30	100	15.2	14.3	1.062
No. 25	0.45	24.06	2.00	1.64			950	2.25	100	5.2	4.8	1.062
No. 15	0.31	14.46		1.85			900	1.74	77	13.2	12.4	1.062
No. 1	0.51	7.54	2.67		2.18		1,100	2.25	100	15.0	14.2	1.057
No. 3	0.63	10.13	2.58		3.35		1,100	2.28	100	15.1	14.3	1.057
No. 4	0.76	8.31	2.51		3.88		1,100	2.25	100	15.0	14.2	1.057
No. 13	0.55	14.99	20.66				1,050	2.30	100	15.0	14.2	1.056
No. 10	0.58	15.50		1.27			1,050	2.25	100	15.0	14.3	1.055
No. 26	0.28	15.15	10.46	1.73		1.34	1,100	2.40	100	15.5	14.7	1.055
No. 9	0.70	15.24		2.58			900	1.00	44	10.0	9.5	1.052
No. 5	0.65	18.58					900	2.28	100	15.1	14.4	1.049
No. 30	0.35	17.46	8.50				1,050	2.30	100	15.2	14.5	1.048
No. 22	0.27	14.42					900	2.30	100	15.3	14.5	1.048
No. 11	0.62	17.49					900	2.34	100	15.2	14.6	1.048
No. 12	0.62	12.81	10.13			3.12	1,000	2.34	100	15.3	14.7	1.041
No. 17	0.22	14.02		0.87			800	2.05	100	14.3	13.8	1.036
No. 6	0.53	14.84	0.59				850	.81	36	9.0	8.7	1.033
No. 8	0.62	20.73	7.95	3.05			950	2.30	100	15.2	14.7	1.032
No. 18	0.41	19.22	5.14				1,000	1.74	77	13.2	12.8	1.031

附表第21 各種耐鑄鋼鍛鍊の難易比較表

其 二 冷 間 の 場 合

鋼 種	化 學 成 分 (%)				ブリネル 硬度	落下高 (cm)	反撥高 (cm)	打撃面 面積 (cm ²)	初めの 高さ (A°)	試験後の 高さ (A')	鍛鍊係數 ($\frac{A}{A'}$)
	C	Cr	Ni	Si (Cu)							
No. 21	0.08	11.78			136	42	3.8	.96	9.5	9.2	1.043
No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73 (1.34)	142	100	14.0	2.25	15.1	14.75	1.023

No. 23	0.10	13.09			146	87	11.9	1.96	13.8	13.5	1.022
No. 25	0.45	24.06	2.00	1.64	352	44	12.0	1.00	5.0	4.9	1.021
No. 20	0.32	18.00	10.79		180	100	18.2	2.25	15.1	14.8	1.021
No. 18	0.41	19.22	5.14		220	77	16.6	1.71	13.1	12.9	1.016
No. 14	0.39	13.74			142	100	13.6	2.25	15.2	15.0	1.013
No. 13	0.55	14.99	20.66		205	103.3	22.4	2.31	15.2	15.0	1.013
No. 12	0.62	12.81	10.13		190	107	21.5	2.40	15.5	15.3	1.012
No. 7	0.50	12.72	9.95		198	100	27.7	2.25	14.85	14.65	1.012
No. 22	0.27	14.42			182	100	20.0	2.25	15.0	14.85	1.010
No. 17	0.22	14.02		0.87	170	87	27.0	1.96	13.8	13.75	1.003

備 考

本表の硬度と附表第4のものと多少の差異あるは各試料に就き一々其硬度を測定せしに因るものにして之を以て硬度と鍛錬の難易とを精確に判定せんとせしに依る。

(E) 鐵附に關するもの

耐鋳鋼の接合に際し從來普通鋼に應用せらるゝ鍛着作業は困難にして完全なる接合を期し難し、本研究にありては之れが代用として鐵附又は銲接に就き解決せるものにして、後者に就きては次項(F)に於て之を記述せんとす。

本實驗に於ては先づ耐鋳鋼の鐵附に適當せる鐵合金を發見し、然る後之に依り各種耐鋳鋼の鐵附を行ひ以て鐵附の難易に就き比較せるものとす。

本目的に對し必要なる鐵合金の性質に關し要求すべき點次の如し。

1. 鐵附容易なるも高溫度に於ける使用に耐ゆるため或る程度迄其熔融點の高きこと
2. 抗力相當大にして使用間破損の憂少なきこと
3. 其色成る可く耐鋳鋼に類似すること
4. 相當耐鋳性を有すべきこと

以下實驗の結果を示すこと次の如し

(I) 豫 備 實 驗

先づ從來一般鐵鋼の鐵附に使用せらるゝ鐵合金に就き研究するに是等鐵合金の種類色及性質掲表の如し。

最近⁽⁵⁴⁾ Monypenny 氏は耐鋳鋼と稱し Cu =

種類	化學成分(%)						色	性質
	Cu	Zn	Ni	Sn	Ag	Bi		
眞鍮鐵	50	50					黃色	稍々脆し
眞 鍮	60	40					黃色	靱性あり
眞鍮鐵	57	28		15			白銅色	脆し
洋銀鐵	47	42		11			淡黃色	稍々脆し
"	35	57	8				白銅色	脆し
銀 鐵	25				75		淡 黃	靱性あり
錫 鐵				95		5	錫 色	靱性あり

〔註〕 (54) Monypenny 氏—“Stainless Iron and Steel.”—1926 P. 75.

44%, Zn=33%, Ag=23%, のものを示せるも實驗の結果其色黄色にして上述の目的に合せず、且つ Ag の含有量多く高價なるを免れず、之を以て先づ其色銅色に近き洋銀鐵を基礎とし之に改良を施し上記の目的に適すべき耐錆鋼鐵に就き研究せり、其經過次の如し。

番號	化學成分 (%)					色	鐵附成績
	Ni	Zn	Ag	Al-B ⁽⁵⁵⁾	Cu		
No. 1	10	30	3	2	55	黄色	容易
No. 2	15	30	3	2	50	白銅色	容易
No. 3	20	30	3	2	45	白銅色	稍々困難
No. 4	20	15	3	2	55	白銅色	稍々困難
No. 5	20	—	—	—	80	白銅色	困難

(a) 「ニツケル」の含有量

Zn 30% を標準とし (Zn 含有

量多きに従ひ靱性並に耐錆性を減少すべきを以て) 之に含有せしむべき Ni の量を決定するため上掲表記の各成分のものに就き鐵附試験を実施せり。

以上の結果に依り Ni の量は 15-20% を適當と認めたり、尙ほ No. 4 及 No. 5 合金に對する試験は参考のため之を実施せるものとす。

番號	化學成分 (%)			色	鐵附成績	性質
	Ni	Zn	Cu			
No. 1	15	30	55	白銅色	容易	靱性あり
No. 2	15	40	45	白銅色	"	稍々靱性あり
No. 3	15	50	35	白銅色	"	脆し

(b) 亜鉛の含有量

Ni の量を一定にし Zn の量を變

化し次の如き實驗を行ふ其結果上表の如し。

Zn の量増加するに従ひ鎔融點降下し鐵附操作容易となるも靱性を減少する外、耐錆性を少なからしむべきを以て Zn の含有量は 30-40% を適當と認めたり。

(c) 銀の含有量

Ag は鐵の成分として絶對必要なるものに非ざるも其色を良好ならしめ靱性を増加するの傾向ある

番號	化學成分 (%)				色	銀を含まざるものとの比較	番號	化學成分 (%)				色	銀を含まざるものとの比較
	Ni	Zn	Ag	Cu				Ni	Zn	Ag	Cu		
No. 1	15	30	—	55	白銅色	銀を含まざるもの (No. 1) に比し銀を増すに従ひ其色白色を帯ぶるも稍々著しきは 3% 迄にして 5% 以上を含ましむる必要を認めず	No. 5	15	40	—	45	白銅色	兩者の區別殆んど無し
No. 2	15	30	3	52	"		No. 6	15	40	3	42	"	
No. 3	15	30	5	50	"		No. 7	15	50	—	35	"	色に於ける兩者の區別は認めざるも銀を含めるもの其實緻密となる
No. 4	15	30	15	45	"		No. 8	15	50	3	32	"	

を以て之を附加するに決定し表記の如き實驗により適量を定む。

上記の結果 Ag の含有量は約 3% を以て適當とす、之れ同量以上は其效果著大ならざると鐵合金

の價格をして高價ならしめざるなり。

(d) 硼素或は Al-B 合金の含有量

鐵附作業に於て最も困難を感じるは鐵附部分の酸化にして之を防ぐため媒熔劑を使用すると同時に鐵合金自身にも脱酸力を保持するの有效なるは已に研究せし處にして之に⁽⁵⁶⁾對し硼素を鐵合金中に含有せしむるを最も適當とし Al-B 合金として配合せり、今同合金含有量を決定するため次の如き實驗を行ふ。

番號	化學成分 (%)					色	硼素を含まざるものとの比較	番號	化學成分 (%)					色	硼素を含まざるものとの比較
	Ni	Zn	Ag	Al-B	Cu				Ni	Zn	Ag	Al-B	Cu		
No. 1	15	30	—	—	55	白銅色	硼素を含まざるもの (No. 1) と比較するに外觀上何れも鑄造面を美麗にす	No. 3	15	30	3	1	51	白銅色	Al-B 1% のものにおいて 2% のものに比し少々靱性を減少す
No. 2	15	30	—	2	53	〃		No. 4	15	30	5	1	49	%	

之を以て Al-B の含有量は 1~2% を以て適當量と認めたり。

(e) 適當なる耐鋳鋼用鐵

以上研究の結果耐鋳鋼用鐵として適當なる成分と認むべきもの次の如し。

Ni 15-20%, Zn 20-40%, Ag 2-4%, Al-B 1-2%, Cu 殘餘。

(特許第 76991 號)

(II) 本 實 驗

(a) 耐鋳鋼用鐵合金の製造

前述の範圍に依り次に示す 6 種の耐鋳鋼用鐵合金を製造し之が性質に就て調査せり

番號	化學成分 (%)					色	熔融點 (°C)	使用難易	番號	化學成分 (%)					色	熔融點 (°C)	使用難易
	Ni	Zn	Ag	Al-B	Cu					Ni	Zn	Ag	Al-B	Cu			
No. 1	15	30	3	1	51	白銅色	1,050°	容 易	No. 4	20	30	3	1	46	白銅色	1,050°	容 易
No. 2	17	30	3	2	48	白銅色	1,050°	容 易	No. 5	20	15	3	2	55	白銅色	1,100°	難
No. 3	17	10	3	2	68	帶淡黃白銅色	1,100°	難	No. 6	15	40	3	1	41	白銅色	1,100°	容易なるも脆し

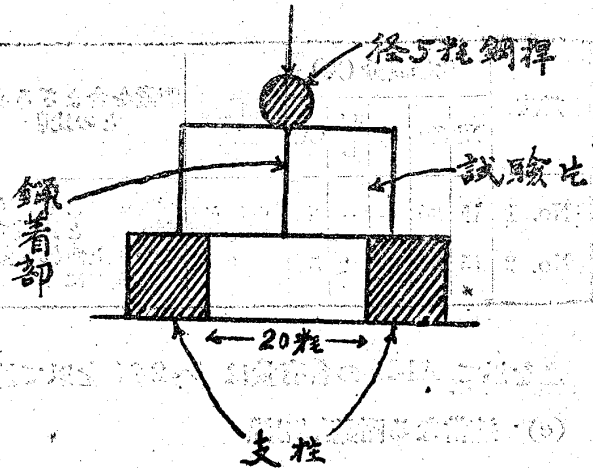
上記各種鐵中 No. 4 を以て最も適當とし之を以て鐵附試驗を實施せり。

(b) 鐵 附 試 驗

[註] (55) 鐵合金中に Al-B を加へ特殊の性能を附與し得ることに就きては一科研報告第 91 號-著者及外一名“特許輕銀鐵”參照。

上記研究の結果 No. 4 號を以て最も適當なるものと認め同鐵を用ひ各種耐鑄鋼に對し鐵附の難易を比較するに其結果附表第 22 に示す如し、但し實驗に供せし耐鑄鋼は各種成分の代表にして各々其用途を顧慮し燒入の状態にあるものとす、但し No. 13 及 No. 30 耐鑄鋼は之れが使用に當り燒入の必要なきを以て素材の儘實驗に供せり、尙ほ半硬鋼は其鐵附の難易を耐鑄鋼と比較するため耐鑄鋼鐵を用ひ鐵附し以て比較の標準とせしものとす。

鐵附部の抗力を比較するためモール式抗張試験機(前掲)を使用し右圖の如き要領に基き壓縮試験を實施し鐵附部破斷に至る迄の全壓力を鐵附部の面積にて除し平方耗上の壓縮力に就き比較せり、其結果附表第 22 に示す如く其抗力の大小は概して同表中にある鐵附の難易及其結果と一致するを見るも何れも其抗力相當大にして使用上何等の缺點を見ず、之を以て本鐵合金は耐鑄鋼鐵として使用上何等の差支へなきを知るなり。



本實驗の結果を見るに鐵附の最も容易なるものは Cr 以外 Ni を含有するか又は之に Si を含有せる耐鑄鋼にして Cr を主とするものにおいて酸化度稍々大にして本鐵を以てする鐵附上記耐鑄鋼のものに比し稍々困難にして Cr の増大と共に鐵附作業益々困難なるを知るなり、尙ほ普通鋼に於ては高溫に於ける酸化の程度一層大なるを以て本鐵に依る鐵附稍々困難なるを認めたり、之れ本實驗に於て考案せし耐鑄鋼鐵の熔融點普通のものに比し稍々高く従つて斯の如き結果を生ぜしものなりとす、將來耐鑄鋼及普通鋼兩者の接合に適する鐵合金を發見すべく目下研究中に屬す。

寫眞圖第三十五 No. 1 は上記耐鑄鋼鐵により鐵附せし局部の景況を示すものとす。

本鐵の耐鑄性並に抗張力に就き眞鍮鐵 (Cu 67%, Zn 33%) と比較するに其結果次の如し。

(a) 露天試験の成績

種類	10 日後の状態	30 日後の状態
眞鍮鐵	極僅かに酸化せる景況を呈す	表面酸化膜を以て覆はるるも其厚さ大ならず
耐鑄鋼鐵	變化なし	表面僅かに變化するも尙ほ光澤を失はず

(b) 抗張試験の成績

本試験の結果は本表に示す如く之を以て本鐵は其耐鑄性及抗力に於ても普通の鐵合金に優るを以て耐鑄鋼の鐵附に適當なるものと認め得べし。

種類	抗張力 (%)
眞鍮鐵	22
耐鑄鋼鐵	30

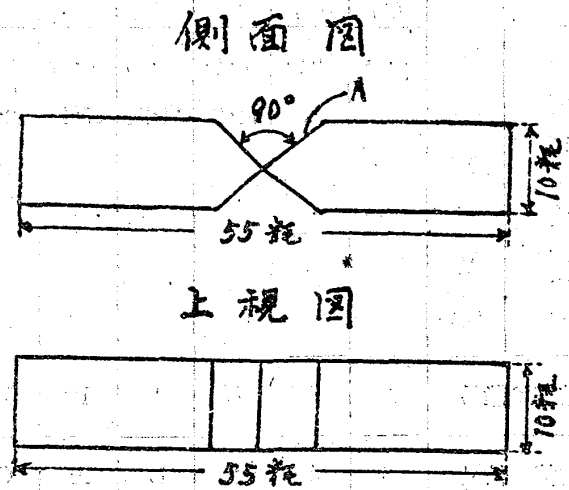
附 表 第 22 各 種 耐 鑄 鋼 鑄 附 試 驗 成 績 表

鋼 種		No. 16	No. 23	No. 11	No. 18	No. 27	No. 13	No. 30	No. 8	No. 15	No. 17	No. 3	No. 26	半硬鋼
化 學 成 分 (%)	C	0.40	0.10	0.62	0.41	0.14	0.55	0.35	0.52	0.31	0.22	0.51	0.28	0.48
	Cr	14.13	13.09	17.49	19.22	12.18	14.99	17.46	20.73	14.46	14.02	9.43	15.15	
	Ni				5.14	1.97	20.66	8.50	7.95			2.91	8.24	
	Si								3.05	1.85	0.87		1.73	0.15
	W											2.91		
	Cu												1.34	Mn 0.34
鑄 附 の 難 易		B	A	B (稍々酸化)	A	A	B	B	A	A	C	A	A	C (酸化多し)
結 果		C	C	B	B	C	A	B	A	B	C	A	A	D
鑄 附 部 の 抗 力 (抗 壓 力 kg/mm ²)		26	27	20	24	27	26	24	29	25	20	31	28	1-5

(F) 鑄 接 に 關 する も の

實 驗 の 結 果 耐 鑄 鋼 の 鋳 着 は 困 難 に して 假 令 其 附 着 せ し も の と 雖 も 確 實 な る 接 着 を 缺 く を 以 て 最 も 普 通 に 行 は る 酸素アセチレン吹管を用ひ鑄接を実施し以て各種耐鑄鋼に就き鑄接の難易を比較せり、但し同鑄接法は電氣鑄接法に比し應用廣きと尙ほ電氣鑄接法にありては已に之れが研究を実施せし者あればなり⁽⁵⁷⁾。實 驗 の 際 使 用 せ し 鑄 接 材 は No. 35 耐 鑄 鋼 の 針 金 に して 同 鋼 は 酸 化 に 對 し 善 く 抵 抗 し 得 べ き 能 力 有 る を 認 め 之 を 選 定 せ り。

鑄 接 に 使 用 せ し 材 料 は 衝 擊 試 驗 片 の 試 驗 濟 材 料 を 利 用 せ し も の に して 其 切 斷 部 を 下 圖 の 如 く 斜 削 し 之 を 密 着 に 依 て 生 ず べ き 凹 部 の 角 度 を して 約 90° を 保 た し め 先 づ 酸 素 ア セ チ レ ン 吹 管 を 以 て A 部 及 鑄 接 材 を 同 時 に 加 熱 す、此 際 鑄 接 す べ き 材 料 は 相 當 の 大 さ な る を 以 て 急 に 加 熱 し 難 く 先 づ A 部 に 焰 の 大 部 を 向 け、A 部 の 面 熔 融 して 其 尖 端 融 合 せ ん と す る 時 鑄 接 材 を 之 に 近 づ け、其 鑄 融 せる 部分より A 部 の 空 間 を 充 填 す、次 て 上 下 を 轉 倒 し 同 様 に 之 を 填 た し 更 に 側 方 より 之 を 補 修 し 最 後 に 鋳 造 に 依 り 其 形 狀 を 補 正 し 然 る 後 藁 灰 中 に 之 を 緩 冷 す。



[註] (57) C.E. Macquigy 氏 — “the Metal Industry” — 3rd Dec. 1926.

本實驗に示す如き寸法の角材の銲接に要する銲接材の量は徑 2 mm の線材約 30 cm にして所要時間は鋼種に依り一樣ならざるも約 3-5 分時を必要とせり。

本實驗により得たる結果を表示すれば附表第 23 に示す如し、但し A は最も銲接し易きもの又は其結果良好なるを示し B は普通の場合、C は其程度 B に劣ることを意味するものにして銲接困難なりと云ふにあらず。

同表を通覽するに銲接には普通鋼を以て最も容易なりとするも耐鑄鋼中之に次ぎて容易なるものあり、No. 3, No. 21, No. 35 の耐鑄鋼之にして何れも Cr の含有量少なく且つ炭素量割合に少なきか又は Ni の少量を含有せるものにして Ni 8% 以上又は Si を含有せるもの銲接稍々困難なるものゝ如し、尙ほ半硬鋼にありては銲接材として耐鑄鋼を用ふる場合と普通軟鋼を用ふる場合とに於て銲接に大なる差異を認めざりき。

尙ほ本試驗の如く酸素アセチレン法に依るときは媒銲劑を要せず、上記の如く容易に之を實施し得べきを以て本銲接法は耐鑄鋼の銲接には最も便利なりと思考せらる。

寫眞圖 第三十五 No. 2 及 No. 3 は共に耐鑄鋼銲接部の状態を示すものにして No. 2 は No. 3 耐鑄鋼を又 No. 3 は No. 16 耐鑄鋼を銲接せしものにして兩者共に完全なる接合部を形成しあるを見る。之を以て本銲接法は此種目的に對し適當にして然も各種耐鑄鋼は何れも銲接を實施し得るの可能性あるを認めたり。

本實驗に於ても鑄附の場合と同様に銲接部の抗力を測定せんと之を抗力試驗に附せしに各試験片共銲接確實にして多くは銲接部中央より破斷せしを以て此種試驗に依る抗力値の比較は當を得たるもの

附表第 23 各種耐鑄鋼銲接比較表

鋼種		半硬鋼 (1)	同上 (2)	No. 16	No. 21	No. 11	No. 27	No. 7	No. 20	No. 30	No. 35	No. 10	No. 15	No. 3	No. 26
主要化學成分 (%)	C	0.48	0.40	0.40	0.08	0.62	0.14	0.50	0.32	0.35	0.13	0.58	0.31	0.63	0.28
	Cr			14.13	11.74	17.49	12.18	12.72	18.00	17.46	17.59	15.50		10.13	15.15
	Ni						1.97	9.95	10.79	8.50	7.35			2.58	8.24
	Si	0.15	0.15									1.27			1.73
	W													3.35	
	Cu														
銲接の難易		A	A	B	A	B	B	B	B	C	A	C	C	A	B
銲接の結果		B	A	A	B	A	C	B	B	C	A	B	C	B	B
備考		半硬鋼の部に於て (1) は銲接劑として No. 35 耐鑄鋼を使用せし場合 (2) は普通の軟鋼を使用せし場合の結果を示すものとす													

に非ざるを以て前述の如く視察に依り銑接の結果を A, B, C の3種を以て判定せり。

尙ほ銑接部耐錆性の如何を知るため約2ヶ月間露天試験を実施せしに銑接に依り著しき耐錆性の變化を認めざりき。

(X) 切味に関する實驗

耐鋳鋼製刃物の切味に就きては良好なりと云ふ者あり、又は不良なりと稱する者あり、未だ確實に發表せるものを見ず、茲に同鋼を兵器に應用するの目的を以て本實驗を行ふ、先づ各種耐鋳鋼を以て製造せる小刀の切味に就き實驗し之を以て切味良好なる鋼種を判定し⁽⁵⁸⁾次で切味良好なる鋼に適當なる熱處理法を施し以て日本刀を製造し試切に依り其切味の良否を從來の日本刀と比較せるものとす。

(A) 小刀の切味

各種耐鋳鋼よりなる小刀の金質を調査し鋼種に依り之を分類し尙ほ小刀の出來しあらざる鋼種に對しては研究材料を以て小刀を製作し其切味の良否を判定す、東北帝國大學金屬材料研究所に於ては⁽⁵⁹⁾最近切味試験機を設計し之に依り刃物の切味研究中なるも本實驗にありては主として實用的試験により之れが判定を行ひ同研究所の考案に依る切味試験に依りて得たる數値は之を参考に供せしものとす。

實驗に供せし刃物の種類は寫眞圖第三十六及附表第24に示す如く各種耐鋳鋼よりなる、今各小刀の刃部を同程度に仕上げ其切味を比較するため先づ青砥石に依り其製作せし刃部の形狀に従ひ之を銳利ならしめ〔刃部角度の大小は勿論切截に對する必要なる因子なるも各小刀は夫々専門家の製作に依り有利に成形しあるを認め(16°-20° 稀に 28°) 尙ほ比較試験は同一人に依り成る可く比較の結果をして公平ならしむる如く計畫せり〕更に其面を滑かにするため 0000 の研磨紙を以て各種同様に研磨し最後に革砥を用ひ之を仕上げしものとす。

最初各小刀は孰れも西洋紙を宙に支へ自由に之を切截し得たるも此際已に切味に若干の差を認め、次で同一材質の杉材を使用し第1回には單に一回宛にて大體の切味を試み(第1回試切)次に各10回切斷して其切味を檢せるに第1回に比し切味の變化を見たり、今之を A, B, C, D, の4級に區分し A は最も切味の良好なるもの、以下 B, C, D, の順序に切味漸次低下するものを代表せしむれば其結果附表第24に示す如し、次に上記各級中にて更に切味を比較するため各試料に對し十數回の試切を行ひたるに之に依り切味に變化せるものあり遂に切味の順序を決定すること同表に示すが如し、(切味順序中 1 は 2 よりも切味良好なるを意味す)。

〔註〕 (58) 理學博士、本多光太郎氏は“金屬の研究”第三卷十號に於て特殊鋼刃物の切味として Cr, Mo, W 等の效果に就き發表せるも其供試材料は 0.9 乃至 1.3% の炭素を含有し尙ほ是等特殊元素の量亦 0.5~1.0% にして本研究に示す如き耐鋳鋼に就きては言及せられず。

(59) 理學博士、本多光太郎氏“金屬の研究”第三卷第十號 P. 465-489.

附表第 24 に依れば市井に販賣せる小刀中切味良好なるものの組織は概ねマルテンサイトにして耐鑄鋼中焼入硬度大なるものに屬す、尙ほ其切味は硬度に關係し従て硬度大なる $C=0.4\%$ 附近にして $Cr\ 11-17\%$ を含有する耐鑄鋼の切味を最良とし之に次ぐを $Cr>17\%$ を含有する耐鑄鋼とし Si 又は Ni を含有せる耐鑄鋼は切味試験の結果良好ならざるを知るなり尙ほ W を含有せる耐鑄鋼の硬度も大なるを以て此種目的に適するものと認めたり。

尙ほ之を詳述すれば刃物として切味良好なるもの、硬度は概ね 530 以上にして (No. 4 は例外) 最も切味良好なるもの、硬度は 600 に近く又硬度 400 以下のものは其切味良好ならず、殊に硬度 200 以下の刃物は研磨に依り容易に鋭利なる刃先を生ずるも使用間忽ち磨損し切味不良となる、則ち刃物として不適當なるを知るなり。

附表第 25 は本研究の結果切味順序上中下相異なる 7 種の小刀を選び金属材料研究所に依り同所考案の切味試験機に依り切味順序を決定せしものにして其結果を本研究のもの (附表第 24) に比較すれば試料番號 No. 1 及 No. 2 を除けば其切味順序略々一致するを見る、而して其一致せざる No. 1 及 No. 2 小刀は本研究所に於ては切截材料として紙及杉材を用ひ金屬研究所に於ては紙材を採用せ

附表第 24 小刀切味試験成績表

(著者研究の分)

番號	相當鋼種	第1回試切(1回)	第2回試切(10回)	切味順序	硬度	組織	番號	相當鋼種	第1回試切(1回)	第2回試切(10回)	切味順序	硬度	組織
1	標準炭素鋼	5	A	2	690	M	11	No. 18	19	D	20	340	A+C(少)
2	No. 8	1	C→D	19	190	A+C(中)	12	No. 16	3	A	5	576	M
3	No. 25	9	B	8	393	A+C(多)	13	No. 16	2	A	1	617	M
4	No. 19	8	A	4	512	M+C(多)	14	No. 15	16	B	12	457	M+C(少)
5	No. 15	18	C→D	18	504	M	15	No. 11	4	A	6	532	M+C(少)
6	No. 33	6	B→C	14	566	M	16	No. 11	10	B→C	11	544	M+C(小)
7	No. 14	13	B	9	532	M	17	No. 15	20	C→D	17	566	M
8	No. 27	17		15	555	M	18	No. 16	11	AB	7	589	M
9	No. 15	14	B→C	13	566	M+C(少)	19	No. 15	12	C	16	555	M
10	No. 14	15	B	10	532	M	20	No. 11にセメンテーションを施せるもの	7	A	3	624	M+C(多)
摘要		(1) No. 3 及 No. 11 小刀の其組織に比し硬度稍々高きは冷間加工に依り其硬度を増大せしものと見るを得べし (2) 各小刀の製造所は明なれども之れが公表を憚る。附表第 25 に於ても同様なり。											

るに依り此差異を見たるものにして No. 2 小刀の如きは過軟なること明にして日本刀地金として採用すること不適當なるを認め本研究の目的には寧ろ附表第 24 の結果を以て適當と認め上記結論を以て爾後に於ける諸實驗の基礎に採用せり。

附表第 25

小 刀 切 味 試 験 成 績 表

(金 屬 材 料 研 究 所 の 分)

番 號	相 當 鋼 種	刃 角 (度)	第 1 回 試 切	第 100回 試 味	切 味 順 序		硬 度	本 研 究 に 於 け る 切 味 順 序	番 號	相 當 鋼 種	刃 角 (度)	第 1 回 試 切	第 100回 試 味	切 味 順 序		硬 度	本 研 究 に 於 け る 切 味 順 序
					研 磨 後									研 磨 後			
1	炭素鋼	16°	44	4	5		690	1	14	No. 15	17°	30	2	7		457	6
2	No. 8	20°	84	10	1		190	7	16	No. 11	28°	32	8	4		544	5
4	No. 19	18°	56	6	3		512	3	20	No. 11 にセメン テーショ ンを行へ るもの	16°	56	6	2		624	2
7	No. 14	19°	32	2	6		532	4									

(B) 日本刀の切味

(A) 項小刀切味試験の結果切味良好なる耐鑄鋼は Cr を主とする耐鑄鋼なるを知り同種鋼を以て寫眞圖第三十七 No. 1 及 No. 2 に示す如く 2 振の日本刀を製作し (刀匠、美濃國加茂郡加治村、丹羽兼信氏) 其一を以て (No. 1) 陸軍戸山學校に依り試切を実施せり、但し日本刀に對する切味試験に就き發表せる 2 論文⁽⁶⁰⁾⁽⁶¹⁾ あるも本研究に於ては上述の如く實際の試切を行ふの便宜ありたると其目的日本刀又は軍刀の製作に適する金質の選定にあるを以て本法を採用せり、蓋し此方法を應用せるは日本刀としての眞價值を知るに最も近きものありと認めればなり、然れども切味と硬度との關係を精確に知るために後述するが如く刃物の切味に關する他の諸實驗 (C) をも實施せり。

其法寫眞圖第三十八に示す如く試切材料として次の如き藁束、青竹入藁束、青竹を採用し。

1. 藁束は水中に浸漬しありたる米空俵 1 枚を堅く巻きて緊縛せるもの 2 個を重ねて切臺上に堅く結着せるものを用ひ (寫眞圖第三十八参照以下同じ) 其 2 個を重ねたる高さ約 160-170 mm とす。
2. 青竹入藁束は上記藁束内に拇指大の青竹を挿入せるもの。
3. 青竹は徑 40 mm 内外の青竹を藁束上に置きたるもの。

上記材料に對し陸軍戸山學校教官及助教交互數十回の試切を行ひ次の如き結論⁽⁶²⁾を得たり。

1. 切味は日本刀中位のものに相當す。

[註] (60) 石田四郎氏——鐵と鋼大正十三年 No. 10 “刀の「切れ味」又は切斷效率に就て”

(61) 理學博士本多光太郎氏外二名——金屬の研究第三卷第十號。“刃物の切味に就て”

(62) 陸軍技術本部報告——“第一回耐鑄鋼軍刀試切の結果概要” 大正十四年十月

2. 尚ほ弾性及硬度を増加するを要す。
3. 寸法、刀反及重量適當なるも重心の位置を今少しく前方にするを操用に便なりとす。
4. 更に金質を改め試製を行ひ再試験を行ふの必要ありと認む。

寫眞圖**第三十八** No.1 及 No.2 は試切の實況を示し No.3 は試切後の日本刀及試切せる材料の状態を示すものとす。

上記日本刀の材料は其鋼種 No.14 に相當シダイヤモンド硬度試験機に依り 同日本刀各部の硬度を測定せしに次の如き結果を得たり、此種硬度は著者の希望するところにあらざるも第1回の試作に就て之を實驗に附せしものとす、又本研究に於て No.14 耐錆鋼を採用せしは當時工場に保有せし鋼材の内に No.16 及 No.11 等の耐錆鋼を有せざりしを以てなり。

刀種	硬 度	
	刃部	鎧地
No. 1 日本刀	382	295
No. 2 日本刀	365	235

試切試験の結果本日本刀の切味良好にして日本刀の中位にありたるも第3回目より屈撓を生じ之を矯正しつゝ試切を行ひたるを以て其眞價を充分に發揚し得ざるの感ありしとネタ刃を合する際從來の日本刀に比し稍々軟かき感あり、最後に2回に亘り廢銃を斬撃し其強度を試みたるに寫眞圖**第三十八** No.3 に示す如く切先より約9寸の處にて僅

かに屈撓するも折損することなく軍刀として其靱性の充分なるを確め得たり。

上記結果を綜合するに本日本刀は其靱性充分大にして折損又は刃コボレ等の缺點なきも其硬度及形狀に於て缺くる處ありたるを以て其金質を改良し形狀を改め第2回の試切を実施せり、今其結果の要點を述べれば次の如し。⁽⁶³⁾

1. 切味は略々日本刀中位のものに相當し第1回試製刀と大差なし、是れ重ね厚く刃角稍々鈍にして其研き方多少喰刃の如くなりあるに因るならむ、附刃に際し尚ほ鋭角ならしむるを要す。
2. 弾性及硬度は可にして第1回の如く屈撓することなく充分改良の目的を達したるものと認む。要するに金質の選擇は概ね可なるも製作技術に於て尚ほ研究を要するものと認む。

第2回試切の際使用せし耐錆鋼製日本刀の金質、形狀及重量を第1回のもものと比較すれば次の如く尚ほ No.2 日本刀は硬度 No.1 に比し更に小なるを以て之れが試切を実施せざりき。

(金 質)

金屬顯微鏡により其組織を検するに寫眞**第三十九** No.2 に示す如く No.1 日本刀に比しセメントイトの析出多く以て C 及 Cr の増大を知るなり、但し此種組織は (A) 項に示せる實驗の結果切味稍々良好なるものにして製作者に於ても硬度大なる鋼

刀種	主要化學成分 (%)		
	C	Cr	Si
No. 1 日本刀	0.58	15.41	0.46
No. 2 日本刀	0.61	17.49	0.09

材として本鋼を選定せしものなり、但し次の實驗に於ては No.16 耐錆鋼の如く Cr 含有量の少なきものにして切味更に良好なるべき鋼種に就きても實驗を行へり。

[註] (63) 陸軍技術本部報告——“第2回試製耐錆鋼軍刀試切の結果概要”——大正十五年三月

(形 狀)

(重量及長さ)

刀 種	造 り	反	長 さ	幅	厚
No. 1 日本刀	鑄造り	華表反	667	26.3	6.7
No. 3 日本刀	同 上	同 上	678	29.0	7.3

刀 種	長さ、mm (尺)	重量
No. 1 日本刀	667 (2.26)	578
No. 3 日本刀	678 (2.21)	770

No. 3 日本刀の硬度をダイヤモンド硬度試験機に依り測定し之を従來の日本刀及軍刀の硬度と比較せしに其結果次の如し。

刀 種	硬 度		刀 種	硬 度		刀 種	硬 度	
	刃部	鎧地		刃部	鎧地		刃部	鎧地
備前國住祐定(永正)	708	217	相模國住秋廣	641	283	相模國住安重	565	243
美濃國住兼元	705	225	備前國住祐定	623	370	No. 3 日本刀	440	260
大和國住政次	650	312	山城國住信國	611	275	軍 刀	400	400
備前國住正恒	647	244	肥前國住忠廣	590	207	No. 6(最後)日本刀	612	442

由來硬度と切味とは比例的に關係あるものに非らざるべきも刃部の形狀同一なれば硬度(脆性を増加せざる限り)大なるもの先づ切味良好なること(A, 小刀切味試験に於ても知ることを得べく、No. 3 日本刀の硬度は No. 1 日本刀のものに比し大にして尙ほ従來の日本刀と同様に刃部及鎧地に於て硬度の差あるを認めたり、之れ其焼入法従來の日本刀に於けるものと同様の方法を採用せしと耐鑄鋼の特性として局部焼入⁽⁶⁴⁾を行ひ得るを以てなり。

尙ほ第2回試切の際陸軍戸山學校にて保管せる切味良好なる日本刀と本 No. 3 日本刀を用ゐる同一人を以て試切を行ひ其切味を比較せしに次の如き結果を得たり。

所 用 刀	試 切 材 料	斬撃量 (mm) (平均)	人 名	所 用 刀	試 切 材 料	斬撃量 (mm) (平均)	人 名
水心子正秀 ⁽⁶⁵⁾	藁 束	135	平賀中尉	No. 3 日本刀	藁束の中心に徑20粒の竹を挿入せしもの	14)	中山大尉
No. 3 日本刀	同 上	125	同 人	同 上		竹完全に切斷	青木曹長
水心子正秀	同 上	120	中山大尉	同 上		同 上	同 人
同 上	同 上	150	同 人	同 上		竹不完全に切斷	松本大尉
No. 3 日本刀	同 上	140	同 人	同 上		竹完全に切斷	同 人

上記諸實驗の結果耐鑄鋼製日本刀の切味は之を軍刀として採用するも差支へなき程度にあるも更に切味をして良好ならしむるため刃部の硬度を増大するの必要あるを認め次の如き實驗を行へり。

(C) 硬度の増加と切味との關係。

上記實驗の結果試製日本刀の硬度充分ならず、従て其切味をして未だ理想の域に達せしむること能

〔註〕 (64) H. H. Abram 氏—The Chem. & Met. Engineering.—March 17, 1924, p 430-431.

(65) 水心子正秀の韋書には文化十五年二月とあり。

はざりしを以て先づ硬度を更に増大すべき焼入温度を決定すると同時に前述小刀の切味試験に於ては刃角未だ一定ならざりしを以て之を一定にし硬度並金質と切味との關係をして一層明瞭ならしむべく。次の諸實驗を行へり。

(1) 焼入温度の決定

(A) 項に於て切味良好なる耐錆鋼は Cr を主とする No. 16 及 No. 19 耐錆鋼及 W を含有する No. 3 耐錆鋼なるを知り尙ほ之れと切味を比較するため No. 5, No. 15 及 No. 31 等の耐錆鋼をも選び先づ硬度最も大なるべき焼入温度を決定せり則ち次表の如し

鋼種	主要化學成分(%)					組織	硬 度					
	C	Cr	Ni	Si	W		900°C	950	1,000	1,050	1,100	1,150
No. 16	0.40	14.13				M	440	485	600	544		
No. 5	0.65	18.58				M+C		370	542	466		
No. 15	0.31	14.46		1.85		M+C	364	426	577	513		
No. 3	0.63	10.13	2.58		3.35	M+C				542	600	
No. 31	0.15	12.94	0.61			M	265	370	474	474	266	

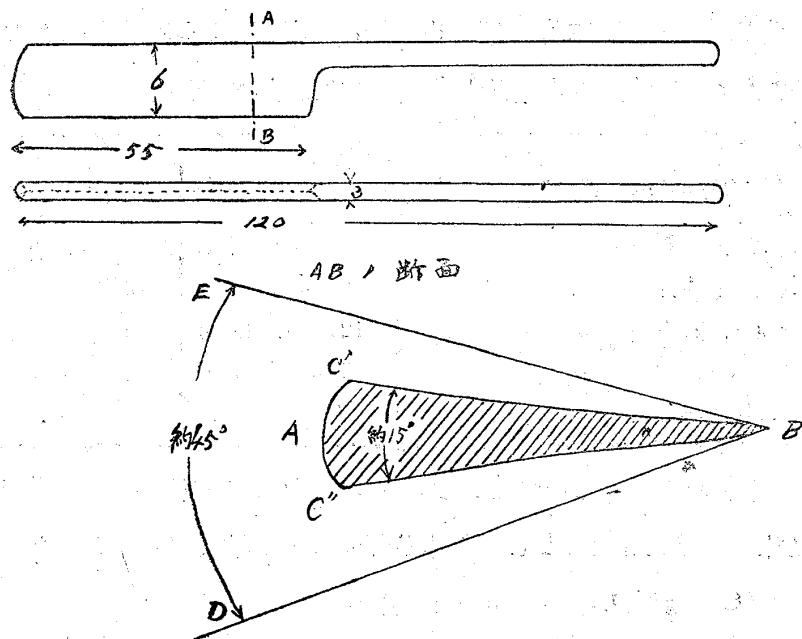
鋼種	焼入温度	硬度
No. 16	1,000	600
No. 3	1,150	600
No. 5	1,000	542
No. 31	1,050	474
No. 15	1,000	577

即ち硬度最も大なるべき焼入温度としては上表中右表の示す如き温度を採用するを適當と認めたり。

(2) 切味試験用小刀の作成

上記各地金を本研究により決定せし鍛造温度にて鍛造し〔(IX) (D) 項参照〕一定寸法の小刀を作成す、之がため外科用小刀の製作に經驗ある陸軍衛生材料廠の熟練工をして次記形状の小刀を製作せしめ焼入は當所に設くる電氣爐に依り上記焼入温度に加熱せし後5分間同温度に保持し油中にて焼入を行ひ其硬度適當なるや否やに就き點檢し然る後仕上作業は再び衛生材料廠に依托し熟練工により5本の切味試験用小刀を完成せり其寸法右圖の如し。

切味試験用小刀の形状及寸法(單位 mm)



即ち刃角 $\angle C'BC''$ は約 15° にして附刃の角度 $\angle DBE$ は之れより稍鈍にして約 45° とす附刃は京都府葛野郡「梅ヶ畑」産「合せ砥」を用ゐ極めて細微のものを採用し之に油を塗り仕上専門の職工により之を仕上げたるものなり、其後革砥、

鋼 種	小刀の 硬度	所 望 硬 度
No. 3	578	600
No. 5	550	542
No. 15	555	577
No. 16	600	600
No. 31	525	474

を用ひて數回研磨し刃先の形狀をして良好ならしめ試験に供せり。尙ほ同一形狀を與へたる炭素鋼（同材料廠に於て切味最も良好なる地金と稱するもの）製小刀をも試験中に加へ切味の比較試験を実施せり。

今上記焼入に依り得たる硬度を表示せば左表の如し。

(3) 試 験 法 及 試 験 機

試験法としては實用的試験竝に本多式切味試験機に依る試験の兩者を採用せり、蓋し今回の試験は硬度と切味との關係を明確にするため數量的結果を欲せし外 (A) 項の如く試料中硬度著しく小なる耐鋳鋼を有せず本機を用ふるも略々實用的試験と同様なる結果を得べきものと信ぜられしを以てなり、尙ほ後者を用ふれば其結果を既に本多博士に依り發表せられある刃物の切味と比較し得るの便ありたればなり、従つて本試験は金屬材料研究所に於て實施しつゝある方法と全然同一なる方法を用る用紙も 60 斤の「ザラ」紙(機械購入の際切味試験機に附屬し來れる見本と同様のもの)を幅 1 cm に切斷し其 200 枚を積み重ねたるものに對し試験を実施せり、又刃物に加へたる壓力は刃物を含み 1.500 kg に一定し引切りの距離 2 cm にして一往復を以て 1 回となす。

斯くの如くして 1 回より 10 回毎に 100 回迄の切味試験を実施し次項に示す如き結果を得たり、但し引切りの速さに依り切味にも多少の變化ありたるを以て練習の結果略同様なる速度を得（一往復に要する時間約 1/2 秒）且つピース印剃刀をも本試験に加へ其結果を金屬材料研究所發表のものと比較し略々同一の切味を得以て基準とせり。

試験の際刃先の垂直に置かるゝことは極めて必要にして尙ほ紙押へにて締付けたる程度も亦切味に關係あるを以て凡て同一状態に於て試験を実施せり。

(4) 試 験 の 結 果

(a) 實用的試験 (A) 項に掲げたる小刀の切味試験と同一の方法に依り次表に示す如き結果を得たり。

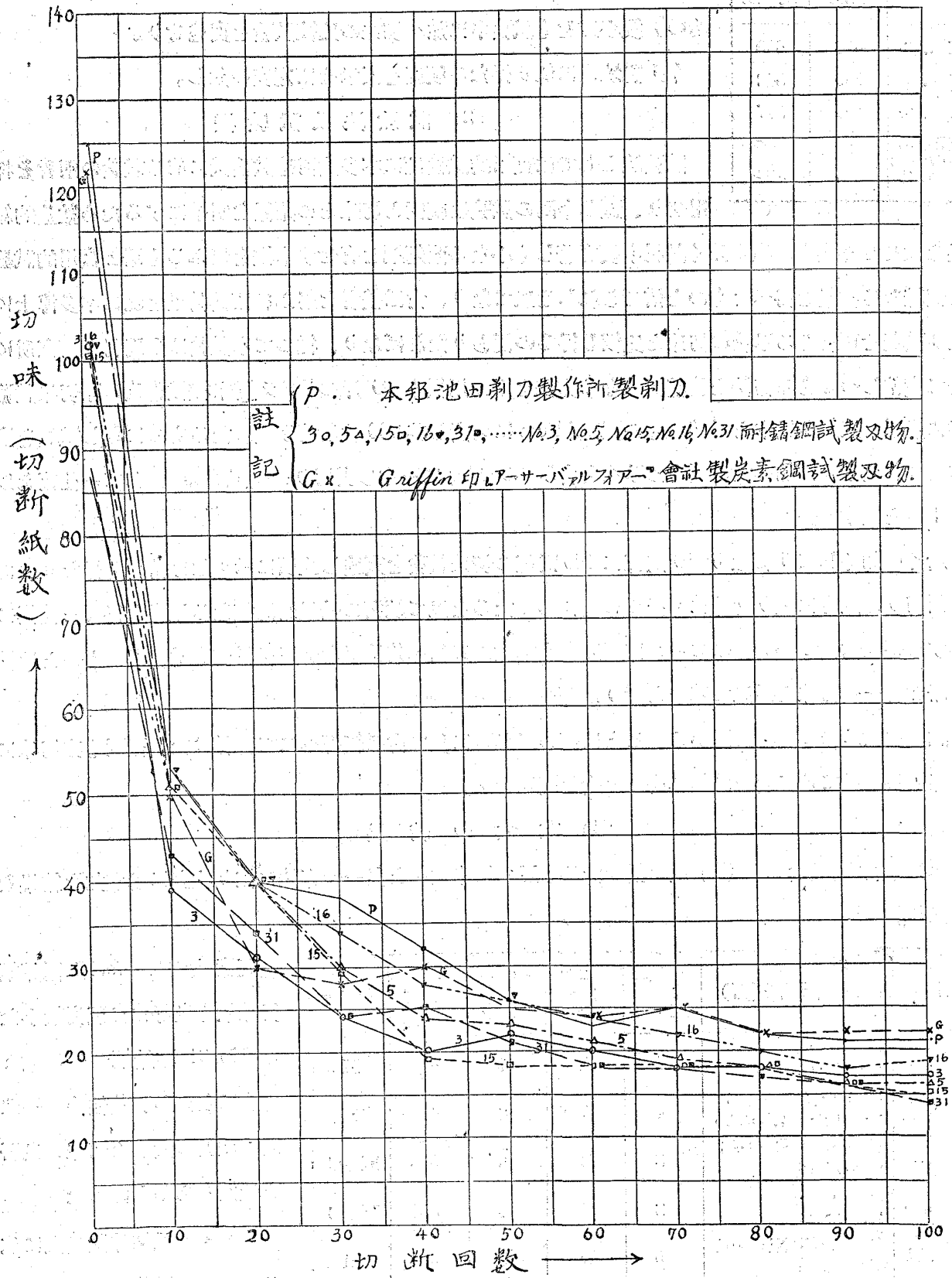
鋼 種	主要化學成分(%)	第 1 回 試 切 (1 回)	第 2 回 試 切 (10 回)	切 味 順 序	硬 度	組 織
No. 16	C = 0.40 Cr = 14.13	1	A	1	600	M
No. 3	C = 0.13 Ni = 2.5 Cr = 10.13 W = 3.35	4	A	2	578	M
No. 15	C = 0.31 Si = 1.85 Cr = 14.46	3	B	3	555	M + C
No. 5	C = 0.65 Cr = 18.58	2	C	4	550	M + C
No. 31	C = 0.15 Ni = 0.61 Cr = 12.94	5	D	5	525	M

硬度大なる No. 16 耐鋳鋼切味最も良好に又硬度最小なる No. 31 耐鋳鋼の切味稍々劣れるを見る、他のものは略々硬度の大小と切味の良否と比例しあるを認めたり。

(b) 本多式切味試験機に依るもの 試験に供したる刃

物の種類及成績は次頁曲線圖に示す如く今其結果を精査するに

耐鑄鋼切味試驗成績曲線圖



第 1 回の切味を見るに何れも 85 枚以上を切斷し其最も良好なるものは 125 枚に及ぶ。即ち切斷用紙の厚さに換算すれば 6~13 mm の切込を得たり、其内 P は市販剃刀を其儘使用せしものにして (前述せる如く將來他所の實驗結果と比較し得んため標準として使用したり、其硬度 657) 其刃先薄くして切込 13 mm に於ては刃物の進入に對する抵抗前記切味試驗用刃物のものに比し小なり、之れ後者は其幅 9 mm にして 6 mm の切込に對し已に其肉厚のため大なる抵抗を受くること明なり、從て本機を採用する際刃部の形狀異なるものありては此點に注意するを必要とす、而し本實驗にありては略々第 10 回以後に於て切味を比較するを適當とせん、之れ第 10 回の成績に對しては各刃物共皆 55 枚以下の切味となり、其切込の深さ 5 mm 以下なるを以て上記抵抗の影響は少なきものと判斷し得ればなり。

第 10 回に於ける切味試験の結果は第 1 回と略々同順位なれども切味の差異漸く少く第 50 回に於ては刃先に生起すべき變化は凡て之を終了せしものゝ如く、No. 15 耐鑄鋼を除き硬度高き No. 16 の切味を最良とし硬度最小なる No. 31 を劣れりとし略々硬度の順序に於て切味の順序を示すものゝ如く、第 80 回及第 100 回に於て殊に其感あり。

Griffin 印炭素鋼は前述の如く外科用小刀製作に對し最も適當なる地金なりと聞き其切味を耐鑄鋼のものに比較するため本試験に加へたるものにして其結果切味最も良好なりき、此點より見れば此種炭素鋼の切味は此種刃物の地金として耐鑄鋼のものに比し稍々良好なりと云ひ得べきか (但し同上炭素鋼の水中焼入に於ける硬度約 700 を得)。

之を要するに耐鑄鋼刃物中切味良好なるものは皆其硬度大なるものなるを知り從て耐鑄鋼を以て日本刀を製造するに當り切味をして一層良好ならしむるためには靱性を害せざる範圍に於て其硬度を増大せしむるの必要なることを認めたり。

次に No. 16 耐鑄鋼に屬する鋼材を以て製造せし硬度異なる 2 ナイフを (刃角同一に仕上げたるもの) を選定し (硬度の差異は焼入温度の高低に因る) 上記試験に附せしに次の如き結果を得たり、
(3 回の平均値)

種類	硬度	試 験 回 數 (切 斷 紙 數)										
		1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
A	600	(108)	(39)	(29)	(25)	(22)	(21)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)
B	580	(81)	(32)	(26)	(22)	(20)	(20)	(18)	(18)	(15)	(15)	(15)

之を以て見るも同種耐鑄鋼を用ふる場合硬度大なるもの切味良好なることの確證を得たり。

(c) 試 切 試 験

前記實驗の結果耐鑄鋼製日本刀の硬度を増加せば其切味をして一層良好ならしめ得べしとの結論を得たるを以て同一作者をして略同一形狀よりなる日本刀 (鋼種 No. 16) を製作せしめ其硬度のみを増

大し試切試験に依り同一鋼種よりなり其硬度小なる日本刀との切味に就き比較を行へり、其結果次の如し。

試切試験を実施せし日本刀の硬度、形状及重量の比較次の如し。

刀種	硬 度		刀種	重量 瓦(匁)	造込	反	長 mm(尺)	幅 (mm)	厚 (mm)	作者
	刃部	鑄地								
No. 5 日本刀	485	440	No. 5	550 (143)	鑄造	華表反	639 (2.1)	26	4.7	藤原國房
No. 6 日本刀	612	442	No. 6	545 (145)	同上	同上	640 (2.1)	27	4.5	同上

即ち上記兩日本刀は作者同一にして其形状及寸法も大差なく（切柄を附せし場合の重量も略々同一なりき）其硬度に於て差異あるのみなり、之を以て同一人を以て本兩刀の試切を行はば以て其硬度の切味に及ぼす交感を明にするを得べし、乃ち戸山學校附河野及江口兩大尉に依り其切味を比較せり、其結果次表の如し、但し試切材料は前述 (B) 項のものと同一に藁束を使用せるものとす。

刀種	試切者及斬撃量(平均)mm		切柄を附せし場合の重量 瓦(匁)	試切者所感
	河野大尉	江口大尉		
No. 5	145	145	1,039 (277)	切味普通
No. 6	160	165	1,024 (273)	切味良好

本試切の結果に依れば No. 16 耐鑄鋼を用ひ日本刀を製作するに當り其硬度を大ならしむれば其切味は益々良好となり然も硬度増大のため折損及刃「コボレ」等の虞なきを確め得たり、寫眞圖第三十九 No. 3 は

No. 6 日本刀の組織を示すものとす。

更に上記實驗の経過中試製せし 2 個の日本刀 (番外 No. 2 及 No. 3) に就き其切味を試験せしに次の如き結果を得たり、今切味を比較せし日本刀の鋼種、硬度並に形状及重量を示せば次表の如し。

刀種	鋼種	硬 度		刀種	重量 瓦(匁)	造込	反	長 mm(尺)	幅 (mm)	厚 (mm)	作者
		刃部	鑄地								
No. 4 日本刀	No. 11	532	448	No. 4 日本刀	730 (195)	鶴首造	華表反	691 (2.3)	29	7.0	丹羽兼信
番外 No. 2	No. 16	465	290	番外 No. 2	1,007 (269)	鑄造	同上	710 (2.4)	33	8.7	同上
番外 No. 3	No. 11	478	388	番外 No. 3	795 (212)	同上	同上	665 (2.2)	30	7.2	同上

而して試切の結果は次表に示す如し。

切味 順序	刀種	試切者及斬撃量(平均)mm		切柄を附せし場合の重量 瓦(匁)	試切者所感
		河野大尉	江口大尉		
1	番外 No. 2	165	165	1,425 (380)	何れも良好にして従來の日本刀に代用し得
2	No. 4	150	160	1,324 (353)	
3	番外 No. 3	150	150	1,294 (345)	

即ち上記 3 種の日本刀は其硬度よりすれば No. 4 を最大とするも試切の際有せし重量は番外 No. 2 を以て最多とし兩者相俟つて上記の如き切味順序を生ぜしものと思考

し得べく之を前記 No. 6 日本刀の切味に比するに其硬度の割合に切味良好なりしは硬度、重量の外、形状、重心位置等適當なりしことを示すものにして之を以て耐鑄鋼製日本刀の硬度は 470 乃至 550 を以て足れりとし（更に其硬度を増大すれば其切味は益々良好となるを得べし）、其切味をして良好ならしむるため其形状及重心位置等即ち造込恰好並に重量に注意せば以て從來の日本刀と全然同様に之を使用し得ることを知れり。

(XI) 理想的耐鑄鋼に關する研究

理想的優良なる耐鑄鋼を選定せんには各々其目的に従ひ選定の基準を異にすべく到底 1 種類のを以て凡ての場合に満足を得ること困難なり。従て以下各種用途に應じ之れが基礎性質に關し夫々理想的耐鑄鋼を選定せんとす。尙ほ此際少くも物理的並に化學的の兩方面より之を論ぜざれば適當なる結果を得ざるべく、即ち抗力、硬度、切味等物理的性質の良好なるべきものと、耐鑄性又は耐酸性等化學的作用に對する性質良好なるべきものとに區分するの要あるを認めたり。

物理的性質に關しては更に其目的に従ひ次の如き顧慮を必要とせん。

(a) 使用すべき溫度——常溫、高溫、低溫。

(b) 使用の目的に對し——硬度、抗力の大小、磁性の有無、切味及加工性の良否、其他高溫に於ける酸化並に膨脹の大小等。

化學的性質に關しても同様次の如き顧慮を必要とせん。

(a) 使用すべき溫度——常溫、高溫。

(b) 使用の目的に對し——接觸すべき溶液又は酸液の種類及濃度。

凡そ上記顧慮すべき諸點に關し理想的耐鑄鋼の選定は本研究中各相當事項の研究の條下に於て行ひ得べきも實際の場合を考ふるに其目的に對し硬度最大なるも耐鑄性不良なるか或は之れが加工極めて困難なる場合には理想的耐鑄鋼として之れを認むること不可能なる場合あり。然るに今や各種耐鑄鋼に對する諸性質の研究を終れるを以て此際本研究の結果に基き各種關係ある性質をも顧慮し理想的耐鑄鋼を選定するは最も適當なるものと認め以下數例を設け夫々各目的に合致すべき理想的耐鑄鋼を選定せんとす。

抑々本研究に於ける耐鑄鋼試料は各製造所又は販賣者の好意に依り現在各國に於て實用的耐鑄鋼として認め得べき各種類を網羅しあるを以て蒐集せる鋼材中より理想的耐鑄鋼を選定するも決して不合理なるものにあらずと云ふを得べく、又文献中に見え未だ製品として表はれざる モリブデン を含有せる耐鑄鋼⁽⁶⁶⁾ の如きものに就きても已に其耐鑄性に就き研究せる處あるも卷末附表第 26 に示す如く之れを含まざる耐鑄鋼に比するに (No. 8 耐鑄鋼) HNO_3 及 10% 以下の H_2SO_4 に對すれば其耐鑄性良好なるも濃硫酸に對しては其耐酸性僅かに劣り HCl に對しては大なる効果なきを認めたり。尙ほ W. Oertel 及 Karl Würth 兩氏は Mo を含有すれば海水及醋酸に對し抵抗大なり⁽⁶⁷⁾ と稱する

[註] (66) J.H.G. Monypenny—Stainless Iron & Steel—1926. P. 259.

(67) W. Oertel 及 Karl Würth 兩氏—Stahl und Eisen—5. Mai, 1927.

も之れ主として Ni を含有せざる耐錆鋼に比較せしものにして附表第 26 に示す如く耐錆性良好なる耐錆鋼は皆此種性質を有するを以て特に大なる特徴と認むべきものなく⁽⁶⁸⁾ 之れを以て蒐集せし耐錆鋼は何れも各製造所の自信ある良好なる鋼材の代表と見ることを得べく従て前述の如く本研究に依り優良なる鋼材を見出すことは現在實用せらるべき一般耐錆鋼中の理想的耐錆鋼なりと云ふを得べく本研究に於ては勿論從來研究せられたる文献をも参照し選定の確からしさを大ならしむると雖も主として上記諸實驗の結果に基き考究せるものとす。

其一 物理的性質に關し優良な耐錆鋼

(A) 常溫の場合

(a) 硬度最大なる耐錆鋼並に切味良好なる耐錆鋼、 上記實驗の結果(附表第 4) 硬度大なる耐錆鋼を選べば次表の如くなるべし。

鋼種	主要化學成分 (%)				硬度
	C	Cr	Ni	W	
No. 2	0.75	11.40	1.32		623
No. 3	0.63	10.13	2.58	3.35	600
No. 16	0.40	14.13			600

左表の内 No. 2 耐錆鋼は其硬度大なれども Cr 含有量少なく、且つ C 含有量多くして化學的性質良好ならず。従て硬度最大なる耐錆鋼として實用上 No. 3 及 No. 16 を選ぶを可とす。之れ兩者共に焼入組織は マルテンサイト にして前者は硫酸を除きたる酸液に強く、後者は鹽酸及硫酸を

除きたる他の酸液に強し。従て各目的に應じ兩者の使用をして適當ならしむべく、而して是等鋼種は W を含有せるものを除き何れも附圖第一、三角圖表中 Fe-Cr の線に近く C 含有量 0.4% 以上を有するものなり。

従て硬度最大なるべき理想的耐錆鋼の化學成分は次の如くなるべし。

(1) Cr < 11.0% を含有し且つ W < 3% を含有するもの。但し C 含有量は 0.30~0.50% に止むるを可とす。之れ本研究硬度の部に於て示せしが如く 0.60% 以上炭素量を増大するも硬度を増大することなく⁽⁶⁹⁾ 反て其耐錆性に於て不可なるものあればなり。

(2) Cr 13~15% を含有し、C 0.30~0.50% を含有するもの、但し Cr 17.0% 以上にありては其硬度充分ならず、C 0.50% 以上にありては耐錆性不良となり、尙ほ本研究の結果に依るも C=0.5% に於て充分所望の硬度を附與し得ることを知ればなり又 0.30% 以下にありては硬度充分ならざるを以てなり。

今實驗の結果に依り之れを例示すれば次の如し。⁽⁷⁰⁾

[註] (68) 前註の外 The Iron Age-3rd June, 1926 にも New Acid-Resisting Alloy と稱し次の如き成分を示すも本研究の結果より判斷し實用的價值少なきものと認めたり。Ni=35%, Cr=25%, Mo=1.5%

(69) Oertel 及 Karl Würth 兩氏-Stahl und Eisen-5. Mai, 1927 に依るも C=0.30% 迄は急に其硬度を増大するも同量以上大なる變化なしと云へり

(70) 本研究 (X)(C)(I) 及 (III)

鋼 種	主要化學成分 (%)			最大硬度
	C	Cr	Si	
No. 6	0.53	14.84		612
No. 16	0.40	14.13		600
No. 15	0.31	14.46	1.85	577
No. 14	0.39	13.74		425

前述切味に關する研究の結果切味良好なるべき耐鋳鋼は硬度大なるべき耐鋳鋼なるを以て上記選定せし兩種耐鋳鋼は以て切味良好なる理想的耐鋳鋼と稱するを得べし。

(6) 硬度最小なる耐鋳鋼並に冷間に於て鍛造加工容易なるべき耐鋳鋼 目的に應じ冷間の加工を容易ならしむるため硬度小なる耐鋳鋼を必要とするこ

とあるべし。今硬度小なる耐鋳鋼に就き考ふるに次の諸鋼を擧ぐるを得(附表第4参照)

鋼 種	主要化學成分 (%)			硬度(ブリネル數)	
	C	Cr	Ni	焼 入	焼 鈍
No. 21	0.08	11.78		176	136
No. 23	0.10	13.09		390	146
No. 35	0.13	17.59	7.35	163	165

即ち是等鋼材は附圖第一、三角圖表 Cr-Fe 線上にありて $C < 0.10\%$ なるか又は $Ni > 5\%$, $Cr > 17\%$ にして、C 含有量少なきものなり。換言すれば C 含有量極めて少なき Cr 鋼か又は Ni 及 Cr の多量を含有せるオーステナイト鋼之れに屬す。但し一般に前者を以て硬度最

小なりとするも、耐酸性に關しては後者を以て有利とするを以て其目的に應じ兩者の内其一を選定するを可とせん。

乃ち硬度最小なるべき理想的耐鋳鋼の化學成分次の如し。

(1) Cr 11.0~13.0, C < 0.10%.

蓋し C 0.22% に達すれば其焼鈍硬度已に 170 に達し⁽⁷¹⁾ 0.15% に於ても 159⁽⁷²⁾ の硬度を有すればなり尙ほ Cr の量は C 量の減少と共に之を減少し得るを以て Cr の量をして少なからしめたり。

鋼 種	主要化學成分 (%)				抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)
	C	Cr	Ni	W		
No. 3	0.63	10.13	2.58	3.35	212	1.7
No. 16	0.40	14.13			187	6.0
No. 2	0.75	11.40	1.32	0.60	180	11.0
No. 31	0.15	12.94	0.61		172	9.0

(2) Cr > 17%, Ni 7~12%, C < 0.30%.

鍛造加工容易なるべき耐鋳鋼は概して硬度小なる耐鋳鋼に屬すべきを以て、上記兩耐鋳鋼は又冷間に於て鍛造加工⁽⁷³⁾ 容易なる理想的耐鋳鋼と見るを得べし。

(C) 抗張力最大なる耐鋳鋼、上記研究の結果(附表第7)抗張力大なる鋼種

を選べば上記表の如し。

[註] (71) 本研究附表第4.

(72) "Stahl und Eisen"—5. Mai, 1927. P. 747.

(73) 本研究(IX)のB及Dに依るも冷間に於ける鍛造(附表第21参照)加工及切削に適當なる硬度は200以下なるを知るなり。

抗張力最大なる耐鑄鋼は Cr 11.0% 以下、Ni 5% 以下を含有し其他 W 2.0~4.0% を含有するものにして、之に次ぎ大なる抗張力を有するものは Cr 17% 以下を含有せる耐鑄鋼なり、而して Cr 17% 以上を含有せる耐鑄鋼、又は Ni 0.5~2.0% を含有せる耐鑄鋼にありても相當大なる抗力を有するも前記兩者に及ばざるを知るなり。之れを以て抗張力最大なるべき理想的耐鑄鋼は次表の如くなるべし。尙ほ耐鑄性に就き露天試験及硝酸に對しては後者 (Cr 鋼) を可とし、鹽酸に對しては前者 (W 鋼) を良とし、硫酸に對しては兩者伯仲の間にあるものとす。

鋼種	主要化學成分 (%)				焼入溫度 (°C)
	C	Cr	Ni	W	
W 鋼	0.30~0.50	11.0 以下	1.0~3.0	2.0~3.0	1,100
Cr 鋼	0.30~0.50	13.0~15.0			1,000
備考	W鋼中 Cr 含有量に就きては Cr > 11.0% を附與すれば其耐鑄性をして一層良好ならしむべきも特許の關係上現在の製品を基とし化學成分を決定せるものとす				

但し實際の場合に於ては前記伸の少ない鋼材にありても夫々用途に應じ適當なる抗張力及伸を附與すべく焼入後適當なる溫度に於て焼戻を施すを必要とす。(74)

(d) 衝擊値最大なる耐鑄鋼、
上記研究の結果 (P. 1000~1001 及附表

第9) 衝擊値大なる耐鑄鋼を示せば次表の如し。

鋼種	主要化學成分 (%)					組織	焼入若くは急冷溫度 (°C)	衝擊値 kgm/cm ²
	C	Cr	Ni	Si	Cu			
No. 26	0.28	15.15	8.24	1.73	1.34	A+C (多)	870	16.9
No. 7	0.50	12.72	9.95			A+C (中)	1,000	13.7
No. 23	0.10	13.09				M+F (中)	950	6.7
No. 14	0.39	13.74				M	950	4.0

但し上表は焼入 (急冷) を行へるものゝ衝擊値を云ふものにして素材の儘之れを使用すれば更に衝擊値の大なるものあり次表の如し

則ち衝擊値大なるべき耐鑄鋼は 2 種あり。

(a) 焼入により抗力の増大を要する場合

C < 0.4%, Cr 12~14%

(b) 焼入を要せざる場合。

C < 0.1%, Cr 11~13%

C < 0.3%, Cr > 17%, Ni > 7%

鋼種	主要化學成分 (%)			組織	衝擊値 kgm/cm ²
	C	Cr	Ni		
No. 21	0.03	11.78		P	22.7
No. 20	0.32	18.00	10.79	A+C (中)	17.1

[註] (74) 本研究 p. 998 下端に掲ぐる表は焼入鋼の焼戻溫度と抗張力との關係を示すものなり。

(5) 磁性なき理想的耐鋳鋼 上記研究の結果(附表第2参照)此種目的としてはオーステナイト鋼にして Ni 5% 以上を含有せる耐鋳鋼則ち No. 7, No. 8, No. 12, No. 13, No. 18, No. 20, No. 26, No. 30, No. 33 及 No. 35 等を挙げ得べきも其理想的のものとしては、加工容易なるか或は相當の抗力をも有せざるべからざるを以て次の2鋼種を選定するを至當とす。之れ此種耐鋳鋼は概して其耐鋳性大なるを以て上記2性質を顧慮すれば足れるを以てなり。

(1) 加工容易なるもの C 0.2%, Cr 17~21%, Ni 5~10%.

(2) 相當の抗力を要するもの C 0.3~0.5%, Cr 17~21%, Ni 5~10%.

之れ附表第4及第7に依り次表を作成し其硬度及抗張力を比較するに硬度小にして加工性良好なるものは No. 13 及 No. 35 の兩耐鋳鋼なるも

鋼 種	主要化學成分 (%)			最小硬度 (熱處理)	抗 力 (熱處理)
	C	Cr	Ni		
No. 13	0.55	14.99	20.66	170 (燒鈍)	66 (燒鈍)
No. 35	0.13	17.57	7.35	163 (急冷)	95 (急冷)
No. 20	0.32	18.00	10.79	180 (急冷)	68 (急冷)

るものは No. 13 及 No. 35 の兩耐鋳鋼なるも No. 13 は Ni=20.66% を含有し同一目的に對し不經濟なると耐鋳性 No. 35 に劣るを以て之を除き No. 35 耐鋳鋼及之れに類するものを採用し、尙ほ此種耐鋳鋼は加工により往々磁性を

有するもの⁽⁷⁵⁾あるに鑑み加工後之れに燒鈍又は水中急冷を行ふを必要なりと認めたり。

(B) 高温並に低温の場合

(a) 高温度に於て使用するに適當なる耐鋳鋼、高温度に於ては酸化又は變質を蒙ること多きを以て、常温に於ける硬度又は抗張力の異なる耐鋳鋼を以て理想的耐鋳鋼と認むるを得ず。凡そ次の如き諸性質に就き其特徴を明にするを要すべし。

- (1) 高温度に於ける抗力及硬度相當に大なること
- (2) 高温度に於ける酸化及腐蝕に抵抗すること
- (3) 變態點高きか又は之を有せざること
- (4) 膨脹係數成る可く小なること

而して高温度に於て硬度異なる耐鋳鋼は上記研究に依るに 750°C⁽⁷⁶⁾迄は W を含有せる耐鋳鋼にして、同温度以上にありてはオーステナイト鋼を以て硬度大なりとす。今是等耐鋳鋼の化學成分並に硬度に就き其一例を示せば次の如し。

鋼 種	主要化學成分 (%)					硬度(凹痕の徑、單位 mm)			
	C	Cr	Ni	W	Si	常温	750°C	900°C	1050°C
Cr, Ni 以外に W を含有するもの (例 No. 1)	0.51	7.54	2.67	2.18		3.86	5.41	5.83	6.45
Cr, Ni の多量を含有するもの (例 No. 30)	0.35	17.46	8.50			4.68	5.59	5.81	6.00
Cr, Ni の多量と Si を含有するもの (例 No. 8)	0.62	20.73	7.95		3.05	4.81	5.60	5.76	6.07

[註] (75) 第五節 (II) 磁性の有無判定の項参照。

(76) 第四節 (VII) 其三 (B) 熱間硬度試験の部及曲線圖第 42 参照。

次に高温度に於ける抗力に就き比較するに⁽⁷⁷⁾ 500°C に於ては No. 16 を以て最大とするも、800°C に於ては No. 8 及 No. 30 を以て大なりとす。則ち此點よりするも No. 8 及 No. 30 を以て適當と認む(次表参照)。

更に高温度に於ける酸化の狀態に就き比較するに⁽⁷⁸⁾、Si の多きもの一般に酸化度低く Cr と共に Ni 5% 以上を含有するもの之れに次ぐ。

鋼種	主要化學成分 (%)				抗張力 (kg/mm ²)			
	C	Cr	Ni	Si	常溫	500°C	600°C	800°C
No. 16	0.40	14.13			91	70	46	11
No. 8	0.62	20.73	7.95	3.05	95	69	62	26
No. 30	0.35	17.46	8.50		82	65	52	32

則ち No. 8 耐錆鋼の如き其酸化度半硬鋼を 1.000 とすれば 0.007 に過ぎず。

佛人 Mahoux 氏⁽⁷⁹⁾ は排氣弁として次の如き Si を含有せる耐錆鋼を推奨し。

C=0.44%, Cr=9.04%, Si=2.67%, Mo=0.17%, P=0.012%, V & S 痕跡。

最近 P. B. Henshow⁽⁸⁰⁾ 氏は次表に示せる化學成分の各種鋼に就き其物理的性質を研究し此種目的に對し高 Ni-Cr 鋼を選定せり。

主要化學成分 (%)					
C	Si	Mn	Cr	Ni	W
0.45	1.75	0.65	12.67	12.81	2.10
0.40	1.83	1.46	13.20	22.30	3.10
0.45	1.47	0.59	11.90	19.00	

則ち No. 8 耐錆鋼は兩者の特徴を併用する外變態點を有せず、上記各條件に適するものと見るを得べし。但し本鋼の膨脹係數⁽⁸¹⁾ は Cr を主とする耐錆鋼に比し稍々大なるも、他の Ni-Cr 鋼と共に止むを得ざるものにして従て高温度の使用に適する理想的耐錆鋼の化學成分として認め得べきもの次の如し。

C 0.3~0.5%, Cr 17.0~21.0%, Ni 7.0~10.0%, Si 1.5~3.0%.

Si の下限を 1.5% と決定せしは前記研究中 Si は 1.5% に於て已に其效果の認むべきものありたればなり。

(b) 低温度に於て使用するに適當なる耐錆鋼 低温度の場合は全く特殊なるものにして兵器上より例示せば、常溫又は高温度に於て適當なる鋼材を使用し其低温度に於ける抗力の著しく低下せざる耐錆鋼を以て満足せざるべからず。而して冷却裝置等常に特殊の場合に用ひらるゝものにありては更に之が研究を要すべく、理想的低温度に適するものは選定困難なり。強て之を選定せば第五節 (VII) 第二低温度試験 P. 1002~1003 の結果(附表第 11) に基き低温度に於ける衝擊抗力の降下小な

[註] (77) 第四節 (VII) 其三 (A) 熱間抗張力試験の部 (P. 1005) 及曲線圖第 40 及附表第 12。

(78) 第四節 (IX) (A) 酸化に關する實驗の部 (P. 1017-1019) 及附表第 17。

(79) M. Mahoux 氏—The Iron Age—Feb. 4. 1926.

(80) P. B. Henshow 氏—The Journal of The Royal Aeronautical Society—No. 195, Vol. XXXI. March, 1927.

(81) 第四節 (VIII) 膨脹係數の決定の部及附表第 16。

るものを以て適當とせん。例へば C 含有量少なく Ni>5% を含有し尙ほ少量の Si 及 Cu を含有せるものにして凡そ次の如き成分のもの相當ならん。C 0.1~0.3%, Ni 7~10%, Si<3%, Cu<3%.

其二、化學的性質に關し優良なる耐鋳鋼

(A) 常 温 の 場 合

此場合研究を要するは露天試験及水、海水、アルカリ溶液、有機酸並に無機酸溶液に對する抵抗性にして、尙ほ又之に機械的作用の加はる場合に於ては物理的性質をも顧慮するを要す。

(a) 露天試験及稀薄なる溶液に對し成績最も良好なるべき耐鋳鋼 露天試験に關しては⁽⁸²⁾、Cr 以外 Ni の少量を含有し、然も C 少なきもの成績最も良好にして、Cr 及 Ni の多量を含有するもの之に次ぐ。就中其理想的なるもの次の如し。

1° 相當の抗力及硬度を要する場合、C 0.1~0.3%, Cr 12.0~15.0%, Ni<3.0%.

2° 加工容易なるを要する場合、C 0.1~0.2%, Cr 17.0~21.0%, Ni 7.0~12.0%.

水、食鹽水 (1% NaCl 及 5% NaCl) に對して⁽⁸³⁾は各耐鋳鋼共よく耐抗し得、又苛性ソーダ溶液 (1% NaOH 及 5% NaOH) に對しても亦能く耐抗す。其内 Cr 以外 Ni を含有せるもの及 Cr を主とするものにありては C 含有量少なるものを以て良好なりとす。

HNO₃ の場合、1% HNO₃ に對して其結果良好なるは No. 21 (C の量非常に少く 0.08%, I の a)、No. 31 (II の a)、No. 20, No. 30, No. 35 (II の b)、No. 8 (III の a)、No. 24 (III の d, Cr 多く 20.21%) にして第 2 種 (a)、第 2 種 (b)、第 3 種 (a) に屬するもの多くオーステナイト組織を有するもの多數を占む。

5% HNO₃ に對して全く侵されざるものは、No. 8, No. 18, No. 24, No. 25, No. 30, No. 35 耐鋳鋼にして前の場合と同様第 2 種 (a)、同 (b)、第 3 種 (a) に屬す、而して 1% HNO₃ に比して本濃度の溶液は浸蝕性稍々大なるを認めたり。

H₂SO₄ の場合、1% H₂SO₄ に對して殆んど浸蝕せられざるものは No. 35, No. 20 (II の b)、No. 24 (III の d) にしてオーステナイト組織より成る。又 5% H₂SO₄ に對して全く侵されざるものは前の場合と同様 No. 35, No. 20, No. 24 耐鋳鋼にして一般に H₂SO₄ に對しては Cr の外に Ni 及 Cu を含有せるものを以て良好なりとす。

HCl の場合、1% HCl に對して殆んど浸蝕せられざるものは No. 35 及 No. 20 のみにして共に第 2 種 (b) に屬しオーステナイト組織を有す。又 5% HCl に對して極めて僅かに浸蝕せらるるものは No. 20, No. 30 (II の b)、No. 26, No. 12 (III の e)、No. 35, No. 13, No. 18, No. 7 (II の b)、No. 8 (III の b) にして何れもオーステナイト鋼に屬す。

[註] (82) 第四節 (VI) 其一露天試験、及卷末附表第 26 参照のこと。

(83) 以下の各項共に本研究、第四節 (VI) 其二溶液試験の相當項及卷末附表第 26 参照のこと。

HCl に対しては Cr (17% 以上) 及 Ni (7% 以上) の多量を含有するか、第 3 種 (b) の如く Cu を含有するもの成績良好なり。

之を要するに上記各種稀薄なる酸液に對し最も良く抵抗すべき理想的耐鑄鋼の化學成分次の如し。

C 0.1~0.3%, Cr 17~21%, Ni 7~12%.

有機酸の場合、5% 醋酸に對しては各種耐鑄鋼共よく抵抗し得れども、特に Ni 及 Cr の多き No. 31 及 No. 35 の如きは全く其作用を受くることなし。又 5% 檸檬酸に對しては No. 8 (III の a), No. 18, No. 20 (II の b), No. 25 (III の a) 及 No. 35 (II の b) は全然浸蝕せらるゝことなし、尙ほ 5% 枸橼酸に對しては各種共よく耐抗し得るものなるを知る。之を以て此種有機酸の場合に於て之に抵抗すべき理想的耐鑄鋼次の如し。

1° C 0.1~0.3%, Cr 12.0~15.0%, Ni < 3%. 2° C 0.1~0.3%, Cr > 17%, Ni > 7%.

(b) 濃厚なる酸液⁽⁸³⁾ に對し抵抗大なる耐鑄鋼。

1° HNO₃ の場合 (10% HNO₃ 及 25% HNO₃)。

HNO₃ に對して浸蝕せられざるものゝみを擧ぐれば次の如し

鋼種	第 1 種 (a)			第 1 種 (b)	第 2 種 (a)		第 2 種 (b)				第 3 種 (a)			第 3 種 (d)
	No. 14	No. 19	No. 21	No. 5	No. 27	No. 31	No. 18	No. 20	No. 30	No. 35	No. 8	No. 15	No. 25	No. 24
減量 (gr/cm ²) 10 日間後	10% HNO ₃	なし	0.0002	なし	なし	0.0015	なし	なし	なし	なし	なし	0.0004	なし	なし
	25% HNO ₃	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	—	なし

HNO₃ の各種濃度 (1%, 5%, 10%, 25%) に於ける腐蝕力を比較するに一般に濃度 5% のもの最も強く、10% のもの之に劣り、25% のものは更に腐蝕力少なきを見る。故に HNO₃ の耐鑄鋼に對する腐蝕力 (耐鑄合金を除く) は其濃度大なる程概して小なるを知る。但し 1% HNO₃ のものは 5% HNO₃ に劣るを見る。然れども本研究の結果により判斷するに一般に濃厚なる酸液に對し耐抗性強きもの稀薄なる酸液に對しても其抵抗力大にして本項の如く他の酸液に對すると同様濃硝酸溶液を基準として理想耐鑄鋼を選定するも何等の差支へを認むることなし。

從て HNO₃ に對しては之に耐抗し得べき耐鑄鋼多きを以て同酸に對する理想的耐鑄鋼は上表に示せる耐鑄鋼の中耐鑄性以外の性質例へば加工性其他に關し目的に應じ最良なるものを選定するを適當とす。例へば次の如し。

(a) 加工容易なるもの、 C 0.1~0.2%, Cr 12~15%, Ni < 3%.

(b) 耐酸を主とするもの、 C 0.1~0.3%, Cr > 17%, Ni 7~12%.

2° HCl の場合 (10% HCl 及 25% HCl)

10% HCl に對しては No. 8 耐鑄鋼良く耐抗し之に次ぎ No. 7 及 No. 13 耐鑄鋼其耐鑄性強く其作

[註] (83) 本研究第四節 (VI) 其二 (A) (2) 及卷末附表第 26 參照。

用更に大なる 25% HCl に対しては No. 8, No. 13 最も耐錆性强し、一般に HCl に対しては Ni 及 Si の効果著しく No. 8 は是等兩元素を含有するため此酸に対して強きものと判断す。則ち鹽酸に對し最も耐錆性大なるべき理想的耐錆鋼は次の如し。

C 0.3~0.6, Si 2~3%, Cr 17~21%, Ni 7~12%.

3° H₂SO₄ の場合 (10% H₂SO₄, 50% H₂SO₄ 及 90% H₂SO₄).

10% H₂SO₄ に対しては No. 24 耐錆鋼最も耐錆性强く、本溶液に依て侵蝕せらるゝことなし、之に次ぐを No. 20 及 No. 26 耐錆鋼とし何れも Ni>7% を含有するか又は是等以外に Cu 又は Si 或は V を含有するものなり。次に 50% H₂SO₄ は 10% 及 90% 濃度のものよりも其浸蝕力強く⁽⁸⁴⁾、之に對し能く耐抗し得るものは No. 26 耐錆鋼にして Si 及 Cu を含有す。又 90% H₂SO₄ は前者に比し浸蝕力概して少なく之に全く浸されざるものは No. 25 及 No. 24 耐錆鋼にして、極めて僅かに浸さるゝものは No. 20, No. 13 及 No. 8 耐錆鋼なりとす。則ち H₂SO₄ に對し耐錆性大なる理想的耐錆鋼の化學成分次の如し。

C 0.3~0.6%, Cr >20%, Ni <3%, V <3%.

但し 50% H₂SO₄ に対しては C<0.3%, Cr 11.0~17.0%, Ni>7%, Si<3%, Cu<3% のものを以て最良とす。

4° 混酸の場合。

H₂SO₄ 70%+HNO₃ 20%+H₂O 10% なる配合の混酸に対しては No. 1, No. 2, No. 8, No. 21, No. 24, No. 25, No. 31 及 No. 35 等の耐錆鋼全く浸蝕せらるゝことなく又其他のものもよく之に耐抗し得。又 H₂SO₄ 60%+HNO₃ 25%+H₂O 15% なる配合の混酸に對しても前者と略々同様なる結果を得たり。即ち各用途に従ひ上記耐錆鋼中の一を選定せば之を以て理想的なりと云ふを得べし。

5° グリセリン溶液の場合。

火砲駐退液たる本溶液に對しては各種耐錆鋼は之を活塞革と接觸せしめ置くも浸蝕を受くることなし。

(B) 高 温 の 場 合

(1) HNO₃ の場合。

上記實驗の結果⁽⁸⁵⁾ 90~100°C の 10% HNO₃ に対しては各種耐錆鋼中 Cr 17.0% 以上を含有するもの及 No. 7, No. 20 を使用し得べく、25% HNO₃ に対しては No. 8 及 No. 20 耐錆鋼のみを使用し得。60% 及 90% HNO₃ (75~85°C) に対しては全然之に浸されざるものなく熱間に於て耐錆鋼の使用は

[註] (84) Monypenny 氏—Stainless Iron & Steel,—1926, P. 187 に於て同氏は C0.25%, Cr12.1% の耐錆鋼に對し硫酸の浸蝕度は 35~40% を限度として之れ以上濃度の増加するに従ひ減少すと云へり本研究に於ても一般耐錆鋼に對し 50% H₂SO₄ の浸蝕度 10% 及 90% のものに對し大なるを認めたり。

(85) 第四節 (VI) 其二 (B) (1) 及附表第 26

困難なり。

HNO₃に對する耐蝕性は主としてCrの量に依りて判定し得べく其量大なるを以て良好なりとす。
強て熱間HNO₃に對して使用し得べき理想的耐蝕鋼として其化學成分を示せば次の如し。

C 0.3~0.6%, Cr >17%, Ni 7~10%, Si <3.0%.

(2) H₂SO₄の場合。

上記實驗の結果より判斷するに100°C以下の10% H₂SO₄に對してはNo. 20耐蝕鋼を使用し得、
但し60% (120~130°C) 及90% H₂SO₄ (160~170°C)の熱溶液に對しては抵抗し得べきものなし。

克社に於ては⁽⁸⁷⁾高温及高壓に於て本酸液に耐抗すべき合金として次の如き成分の特許を有するも
本研究の結果を参照し多少有效なるものと判斷し得らるゝも其60%及90%の上記溶液に對しては更
に研究の餘地あるものと認めたり。

Cr 18~30%, Ni 2~4%, Mo 2~4%, C 0.1~0.4%.

(3) HClの場合。

上記實驗の結果により判斷するに本酸に對しては熱間之に耐抗し得べき耐蝕鋼を認め難く將來此種
目的に應すべき合金に就きて研究せんとす。

(C) 耐酸を目的とする理想的耐蝕鋼

上記各項に亘り研究せし結果を總括し茲に耐酸を目的とし各種の酸液に對し最も抵抗大なるべき理
想的1種の耐蝕鋼を選定せば次の如くなるべし。

C 0.1~0.3%, Cr 17~21%, Ni 7~12%, V <3.0%.

但しVの含有は耐蝕鋼の價格を増加すべきを以て普通の場合には同元素の含有を省くことを得。

之れ上記各項に於て夫々各酸に對し良好なる耐蝕鋼を選定し其結果を参照すると尙ほ附表第1、三
角圖表を參考するもCr >17%を含有すれば硝酸に對し最も良く抵抗するのみならず、Ni 7~12%を
含有すれば硫酸及鹽酸に強くVは更に其耐酸性をして増大せしむるものあればなり。

又本耐蝕鋼は上記供試材のものに比し其C含有量を低下せしはC含有量の低下に従ひ耐蝕性を増
大する外最近冶金術の進歩に伴ひ此種低炭素量の耐蝕鋼を得るに困難ならざればなり、例へばNo. 30
及No. 35耐蝕鋼の如し。(但し供試材中のC含有量は概ね0.4~0.7%の範圍にあり。)

(XII) 耐蝕鋼の用途並に價格に關する研究

耐蝕鋼の各種特性に就ては前記諸實驗に依り其大體を調査し又各性能に應ずる理想的耐蝕鋼に關し
ても略々之が選定を終りしを以て以下兵器上の應用を目的として數種の用途に就き最も適當なる鋼種
を選定し耐蝕鋼の應用に關し例示する處あらんとす。

(A) 發動機弁用(排氣弁)地金

[註] (86) 第四節(VI) 其二(B)(2) 及附表第26。

(87) Chemical Abstracts—Vol. 1. 1925.

従來使用せし弁用地金は次の如き諸種類なり。

(a) C 0.2~0.3%, Mn<0.4%, Si 0.2~0.4%, Ni>4.5%, Cr>0.3%, W>2.4%,

(陸軍舊假地金規格、發動機鋼第十號)、

(b) C 0.5~0.8%, Mn<0.4% 以下、 Ni 3~5%, Cr>12% (陸軍新假地金規格)

(c) C 0.48%, Si=0.14%, Ni=4.0%, Cr=3.46%, W=15.61%.⁽⁸⁹⁾

今耐鋳鋼を以て之に代へんとするに其要求すべき諸點次の如し。

- (1) 高溫度に於ける抗力及硬度相當に大なること。
- (2) 高溫度に於ける酸化及腐蝕に耐ゆること。
- (3) 衝擊抗力大なること。
- (4) 輕量なる(比重の小なること)こと。
- (5) 變態點高きか又は之を有せざること。
- (6) 膨脹係數成る可く小なること。

上記諸要求に對しては前項に於て研究せる如く次の如き成分を有する耐鋳鋼

C 0.3~0.5%, Cr 17.0~21.0%, Ni 7.0~10.0%, Si 1.5~3.0%.

一例を擧ぐれば耐鋳鋼 No. 8 を以て適當なりとす、則ち同鋼は熱間に於ける抗力及硬度の變化最も少く耐鋳性及高溫度に於ける耐酸化性共に最大なると其比重小なる外其衝擊抗力も亦割合に大なるを

鋼 種	價格(1kgの價) (單位圓)
No. 8	3.00
發動機鋼第十號	2.90
高 速 度 鋼	5.00

以てなり、(附表第 26 參照) 但し同鋼の缺點とすべきは鑄削及鍛削稍々困難なることなるも瓣の經始割合に簡單にして小形の製品を主とするを以て之れが爲め蒙る不利は割合に少なきものと見ることを得。

今同鋼の價格を従來使用せる鋼の物と比較するに左表の如し。

所要地金の量は使用發動機に依り異なるも概ね次の如し。

發動機の種類	材料の重量 (平均1個分)	火造り重量 (平均)	仕上後の重量	摘 要
「サ」式 23) IP	715 gr	665 gr	186 gr	} 發動機鋼第十號にて製作せるもの
W 型 500 IP	680 "	613 "	199 "	

排氣瓣 1 個の所要材料約 700 gr なるを以て材料費には大差なく殊に従來瓣用鋼中耐鋳鋼よりも其値高きものあるを思はば耐鋳鋼は當然之に代用し得べきものと信ず。

(B) 軍刀用地金

従來使用しつゝある軍刀用地金は硬鋼にして何等耐鋳的效果なし、今耐鋳鋼を以て之に代へんとするに必要なる條件次の如し。

[註] (89) The Iron Age, —4th Feb., 1926. 所載。

- (1) 切味良好なること。
- (2) 靱性相當に大なること。
- (3) 耐錆性殊に露天試験に對する良好なること。

上記諸件に依り軍刀用として適當なる耐錆鋼を選定せんに切味良好なるものは前項の研究に依り C 0.3~0.5%, Cr 11.0~16.0% の耐錆鋼例へば No. 6, No. 16 及 No. 19 なるを以て此種の内に選定するを要す、但し耐錆性に於て多少劣るも切味優良なるものを選べば此種耐錆鋼を以て適當とす。之れ Cr 17% 以上の耐錆鋼にありては充分なる焼入硬度を得難きを以てなり。

所要地金の量及價格に就ては現在使用せられつゝある軍刀の重量は約 700 gr にして之が製造に要する地金の重量約 1 kg 200 gr なり、今此割合を以て耐錆鋼日本刀も其地金を要するものとは試切に供せし日本刀の重量約 770 gr に對し地金約 1 kg 350 gr を要すべく、現今軍刀地金の價格は 1 kg 約 1 圓 50 錢にして日本刀に適する耐錆鋼 (No. 16) の地金は 1 kg 約 2 圓 40 錢なるを以て地金代に就き比較せば其差僅少なること次表に示す如し。

項目 種類	價格(圓)	
	従來の地金	耐 錆 鋼
軍 刀	1.68	2.69
日 本 刀	1.99	3.18

之を要するに耐錆鋼を以て制式軍刀を製造するも其地金に要する代金は僅かに増大するに過ぎず之れが加工法に就き研究せば以て所要に供するを得べく尙ほ之を従來の日本刀と比較せば製造法極めて簡單なるを以て其價格大に減少するを得べく耐錆鋼は日本刀又は軍刀用地金として適當なるものと判断し得べし。

銃剣用地金にありても上記軍刀用地金を應用し適當なるは明にして尙ほ試切試験の際得たる經驗に依るに刺突に依る場合は斬撃に依る場合に比し一層目的物に進入し易きを認めたり。

(C) 拍車用地金

従來の拍車は將校用としては Ni 又は金鍍金、下士及兵卒用としては亜鉛鍍金⁽⁹⁰⁾を採用せるも其耐錆性充分ならず、又メタリコン法⁽⁹¹⁾等を應用するも衝擊に對し其抗耐性充分ならず、今耐錆鋼を以て之に代へんとするに當り必要なる條件次の如し。

- (a) 露天試験の結果良好なること。
- (b) 火造容易なること。
- (c) 衝擊に對し破損せざること。
- (d) 齒車は適當なる硬度を有し摩損に抵抗すること。

上記要件の内 (a), (b), (c) に對しては No. 18; No. 31 (附表第 26 参照) を適當とし (d) の條件に對しては No. 16 又は No. 14 等を適當とす、此際従來の拍車に比し地金及製品の代價を比較すれば

[註] (90) 著者外 1 名——“乾式亜鉛鍍金の研究”——科研報告第 111 號。

(91) 著者——“兵器上「メタリコン」法應用に關する研究”——科研報告第 95 號。

右表の如し (多數製作するものとし)。

上記製品の代價は拍車の重量少なる關係上其製造方式を變化せば兩者の間に於て大なる差異なきに至るべく耐鑄鋼に依る拍車の價格は耐鑄鋼々材代價の低下と共に益々從來の拍車の價に近似するに至るべし。

鋼 種	價 格 (1 kg に対する)	製品の代價
耐 鑄 鋼	2.40	2.50
従 來 の 鋼	80	1.50

(D) 銑身用地金

本地金の變更は其影響する所頗る大なるを以て之れが實施には尙ほ多くの實驗を要するも現在使用しつつある銑身地金に要求しある抗力⁽⁹²⁾に相當すべき耐鑄鋼の内次の 2 條件 (表の下に記す) に適するものを選び其可否に就き判定すること次の如し

鋼 種	抗 力				熱 處 理 法
	抗 張 力 (kg/mm ²)	弾 性 界 (kg/mm ²)	最 小 伸 (%)	斷 面 收 縮 (%)	
銑 身 鋼 (規格)	100 以上	790 以上	10	30	燒入 { 溫度 約 800°C 冷却 油中 燒戻溫度 500-550°C
No. 31	154 ⁽⁹³⁾	140	11	51	燒入 { 溫度 950°C 冷却 油中 燒戻溫度 400°C
No. 16	105	91	13	55	燒入 { 溫度 850°C 冷却 油中 燒戻溫度 600°C

條 件

- (1) 耐鑄性及燒蝕に對する性能良好なること。
- (2) 加工性相當大なること。

則ち No. 31 及 No. 16 は本研究の結果略々所望の條件に適するを以て之に依り銑身を作成し、其適否を決定するの要あるを認めたり。

鋼材の代價に就き比較すれば次表の如し。

種 類	代價(1 kg に対し)
銑 身 鋼	1.20
No. 31	2.50
No. 16	2.40

最近上記 3 種鋼以外クロウム銅鋼 (Cr=1.35%), マンガン銅鋼 (Mn=0.93%, Cu=1.16%), 半硬鋼 (C=0.58%), ニツケル—クロウム鋼 (Ni=4.05%, Cr=1.05%) 等合計 12 種鋼材に就き火藥瓦斯竝に火藥燃燒殘滓中に存する KCl に對する影響に就き實驗を終了⁽⁹⁴⁾せり、其の結果に徴するに上記

[註] (92) 銑身地金の化學成分に就きては本研究第四節 (1) 参照、銑身地金の組織に就きては本研究第四節 (IV) 参照。

(93) 抗力の表中 No. 31 に對しては本研究の結果 400°C 燒戻のものを示せるも其溫度を 500°C にせば更に銑身鋼の抗張力に近く且つ伸及斷面收縮の大なるものを得べし。

(94) 著者外 2 名——“銑身鋼を目的とせる各種鋼材腐蝕に關する研究”——科研報告第 175 號。

No. 31 及 No. 14 耐鑄鋼 (No. 16 耐鑄鋼の化學成分に等しきを以て同鋼に代用す) の結果最も良好にしてニッケルクロム鋼、マンガン銅鋼之に次ぎ其他の諸鋼は其成績良好ならず、殊に上記耐鑄鋼は爾餘の鋼種に比し其耐抗性格段の差異あるを認めたるを以て此性質よりすれば最も火器の製造に適するものと云ふを得べし。但し銃身鋼としては腐蝕以外焼蝕等の影響を受くべきを以て熱膨脹率、熱傳導率及比熱の大小等更に研究を要する點少なからず引續き之が研究を實施中なり。

(E) 耐酸容器及導管地金

耐鑄鋼の各酸液に對する抵抗は酸液の種類及濃度に依り一樣ならず⁽⁹⁵⁾、又同一酸液に對しても耐鑄鋼の種類に依り同じからざるを以て各用途に従ひ本研究第四節 (VI) 耐鑄試験の項と同節 (IX) 加工に關する實驗結果等を参照し之に適する鋼種を選定すべきものとす。但し前節 (XI)⁽⁹⁶⁾ に於て述べたるが如く各種の酸液に對し最も良く抵抗すべき理想的耐鑄鋼は次の如き成分を有すべく

C 0.1~0.3%, Cr 17~21%, Ni 7~12%, V < 3.0%.

其之に要する製品の代價は其形狀及寸法に依り大差あり、一概に之を示すこと困難なるも今上記耐鑄鋼に次ぎ成績良好なる No. 35 耐鑄鋼に就き其一例を示さば次の如し。

3 mm × 20 mm の帶狀 1 kg に就き 3 圓。

第五節 結 言

本研究の特徴並に得たる諸件の梗概に就き示すこと次の如し。

(1) 研究材料は廣範圍に亘り各種のものを蒐集し且つ努めて實用に供し得べき鋼種にして尙ほ略々同一程度に加工せられたるものに就き同一の状態に於て比較研究を實施し以て各種鋼材の特徴をして明確ならしめ且つ其特徴の依て來るべき諸點に就き解決せり (第二節)。

(2) 本研究の結果耐鑄鋼を其化學成分、金質並に性質に依り 8 種に大別し各其特征を明にすることを得たり。

例へば附表第 26 に示す如く Cr 含有量 17.0% を限界として 2 種に、Cr 以外に含有せる Ni の量 5% を限界として 2 種に、尙ほ Cr, Ni 以外の元素例へば Si, W, Cu 及 V を含有せるものを 4 種とし合計 8 種に分ちし外、Cr を主とするものにおいて炭素含有量の多少は耐鑄性其他の性質に影響すること頗る大なるを以て C < 0.3% と C > 0.3% との 2 種に細分し、Si を含有せるものにおいて Ni を含有せるものとせざるものとの 2 種に細別し其間明瞭なる性質の差異あることを發見せり。

(3) 各種耐鑄鋼の顯微鏡的組織を決定し化學成分と組織及磁性の有無との關係並に組織と硬度との關係を決定せり。

例へば Cr 以外 Ni を含有せる耐鑄鋼にありては Ni 5% を限界とし、同量以上を含有せるものはオーステナイト組織を有し、磁性なきも Ni < 5% 或は Ni > 35% を含有せるものは假令 オーステナ

[註] (95) 附表第 26 參照。

(96) 本研究第四節 (XI) (2) (C) 項參照。

イト組織を有するも磁性を有することを発見せり。

硬度に關してはマルテンサイトを有するもの最高にして H: 425~623 を示しオーステナイト (H: 163~352) 及 フェライト (H: 136~270) を有するものは其硬度最小なることを知り、從て此種鋼材の硬度を増加するためには冷間加工に依るを必要とするを認めたり〔第四節 (VII)〕又本研究に依り耐鋳鋼の硬度は 623 を最高として炭素鋼の如く 700 以上を與ふること困難なるを知れり。

(4) 各種耐鋳鋼の耐鋳試験を實施し各種目的に對する耐鋳鋼の耐鋳性を知らしめ其化學成分及組織並に試験の状態と耐鋳性との關係をして明瞭ならしめたり。

例へば C の増加は耐鋳性を減少し、Cr は主として硝酸に對する抵抗を増大し Ni, Cu 及 Si は硫酸及鹽酸に、又 W は鹽酸に對し有效なるも硝酸に對する抵抗を減少するの傾あり、V 及 Mo は耐鋳性を増加するを認めたり、(各元素の關係的效果に就きては第四節 (VI) 其三の八參照)、又露天試験に際しては C 含有量少なく Cr 11~17% 又は Cr > 17% にして Ni の少量を含有するもの其成績良好にして W, Si 及 Cu 等の含有は良好なる結果を與へざるを知れり、尙ほ食鹽水に於ても C 含有量少なく (C 0.05~0.15%), Cr 11~17% なるか又は Cr > 17%, Ni > 7% を含有せるもの最も良く抵抗するを知るなり。

(5) 各種耐鋳鋼の常溫及高溫度並に低溫度に於ける抗力を決定し各種溫度に於て相當の抗力を有する耐鋳鋼を選定せり、則ち常溫に於ける抗力最大なるためには Cr を主とするか、之に少量の Ni を加へたるもの又は更に W を加へたるものにして、高溫度に於ては Ni > 5% を含有するか又は更に Si < 3% を含有するものを可とし、高溫度に於ける伸の値は Ni を含有せざるもの其増大著しく、Ni を含有せるもの之に反す、又高溫度に於ける断面收縮率の最も大なるものは Si を含有せる耐鋳鋼なることを知れり、次に低溫度に於て割合靱性を失はざる爲めには Cr 以外 Ni 又は Si 或は更に Cu を含有するものを以て適當とすることを認めたり。

(6) 20°~300°C 及 20°~700°C 又は 20°~800°C に於ける各種耐鋳鋼の膨脹係數を決定し、同鋼材應用に關し設計に要する基準値を示せし外化學成分及組織と膨脹係數との關係を明にせり。〔第四節 (VIII)〕

例へば膨脹係數の最小なるものは Cr を主とし C 含有量小なるもの又は W を含有せる耐鋳鋼にして Ni > 5% を含有せるもの其値最大なるを知れり。

(7) 各種耐鋳鋼の變態點に就き研究し化學成分及組織と各種變態點との關係をして明かにし以て熱處理法に際し必要なる諸件の決定に資せり。〔第四節 (II)〕

例へば Cr を主とし Cr > 11% なるもの及 Si を含有せる耐鋳鋼は其變態點高く Cr < 11% なるか又は更に W を含有せるものは割合に低く尙ほ Ni > 5% を含有せるものはオーステナイト組織にして變態點を有せざるを知れり。

(8) 各種耐鋳鋼の鍛造溫度、焼入溫度及焼鈍溫度並に焼戻色を決定し同鋼材の應用に便するの外

化學成分及組織と是等必要なる諸點との關係を明にせり。〔第四節 (VII)〕

例へば Ni を含有せるものは其鍛造温度高きを要し (1,000°C~1,100°C) Cr を主とするものは其温度低くして可なるを認めたり (850°~950°C) (後者は高温度に於ける硬度の減少割合前者に比し大なるため) 次に焼入温度は變態點に關係し、變態點高き Cr を主とする耐鑄鋼及 Si を含有せるもの高温度焼入を適當とし、同様に焼鈍温度に於ても一般に 900°C を以て適當とするも Cr を主とし C 含有量少なきか、又は Cr, Ni 以外に Si を含有し其變態點高き場合には 1,050°C に高むるを適當とし、Cr 11% 以下又は之に W を含有せるものにおいて其變態點低くして焼鈍温度は反て 900°C より低く 700°C を以て適當とすることを發見せり。又焼戻色は耐鑄鋼の高温度に於ける酸化少なき關係上普通鋼と異なり同鋼相當温度のものに對し著しく低度の焼戻色を表はすを知り (例へば耐鑄鋼の 500°C に於ける焼戻色は半硬鋼の 300°C のものに相當し又其 750°C のものは後者の 500°C ものに相當するが如し) 各種鋼材に對する焼戻色を決せり、(最近 Monypenny 氏は Cr を主とする耐鑄鋼の焼戻色を發表せるも著者の研究は同發表以前にして且つ各種鋼に互れるものとす。)

(9) 各種耐鑄鋼の被鍛性に就き研究し耐鑄鋼と雖も適當なる鍛造温度を選定せば普通鋼に比し著しき困難なく之を鍛練又は壓延し得るものにして熱間にありては Cr を主とするものにして C<0.3% のものは最も可鍛性に富み半硬鋼と同様に鍛練し得ることを知れり、之に次ぎ可鍛性大なるは Cr を主とするか又は Ni を含有するも C 含有量少なきものにして一般に C 含有量多きか又は Cr の多量と Ni を含有せるもの及 W を含有せるもの被鍛性大ならざるを知るなり、又冷間にありては Cr を主とし C<0.2% のもの及 Ni>5% を含有せるもの、み被鍛性を有するを知れり。

(10) 各種耐鑄鋼を最も加工に容易なる状態にあらしめたる後其機械工作に對する難易に就き研究し、同鋼材應用に關する基準を示すことを得たるのみならず、化學成分及組織と此種性質との關係を明にせり。〔第四節 (IX) (B) 及 (C)〕

但し加工容易なるもの (Cr を主とするもの多し) にありては普通鋼に比し機械工作の難易に關し大なる差異なきも Ni>5% を含有するものは之を不良ならしめ、Si 又は Cu を含有するものは加工性をして大ならしむ、尙ほ組織との關係を述べれば一般にオーステナイト組織のもの加工困難にしてフェライト若しくはパーライト組織を有するもの加工容易なるを知るなり。

(11) 各種耐鑄鋼の高温度に於ける酸化度並に硬度、抗力の變化を比較し是等の諸性質と化學成分又は組織との關係を知り高温度に於ける用途に對する適否を明かならしめたり。〔第四節 (IX) (A)〕

例へば高温度酸化に對しては Cr 鋼にして Si の稍々多量を含有せるもの最も良く抵抗し Ni の多量を含有するか Si の少なきもの抵抗力少なきを知るなり、次に高温度に於ける硬度及抗力の變化に就ては Cr 以外 Ni>5% を含有せるもの抗力及硬度の變化最も少なく (Si を含有するものは更に其變化少なし) Cr を主とする耐鑄鋼は常温並に低温度に於ける硬度及抗力大なるも 600°C に至り其硬度を減じ爾後中位にあり、(C<0.3% のものにおいて其硬度常に小なり) 又 W を含有せるものは 750°C

に至る迄常に最大の硬度及抗力の低下を示すものとす、但し高温度に於ける硬度及抗力の低下は半鋼硬又は砲身鋼のものに比し何れも小なるを認めたり。

(12) 各種耐鑄鋼の比重を測定し化學成分及組織と比重との關係に就き研究し其最小なるものは Cr の多量又は Si を含有し其値 7.6 に過ぎず、又比重の最大なるものは Ni の多量又は W を含有し其値 8.09 に達するを知れり、尙ほ化學成分を已知し計算のみに依り比重を算定し得ることを知れり。

〔第四節 (V)〕

(13) 耐鑄鋼製刃物の切味に就き研究し之に適する鋼種を選定し且硬度と切味との關係を明にし切味良好なるべき硬度を 600 と判定し軍刀又は日本刀の硬度は 470~550 を以て足ることを發見せり、尙ほ適當なる鋼種を採用し且つ其硬度を増加せば軍刀又は日本刀としての價值充分なることを確め得たり。〔第四節 (X)〕

(14) 各種耐鑄鋼の接合性に就き研究し接合性と化學成分との關係を知り且耐鑄鋼の鐵着に適當なる特殊鐵合金を發見せり。〔第四節 (IX) (E) (F)〕

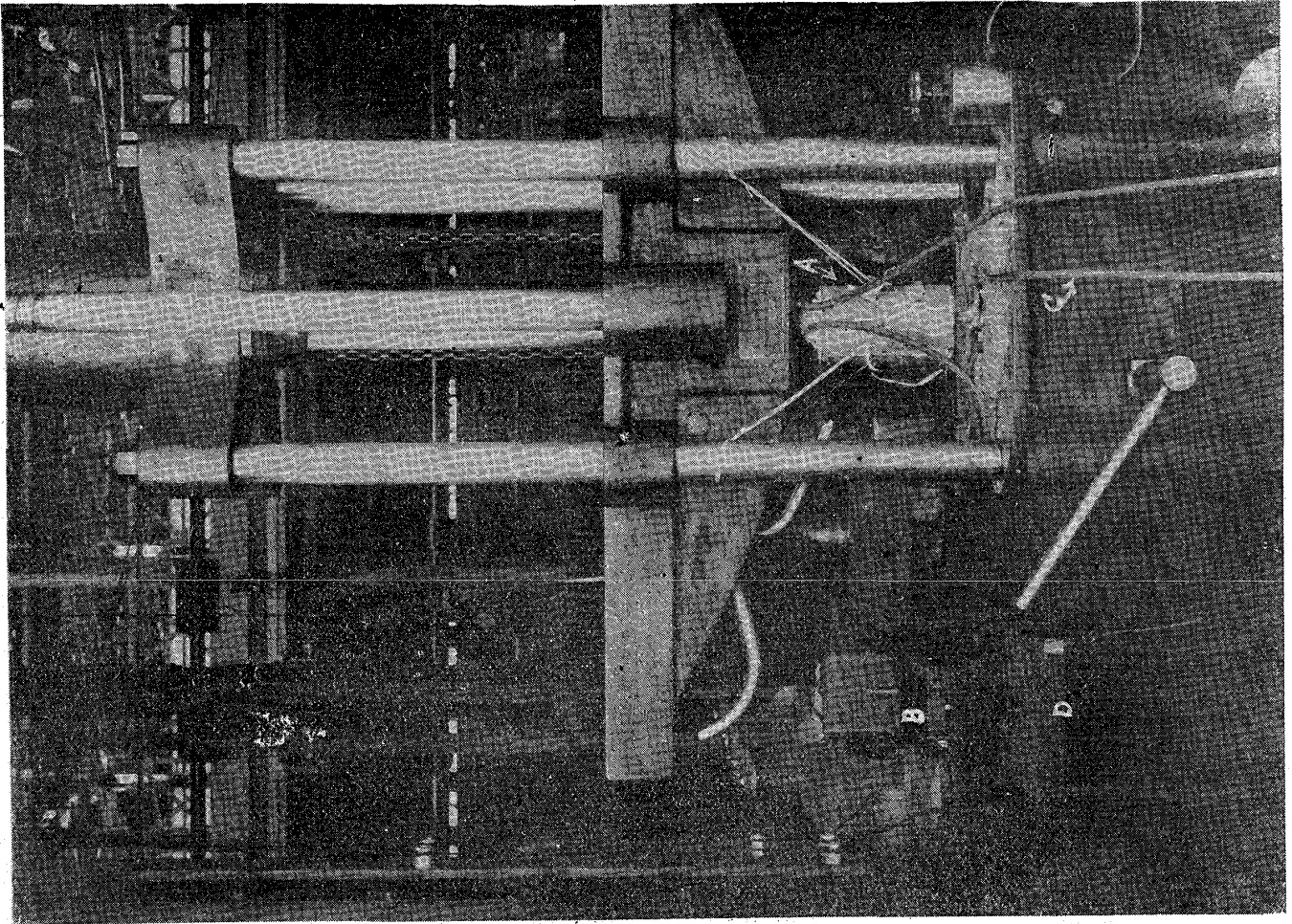
接合性に就ては耐鑄鋼の鍛着は困難なるも酸素アセチレン鎔接法に依り媒鎔劑なく容易に之を實施せらるゝものにして此際 Cr, C 及 Si 含有量少なきか又は Ni 8% 以下を含有せるもの鎔接容易なるを認めたり、又鐵着に關しては從來の黃色鐵合金に代ふるに其色耐鑄鋼に近く抗力相當大にして且つ高温度竝に酸化に耐ふる特殊鐵合金を發見せるものとす。

(15) 本研究に依り各目的に應ずる理想的耐鑄鋼を選定し尙ほ數例を設け耐鑄鋼の用途を決定せし外之が使用に當り必要なる價格の問題に就ても研究の結果を發表せり。〔(XI) (XII)〕

終りに臨み本研究發表に際し之れが公表を許可せられたる陸軍中將緒方勝一閣下及黑崎延次郎閣下竝に査閲を賜りたる工學博士俵國一先生に對し感謝の意を表すると共に終始本研究の實驗に參與せられし技手高根茂氏の誠意熱心なる助力と試料を提供せられたる各製造所竝に研究所關係者諸氏及設備の使用と實驗の實施に際し多大の便宜を與へられたる先輩諸氏に對し深甚の謝意を表す。

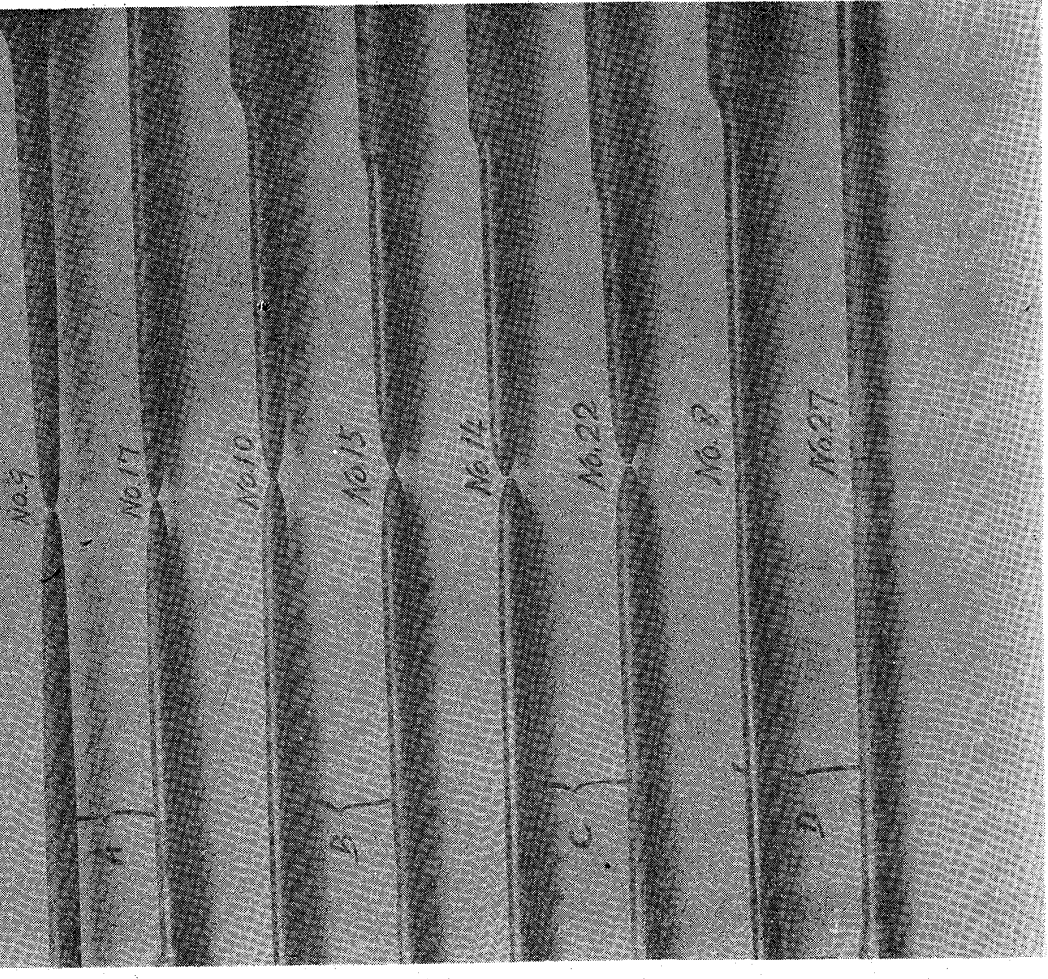
寫真圖第三十
熱間抗力試驗裝置

註記
A: 加熱用電氣爐
B: 高溫度計用ミ
C: 冷却用水管
D: 抵抗器



寫真圖第三十一

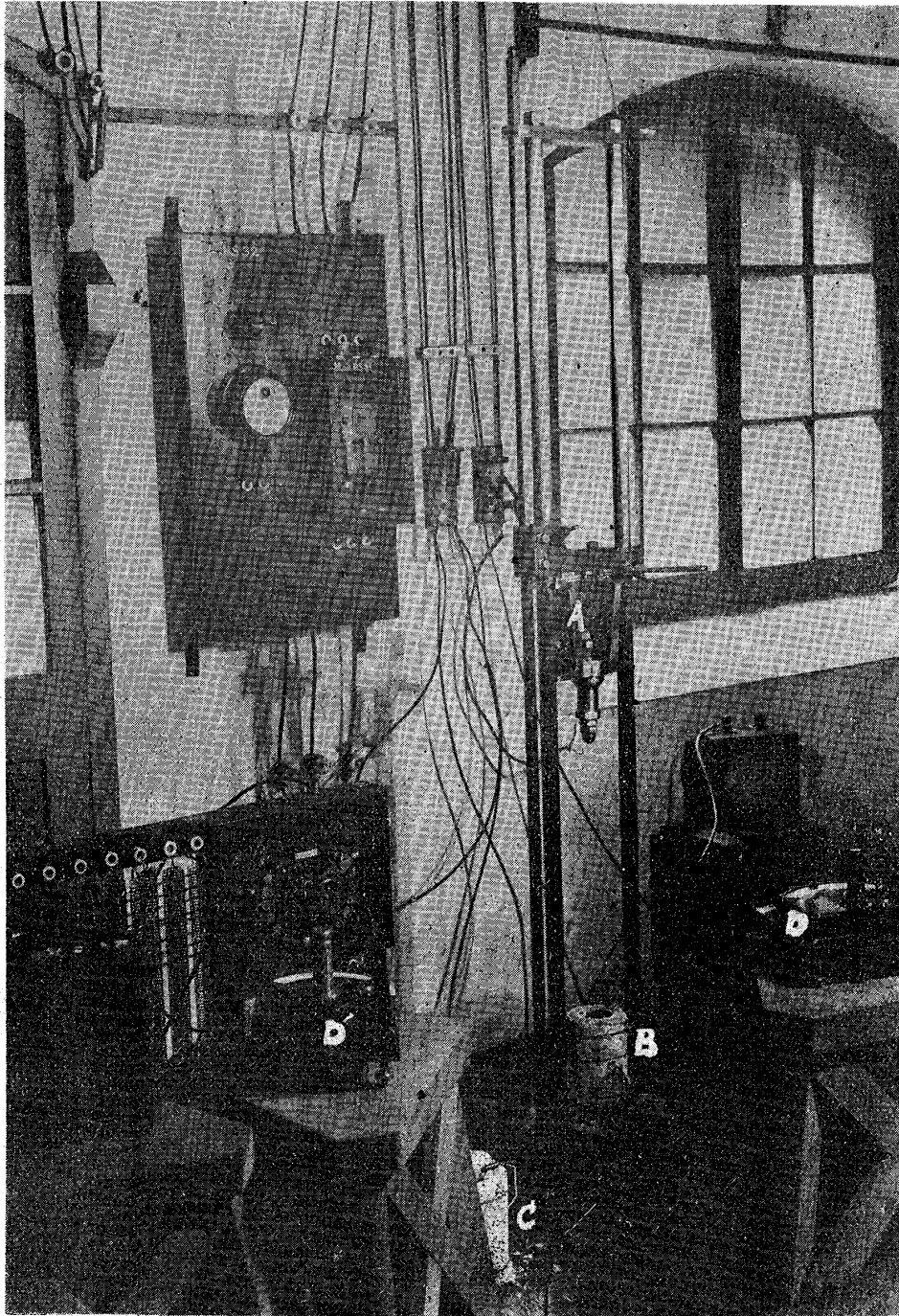
面片着分同熱間(800℃)抗張試驗
断面収縮、試片ヲ示ス



寫 眞 圖 第 三 十 二

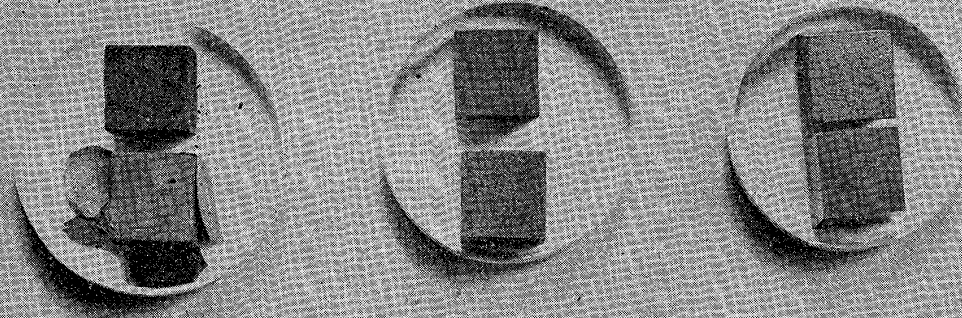
熱 間 硬 度 試 驗 裝 置

- 註 記 { A : 重 錘、 B : 電 氣 加 熱 爐
 C : 豫 熱 爐、 D : 高 溫 度 計 用 ミ リ ホ ル ト メ ー タ ー

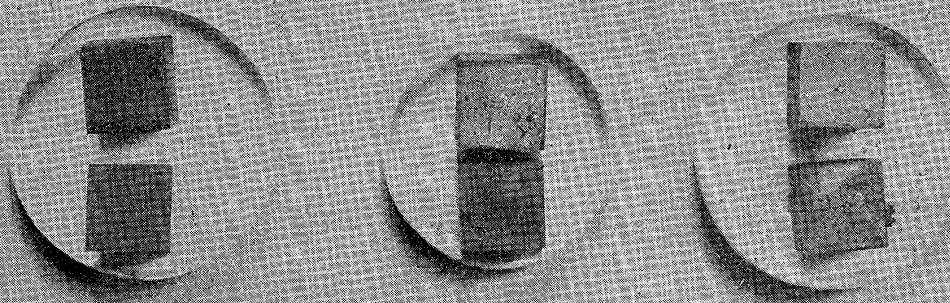


耐青銅酸化、景況 (900°C)

半硬鋼(酸化度1) No.4(酸化度0.7742) No.22(酸化度0.2269)



No.20(酸化度0.0097) No.13(酸化度0.0075) No.8(酸化度0.0069)

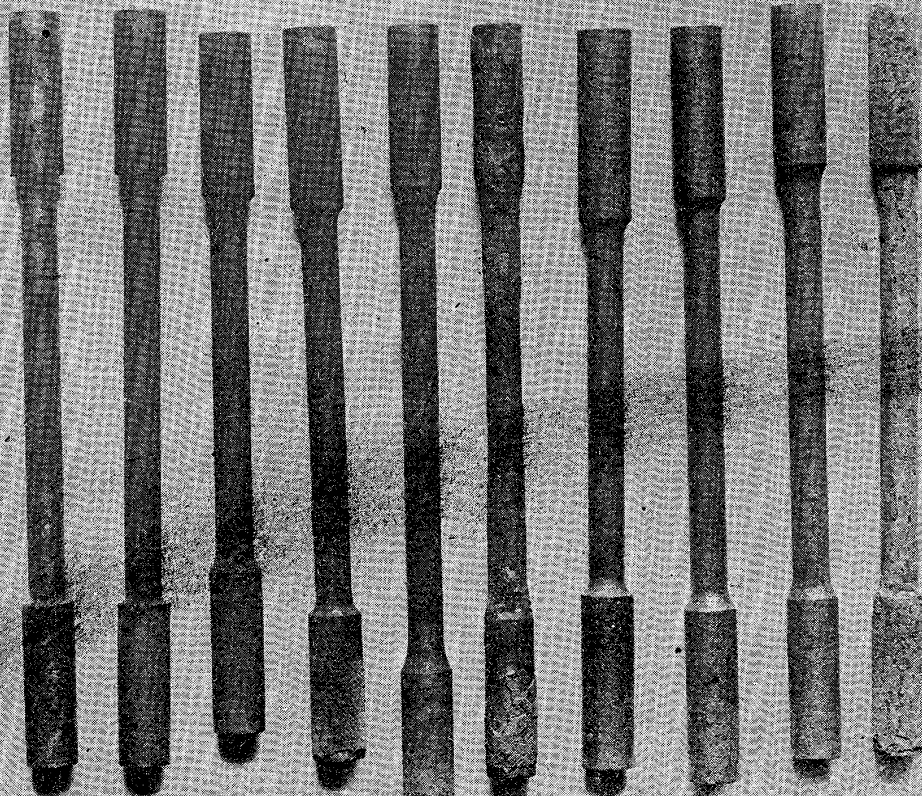


No. 2.

高 溫 度 酸 化 試 驗

(1050°C)

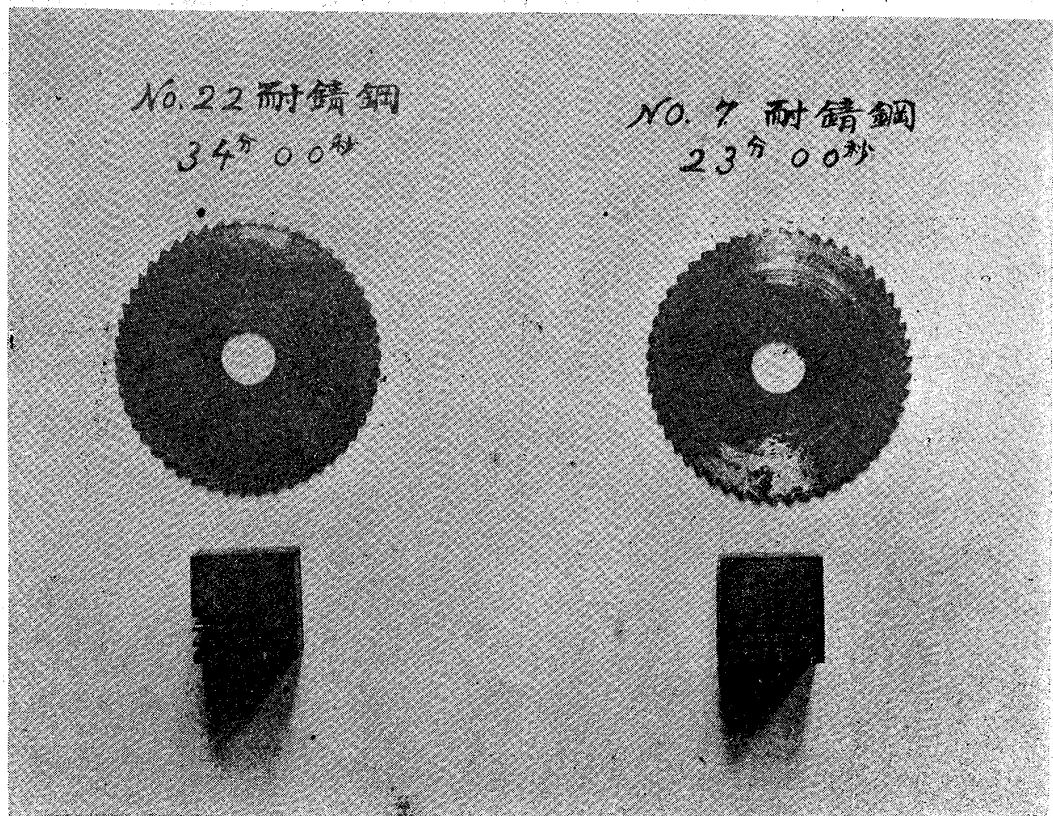
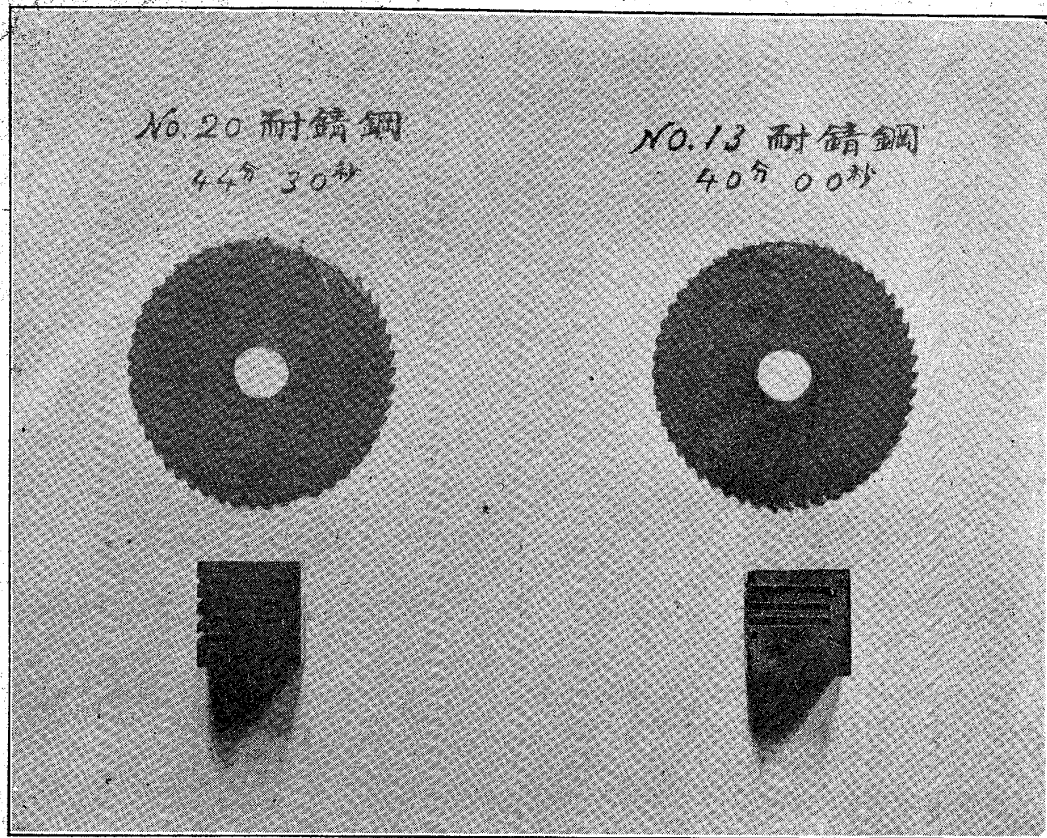
鋼種番號 9 8 10 17 26 21 18 30 13 6



耐酸化順序 2 1 3 4 6 10 5 7 8 9

寫眞圖 第三十四

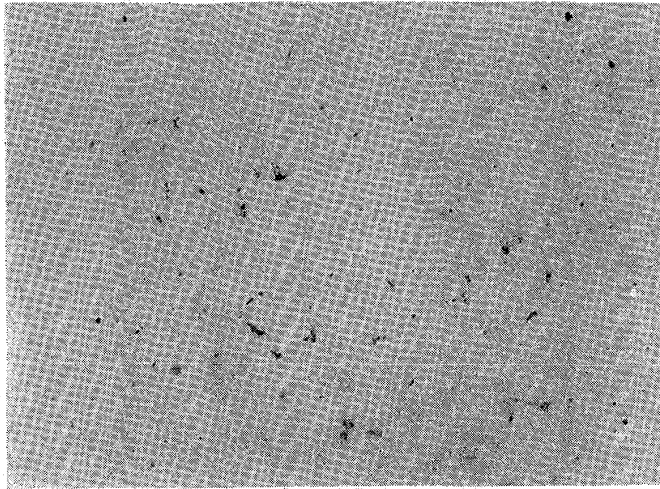
切削後に於ける試料及びフライスの状態



寫真圖 第三十五

No. 1 耐鑄鋼鑲附の状態
鑲附の部分

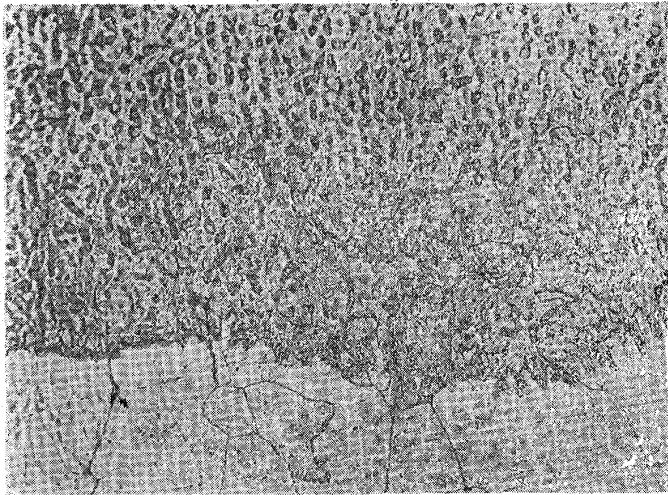
×100



研磨の儘

No. 2 耐鑄鋼鑲接の状態

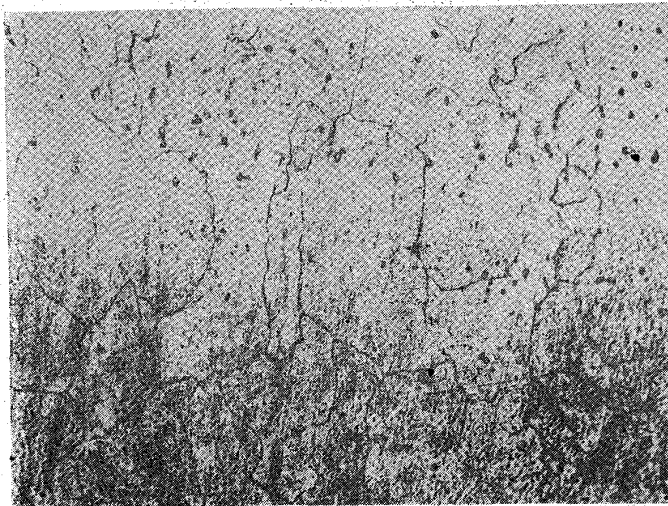
×100



4% $\text{HNO}_3 + \text{C.HCl}$ にて腐蝕

No. 3 耐鑄鋼鑲接の状態

×100



4% $\text{HNO}_3 + \text{C.HCl}$ にて腐蝕

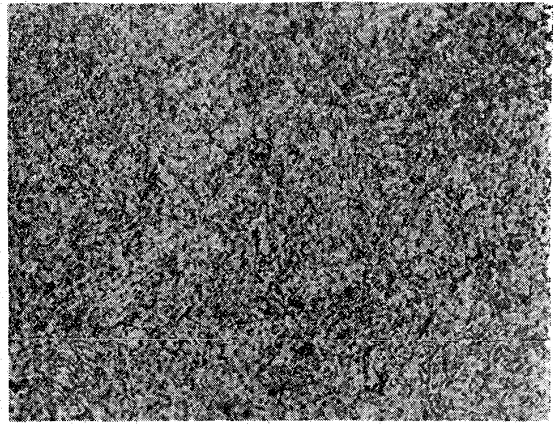
鑲接部
No. 3 耐鑄鋼

鑲接部
No. 16 耐鑄鋼

寫真圖 第三十九

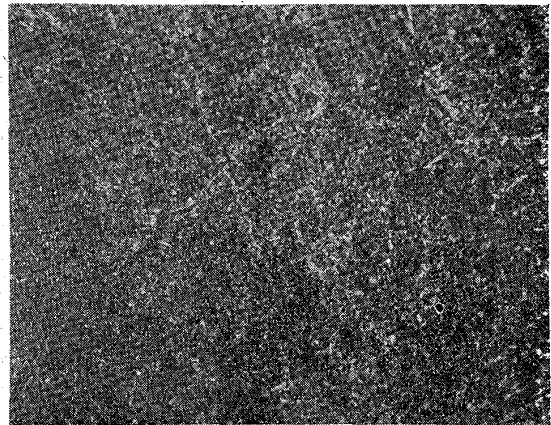
No. 1. No. 2. 日本刀の組織
(刃部)

×500



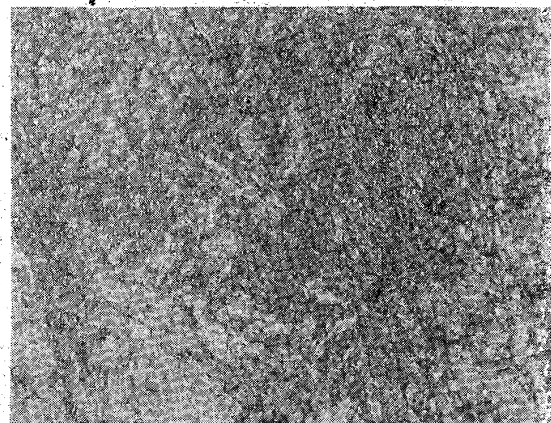
No. 2. No. 3. 日本刀の組織
(刃部)

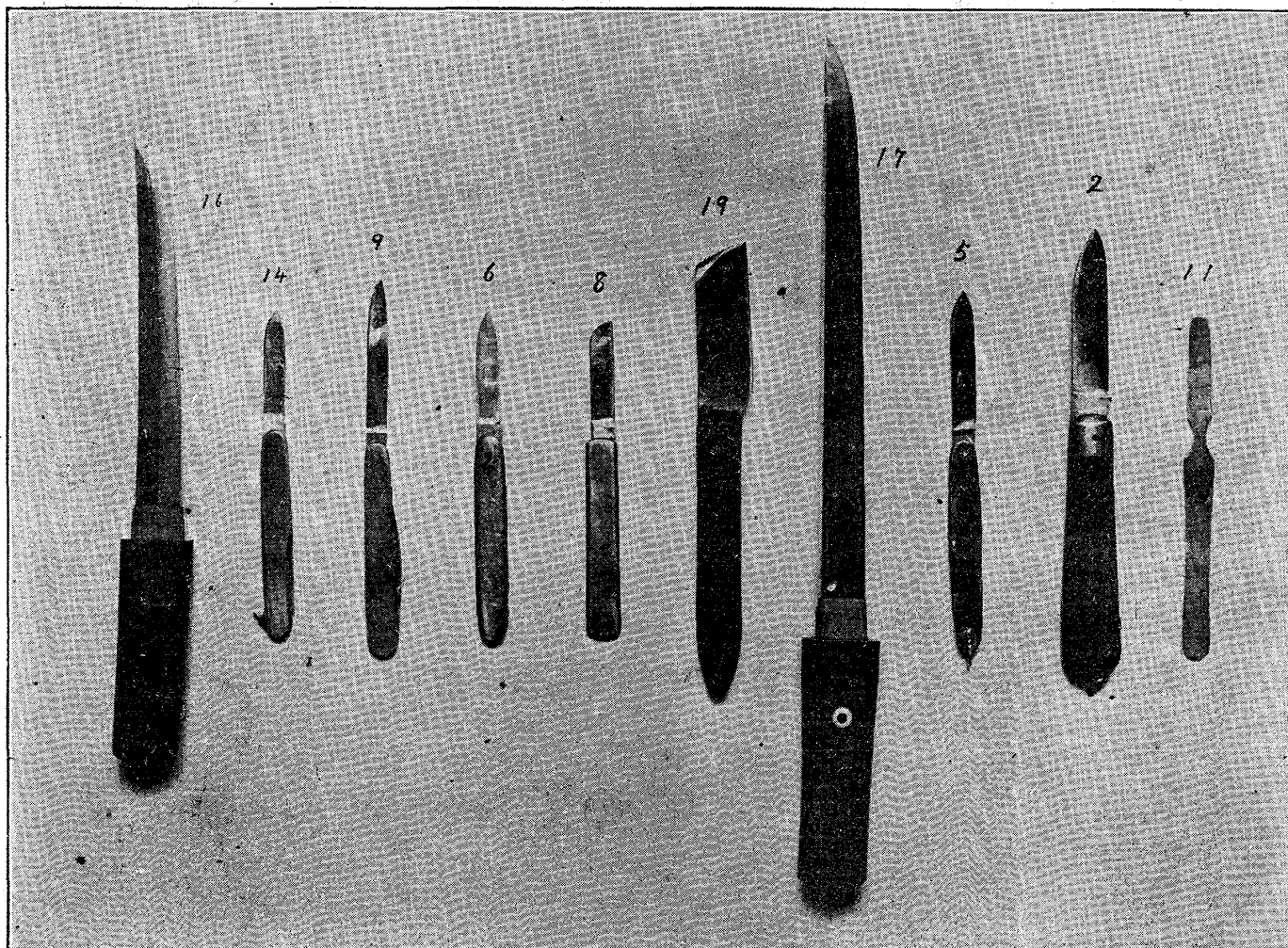
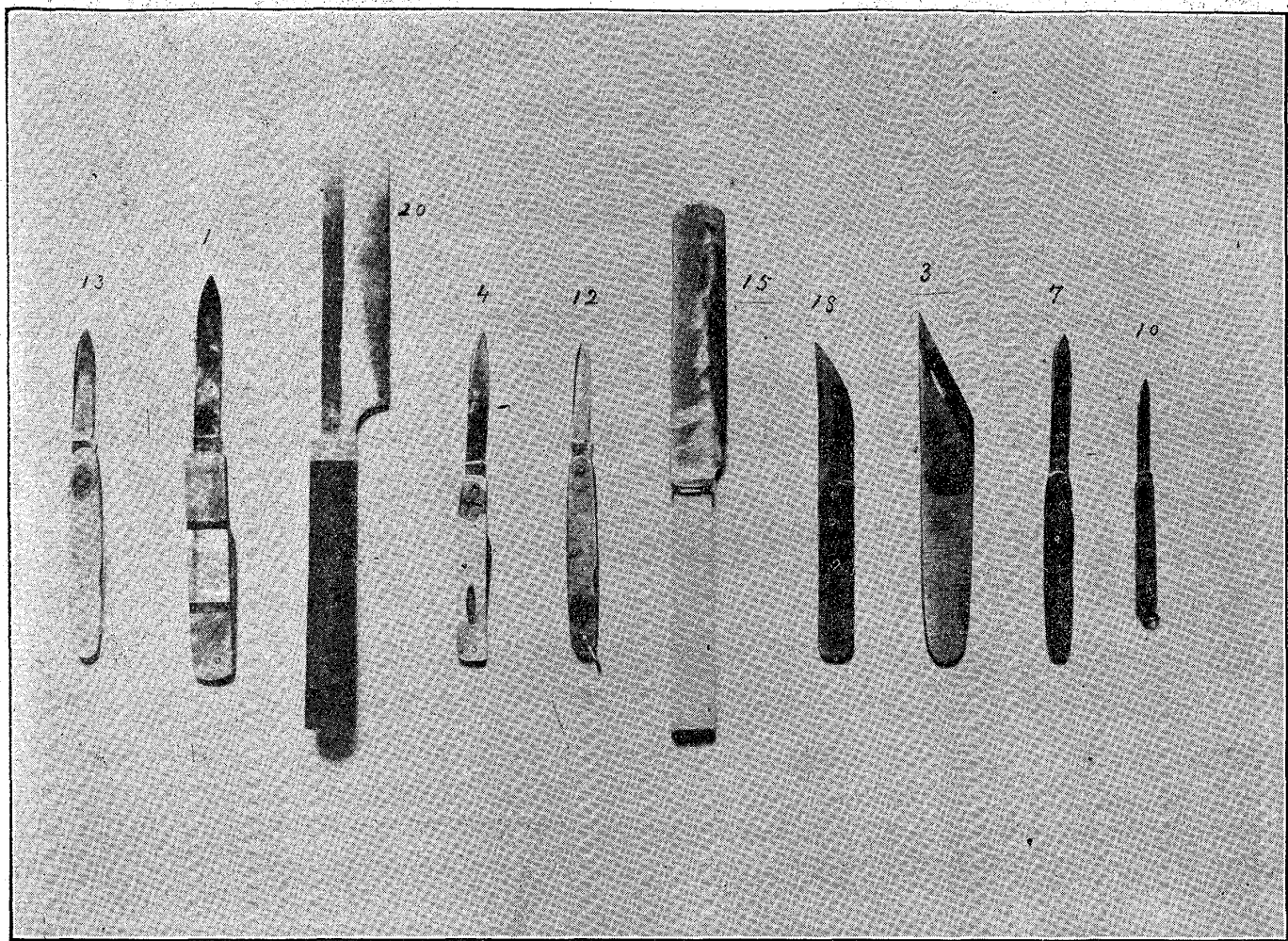
×500



No. 3. No. 6 日本刀の組織
(刃部)

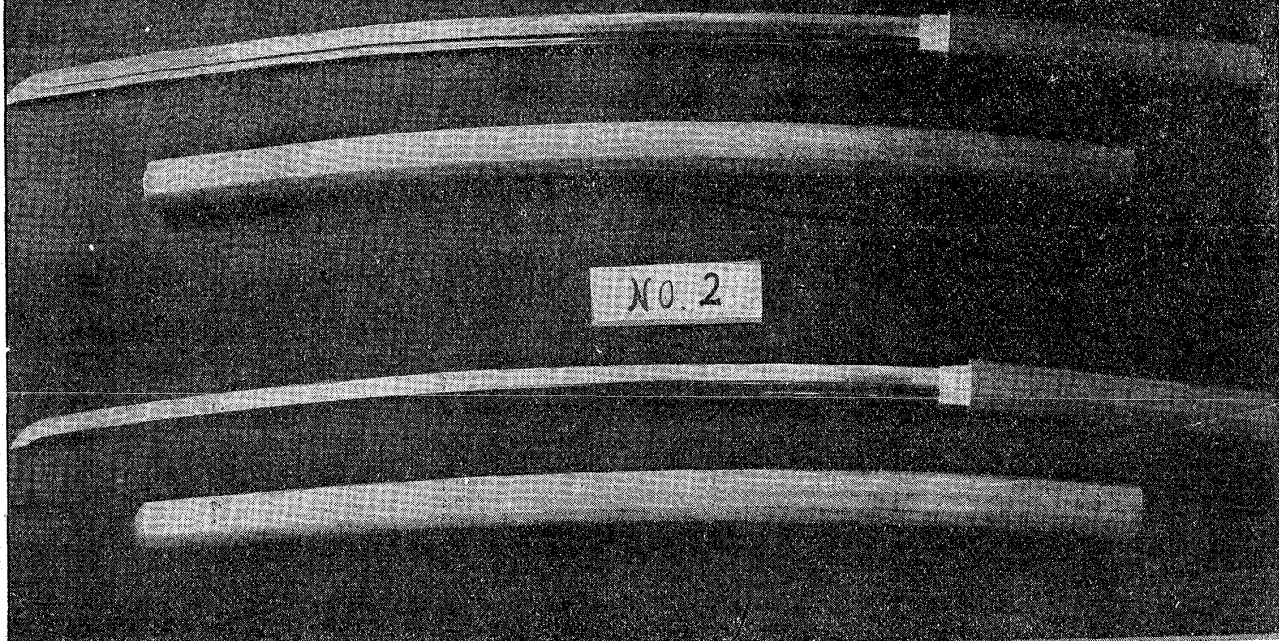
×500





耐銷鋼製日本刀

NO. 1

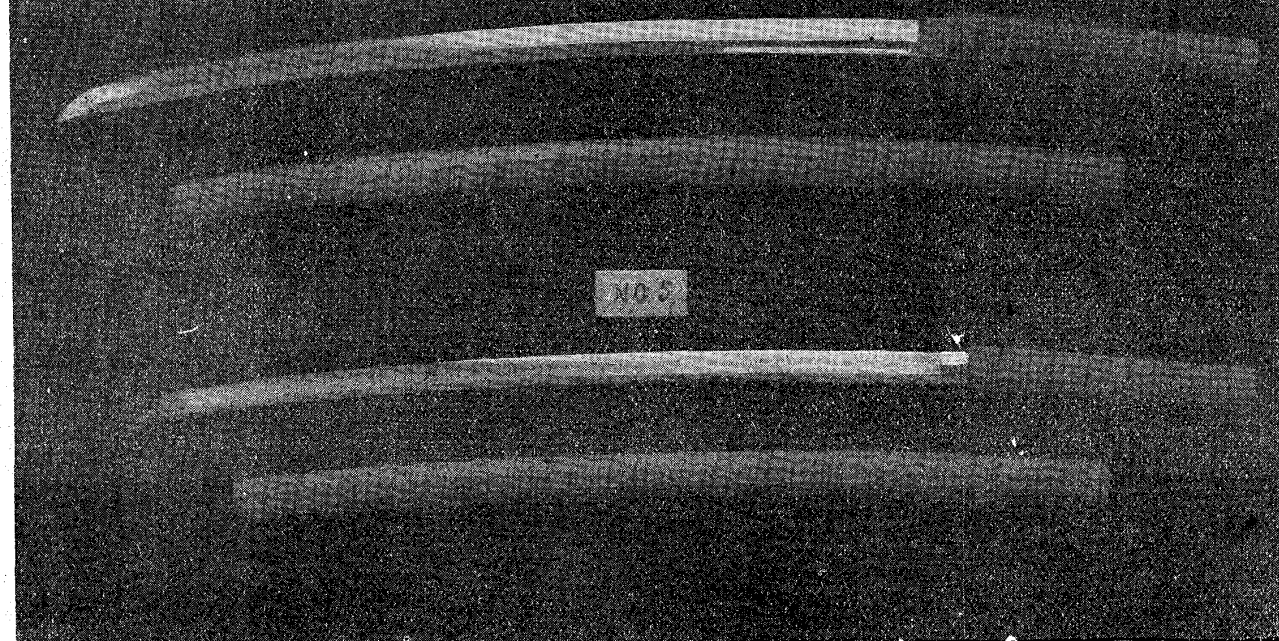


NO. 2

No. 3



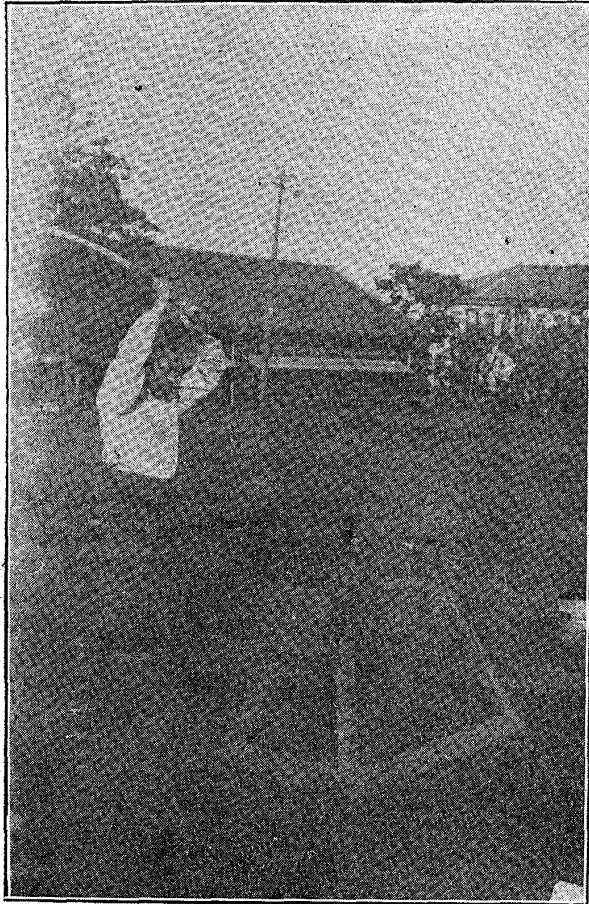
NO. 4



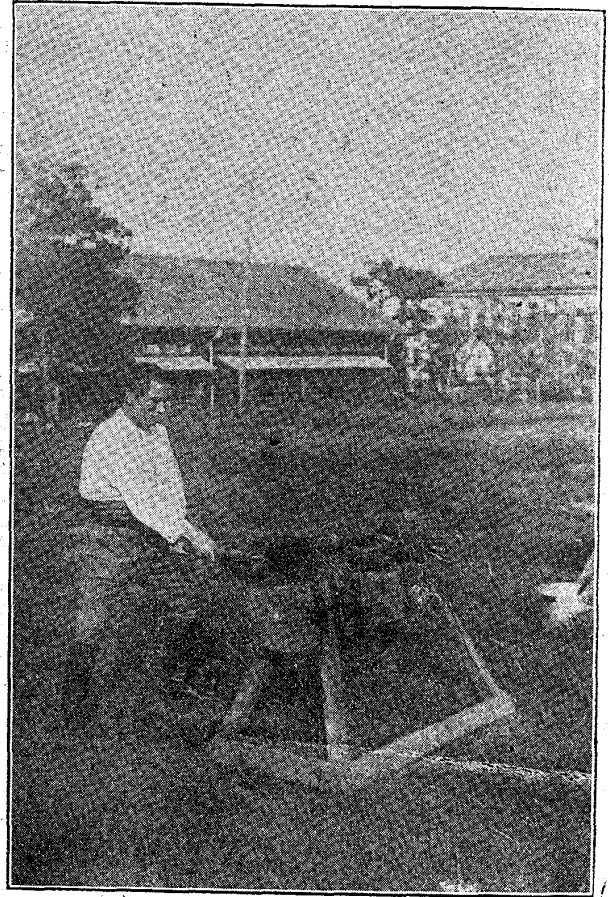
NO. 5

寫 真 圖 第 三 十 八

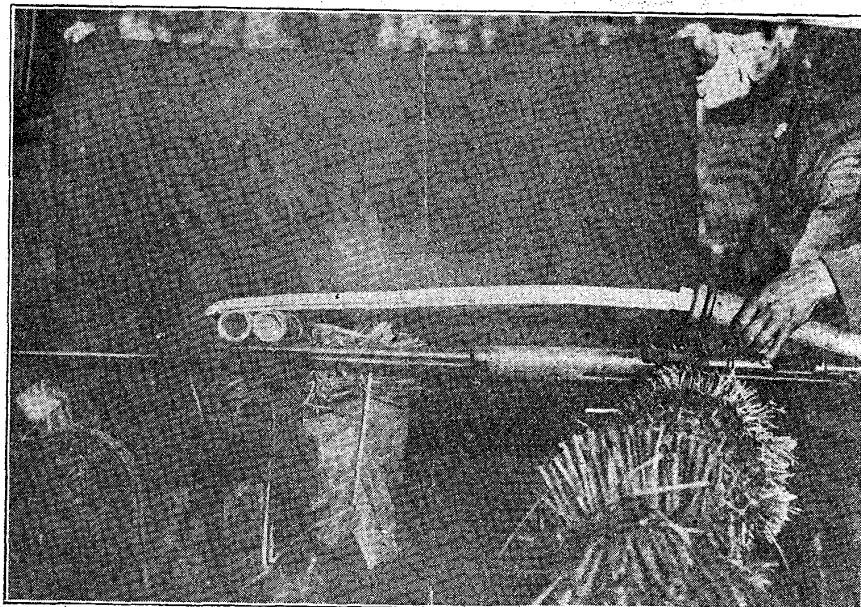
No. 1 日 本 刀 を 振 上 げ た る 光 景



No. 2 試 切 せ し 瞬 間 の 光 景

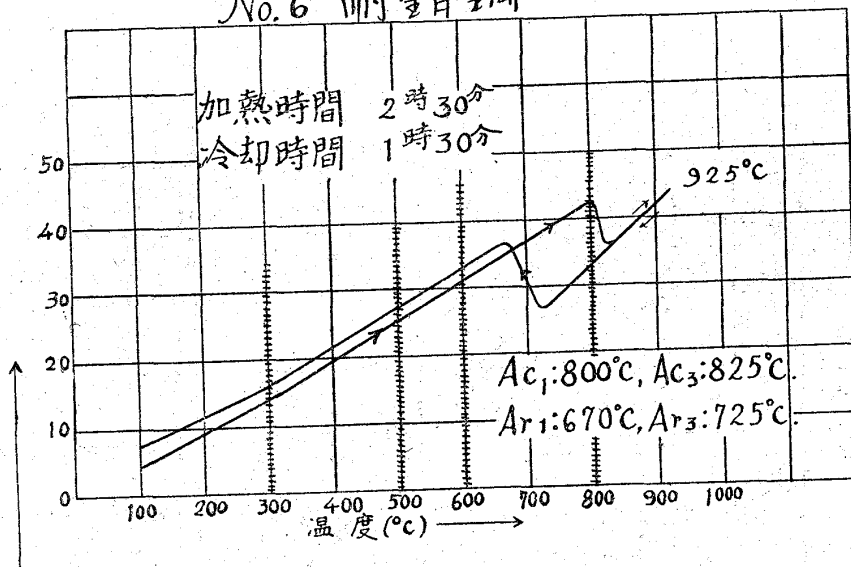


No. 3 試 切 せ し 日 本 刀 及 試 切 せ る 材 料 の 状 態

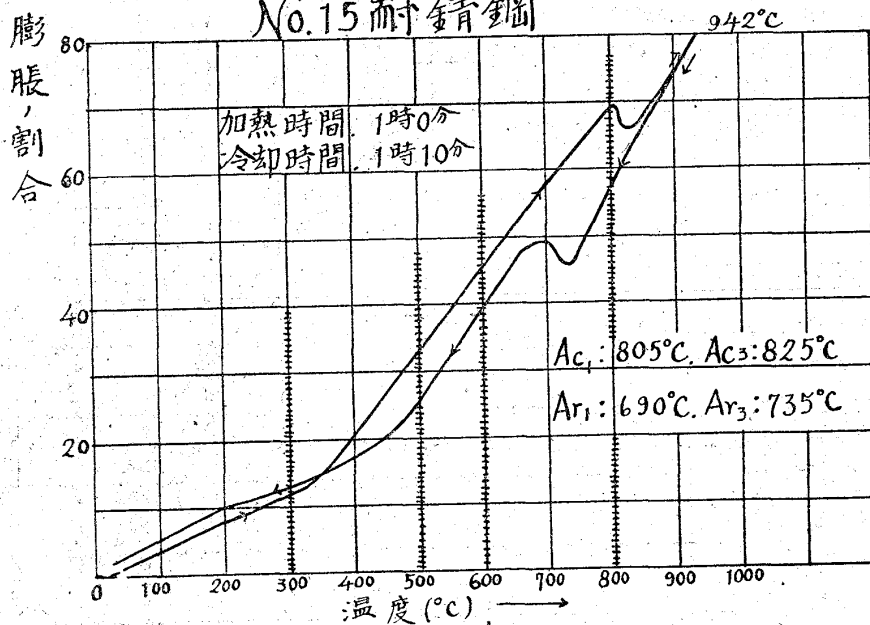


曲線圖第39 實驗溫度と變態點との關係

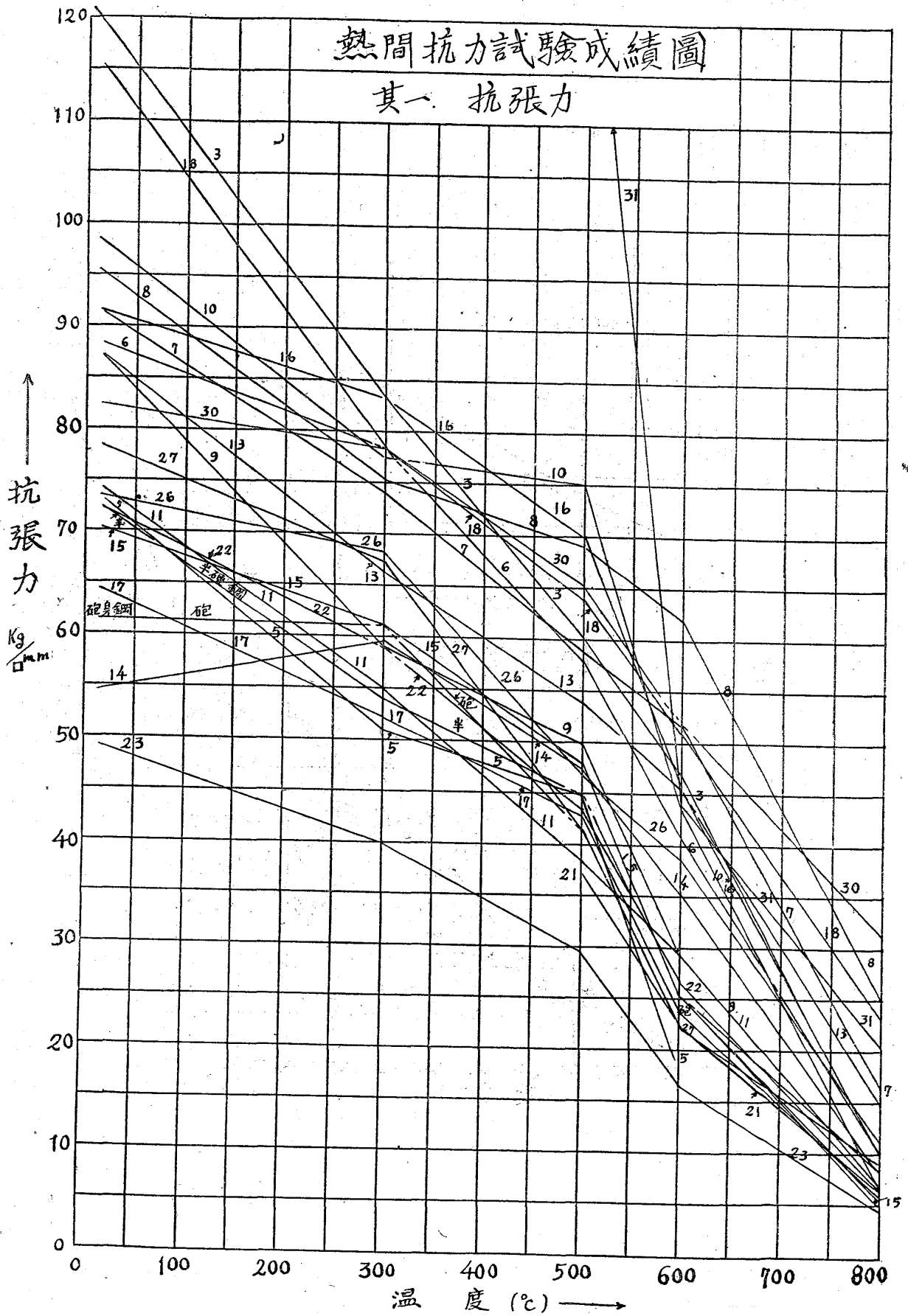
No.6 耐銹鋼



No.15 耐銹鋼

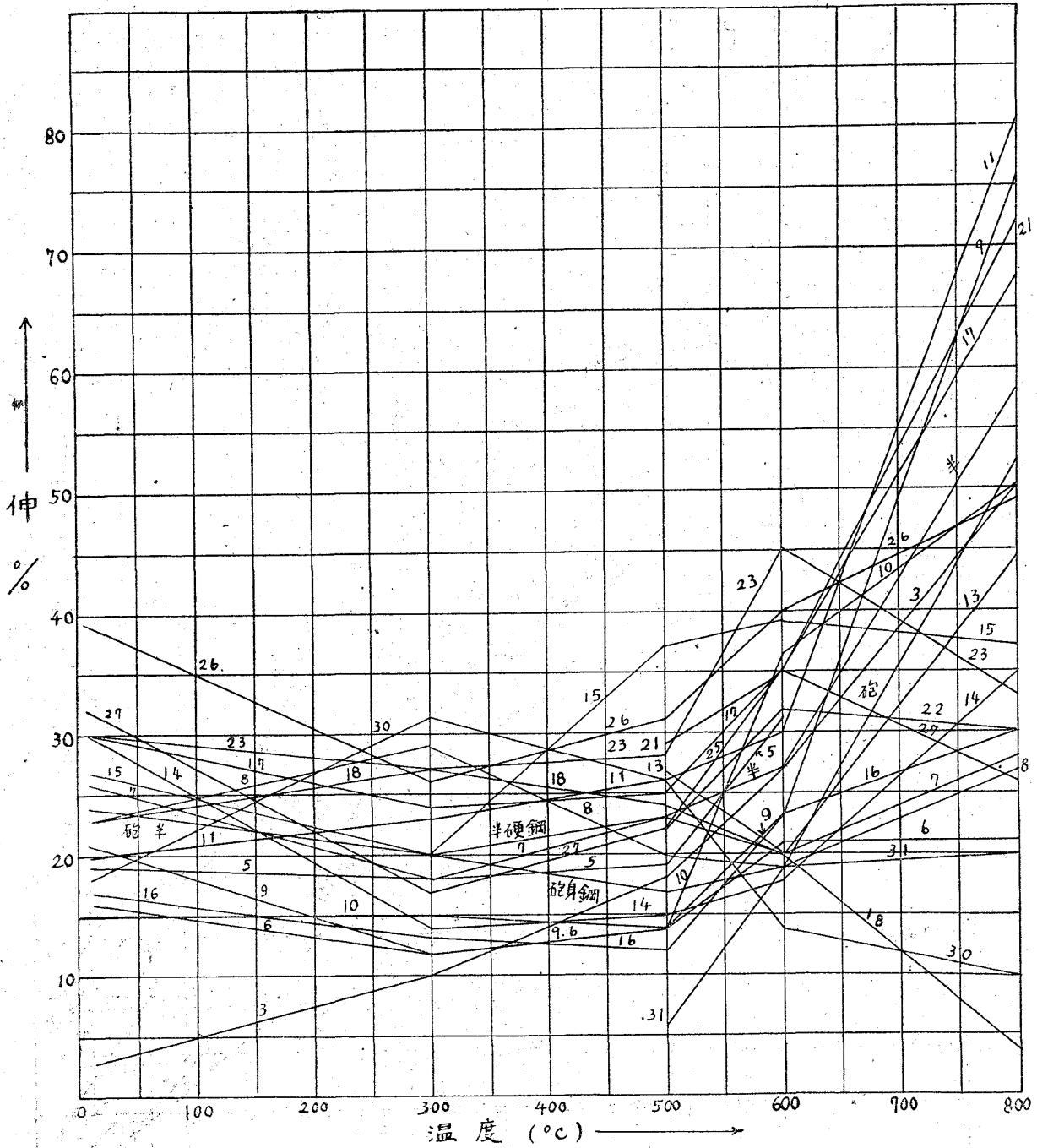


曲線圖 第40



曲線圖第41 熱間抗力試驗成績

其二 伸



曲線圖第42 熱間硬度試驗曲線圖

