

結 論

以上の研究より得たる結論次の如し。

鋼材壓延用普通鑄鐵製ロール（チルドロール及びサンドロール）は極めて硬質なる特殊の高級鑄物にして、700°C の高温度に焼鈍して硬度の低下なく、よくその鑄造應力を除くと共に材質を優良化し得べく、更に進んでは之に焼入法を施して安全且有効にその効果を擧げ得べし。殊に著者は工業的研究の立場より之が實施に努めし結果幸にして満足なる成績を得、殊に條鋼用サンドロール焼

入法の如きは、實施後一躍數倍の壓延成績を見、ロール製造界に安全且確實有效なる一つの新らしき方法を提出し得たり。

終りに臨み本研究に對し御指導を仰ぎたる野田研究所長及び鶴瀨第一研究室主事、焼入法實施に御援助賜はりたる高橋ロール課長及び江口鍛鋼工場主任、實驗に従事されたる上田哲三氏以下多くの人々の御盡力を謝し、又本報告の全文に亘り親しく御校閲の榮を賜はりたる、恩師東大教授工學博士俵 國一先生に對し厚く感謝の意を表す。

種油による焼入効果に就て

（日本鐵鋼協會 第五回講演大會講演）

大 畑 宇 治 郎

ABSTRACT

A STUDY OF HARDENING POWER OF RAPE-SEED OIL. By Ujiro Ohhata.

The quenching media used for large forgings of steel are mostly rape-seed oil, fish oil and water. Generally speaking, oils are excellent quenching media when fresh or when first used, but unfortunately their good characteristics change with age and service.

The author of this paper has investigated the relation between the hardening effect upon the heat treatment properties of steels and change in service of rape-seed oil. And comes to the conclusion by the result of many tests that the rape-seed oil produces a better structure and has an extremely long life in service.

In addition to considering the characteristics of water and fish oil.

目 次

- I. 緒 言
- II. 種油の冷却能力
- III. 種油の古さが熱處理後の機械的性質に及ぼす影響
- IV. ニッケルクローム鋼の油中及水中焼入に就て
- V. 種油と魚油との比較
- VI. 結 論

I. 緒 言

鋼材の焼入用急冷媒質として用ひられつゝある

ものには各種のものがあるが、砲身甲冑及び機關用打物等の如き大鍛造物に對しては一般に種油、魚油若くは水の3種の範圍を出でない様である、動植物油を媒質として長年月使用する時には酸素を吸収して分解作用を起し、分解成生物が漸次濃厚となり、且は被加熱物に附着せる灰及スケールの浮遊若くは沈澱をなす等により著しく粘稠のものとなる。

斯の如く焼入油が永年の使用によつて、古くなつた程度が焼入鋼材の性質に及ぼす影響に就て研究したものは極めて少ない、勿論僅少量であれば新油と取り更へた處で別に問題ではないが、大

量になれば經濟的見地よりも相當重大なる問題である。依つて種油の古さと焼入効果との關係を稍仔細に調査して現在使用中の古種油の實用的價值を判定すると同時に種油、魚油及水の焼入効果に就ても聊か比較調査を試みたので急冷媒質選擇上の一参考にもならば幸甚と考へる次第である。

II. 種油の冷却能力

焼入用急冷媒質としては一般に其の比熱、熱傳導率共に大にして揮發し難く粘性の小なるものが効果最大であるとされて居る、今焼入用として長期間使用せる古種油と新種油とに就て上記諸性質の綜合的關係に於ける冷却能力の比較調査を試みた。

一般に焼入用急冷媒質の冷却能力測定に就てはルミヤテリエー (Review de Metallurgie Vol. 1. 1904)、ベネディックス (Journal of the Iron & Steel Institute 77, 1908)、マツシュース及スタッグ (A. I. M. E. 36, 1914)、フライ (Journal of the Iron & Steel Institute 95, 1917)、ピリング及リンチ (A. I. M. E. 62, 1920)、フレンチ (A. S. S. T May, June, 1930)、ポーテビン及ガービン (Journal of the Iron & Steel Institute 99, 1919)、松下氏 (Journal of the Iron & Steel Institute. May, 1923)、大日方氏 (金屬の研究第7卷第3號) 等可成り澤山の文献があつて、伸々進歩した方法も發表されて居るが、以下著者の採用した方法は冷却媒質中にて加熱せる試片の中心が或溫度範圍を降下するに要する時間を測定するもので、最も初歩ではあるが試片の質量稍大なるために冷却速度遅く、作業工場にて行ふ實驗としては比較的容易にして測定誤差が少なからんと思ひ本法を選んだ次第である。

實驗 其 1 油温と冷却能力 油の溫度を色々に変へて冷却能力を測定した、實驗に使用した種油は次の3種である。

- (a) 新種油 福岡縣若松市日革製油會社製造
- (b) 混合油 新種油(a)と古種油(c)とを等分に混合せるもの、
- (c) 古種油 約 20 ヶ年焼入用として連續使用のもの(但し減耗と變質、防止の爲めに其間相當量の新油を補充し來る)

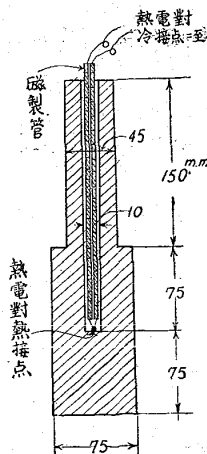
上記各油の物理的並に化學的の諸性質は第1表に示す通である。試片は熱的異常を示さざる電氣爐製オーステナイト不銹鋼を鍛造後充分焼鈍したる後第1圖の如く機械仕上をして使用した、其の分析成分を次に示す。

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
·30	·11	·33	·042	·008	14·75	7·76	·42%

第1表 各種油の物理的及化學的の諸性質

諸性質	新種油	混合油	古種油
比重 (15°C)	0·9150	0·9315	0·9467
遊離有機酸(油酸として%)	2·34	10·06	23·10
沃度	101·40	94·77	84·07
鹼化度	175·30	180·95	193·60
引火點 (°C)	215	210	203
揮發物(100°C×5 ^h)%	0·133	0·224	0·223
15°C	404	846	2184
粘性 30"	220	389	836
45"	122	214	436
(Red wood) 60"	79	130	259
80"	55	77	136

第1圖



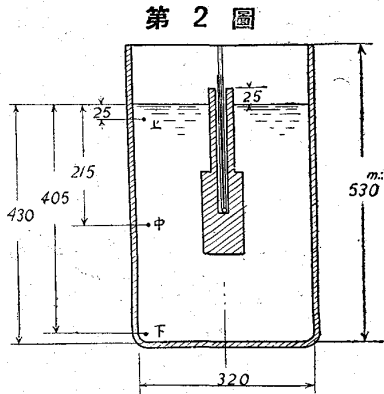
熱電對としては白金及白金ロヂウム線を用ひ細い磁性管で互によく絶縁し其の先端は試料と密着する様に注意した、焼入油槽は直徑 320 mm 深さ 53) mm の鐵板製の圓筒で油量は 30 kg とす。

先づ上記の試片を瓦斯マツフル爐にて次の如く加熱

す。

昇熱2時間820°Cに1時間保持

此の場合尚1本の熱電對にて試片外部の溫度を測定し中心部との溫度差を5°C以下に保つ如く調整す、油槽は總て石綿紙を敷きたる床面上に置く、油の溫度をそれぞれ25、40、50、60、70、80、90及



び100°Cとし前記の如く加熱したる試片を第2圖の如く位置及び深さ等の條件を常に一定として急冷す、液は

攪拌せず、焼入操作は機械的に行はなかつたので急冷開始後試片の中心溫度が800°Cになってから各溫度を降下するに要する時間を秒時計を用ひて測定した、尚油槽内の溫度は寒暖計を用ひて計つた。

結果 試片は3本製作して新油、混合油及古油に各1本宛使用した、不銹鋼にして然も耐熱鋼なるが故に加熱による減耗並に表面の酸化は實驗中認めなかつた、それに各油に對し1個宛専用としたので各油の同一溫度に對しては常に同一條件となるが故に嚴密な意味に於ては幾分誤差は生ずるとするも兩者を比較する上に於ては不都合はないと思はれる、上記の方法で測定した結果は第2表の通りで第3圖は之を圖示したものである。

理想的の冷却液としては變態點附近(一般に800乃至600°C)を出来るだけ早く冷却せしむべきものにして又600至乃400°C迄は焼戻脆性を起す材質に對しては之も亦早きを要し400°C以下は焼割れの危險を伴ふが故に反つて遅い方がよい。

第2表

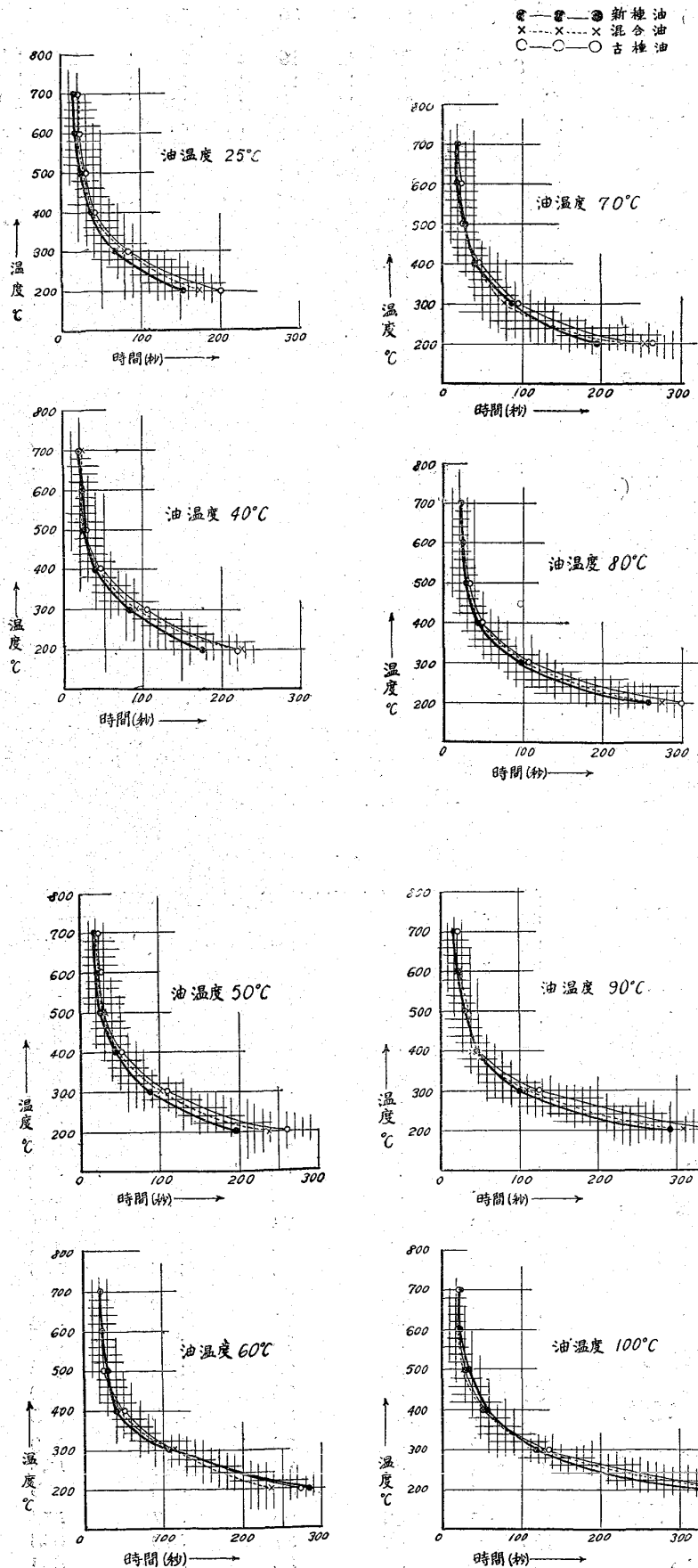
最初油温°C	25	40	50	60	70	80	90	100
800-700	新混	19	20	19	21	20	20	21
	混古	20	21	20	21	21	21	20
	古	20	20	20	21	22	21	20
	新混	21	21	21	21	21	20	21
	混古	21	22	21	22	21	21	21
	古	22	23	22	22	22	21	21
700-600	新混	25	29	27	30	30	29	31
	混古	27	28	30	31	29	30	33
	古	27	28	30	29	29	32	31
600-500	新混	37	41	43	44	40	45	47
	混古	38	44	45	45	41	48	47
	古	40	44	46	46	44	49	49
500-400	新混	66	86	87	113	87	97	100
	混古	80	90	102	110	77	105	110
	古	81	104	107	110	96	105	126
400-300	新混	153	175	194	282	198	255	290
	混古	175	225	240	235	255	274	304
	古	200	220	260	275	265	300	356
300-200	新混	115	121	127	135	142	148	155
	混古	118	120	128	135	140	146	150
	古	117	123	130	137	140	145	150
上	新混	47	53	66	85	98	107	115
	混古	57	82	85	95	99	110	120
	古	50	61	75	87	90	98	120
中	新混	32	41	52	62	72	81	92
	混古	43	49	58	65	74	83	92
	古	39	43	52	65	75	84	93
下	新混	32	41	52	62	72	81	92
	混古	43	49	58	65	74	83	92
	古	39	43	52	65	75	84	93

備考 800-700とは800°Cより700°Cまでの意なり。新は新種油、混は混合油、古は古種油、上、中、下とは第2圖に示す位置なり。

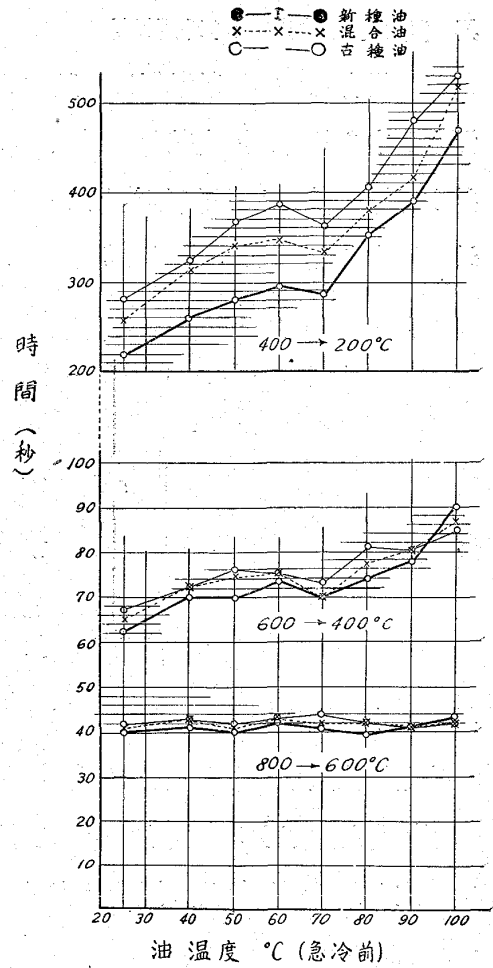
第3表

最初油温°C	油種類	各溫度を降下するに要する時間(秒)			
		800-600	600-400	400-200	800-200
25	新混	40	62	219	326
	混古	41	65	255	361
	古	42	67	281	390
40	新混	41	70	261	372
	混古	43	72	315	430
	古	43	72	324	439
50	新混	40	70	281	391
	混古	41	75	342	458
	古	42	76	367	485
60	新混	42	74	295	411
	混古	43	75	345	463
	古	43	75	385	503
70	新混	41	70	285	396
	混古	42	70	332	444
	古	44	73	361	478
80	新混	40	74	352	466
	混古	42	78	379	499
	古	42	81	405	528
90	新混	41	78	390	509
	混古	41	80	414	535
	古	41	80	482	603
100	新混	43	90	467	557
	混古	42	87	519	648
	古	42	85	530	664

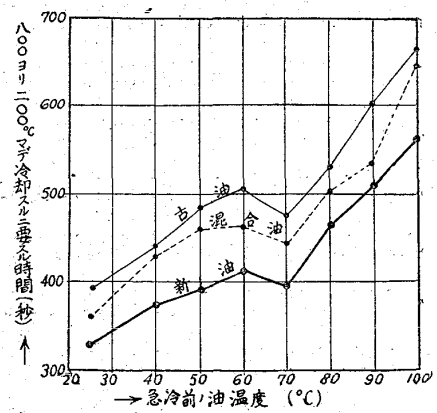
第 3 圖



第 4 圖



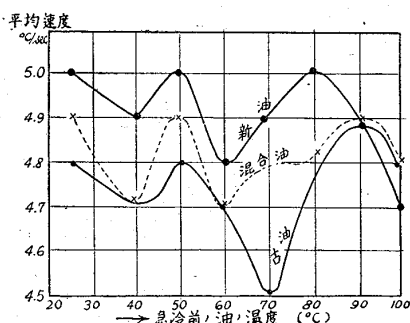
第 5 圖



第3表は此の實驗の結果より冷却に要したる時間を各油に就て (800~600°C)、(600~400°C) 及 (400~200°C) の各温度範圍に就て比較したもので第4圖は此の關係を圖示したものである、第3表及び第4圖によるときは 800~600°C の範圍に於ての冷却能力は油が古くなる程幾分低下するも、其の差は極僅少である尙又油の温度上昇による影響も少ない 600~400°C 及び 400~200°C の範圍に於ては油が古くなる程冷却能力の差が大きくなり油温の上昇による影響も從つて大となる。

第5圖は 800 乃至 200°C まで試片の中心が冷却に要したる時間を各3種の油に就て比較した結果である、本結果によれば新油は最も早く混合油之に次ぎ、古油が一番遅い 70°C 附近にて各油を通じ時間の早くなつて居る理由は明かではないが、試片の温度下降に從ひ油温が幾分蒸發をなす(80-90°C) 附近になつた結果冷却を速にする爲ではあるまいか。

第6圖



第6圖は各油に就て 800 乃至 600°C の間の平均冷却速度を求め之を圖示せるもので、各油共 50°C 附近の速度の増加は粘性の減少による運動の自由の爲に冷却作用を促進し新油の 8)°C、古油の 90°C 附近は幾分蒸發を伴ふが故に、之も亦冷却を速にし 100°C 以上は油温上昇の影響によつて速度を低下するものと思はれる。

第4表は概括的に最初の油温 25°C 乃至 100°C で最後に 60° 乃至 140°C となつた場合に於ける

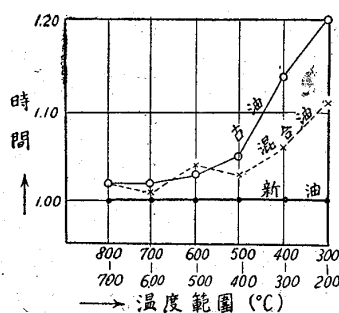
第4表 各温度範圍を冷却する時間の比較

温度範圍 / 油種類	新油	混合油	古油
800~700°C	1'00	1'03	1'03
700~600	"	1'02	1'04
600~500	"	1'04	1'03
500~400	"	1'03	1'05
400~300	"	1'06	1'14
300~200	"	1'11	1'20
800~200	"	1'05	1'08

新油による冷却を1として各油の冷却能力を比較したものである。

第7圖は此の關係を圖示したるもので一般に古

第7圖



油は新油に比して冷却能力の劣れることは明かなるも 800 乃至 600°C 附近の温度範圍に於ては其の差僅少である、温度降下に從ひ漸次其の

開き大となることは前にも述べた處で 800 乃至 200°C に於ける冷却能力を比較すると新油に比し約混合油は 5%、古油は 8% 低下して居る。

實驗 其 2 油量及液の運動が冷却能力に及ぼす影響

今迄の實驗は總て一定量の油で油は何れも冷却中は靜止の状態であつた、本實驗に於ては油量及油の運動が冷却能力に及ぼす影響を調査せんとするものである。測定に使用の試験材及装置は實驗其 1 と同じである。先づ試材を 200 kg 及 30 kg の油中に急冷し油は靜止状態として油量の影響を見、更に 30 kg の油槽中に急冷し之を攪拌して試片の中心が各温度範圍を降下する時間(秒)を測定して液の運動による影響を調査した。

結果 測定結果は第5表の通である。

油の量が多くても 800 乃至 600°C 範圍の冷却には格別の變化は認められない 600°C 以下の低温では油量が少い程冷却能力が低下する、液を運

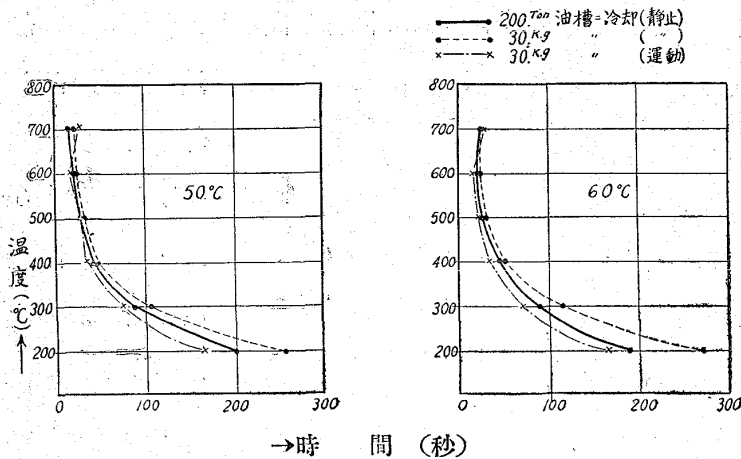
第 5 表

油 量	油 種 類	最初 油温 °C	800 700 600 500 400 300							最後の油温°C			備 考
			700	600	500	400	300	200	上	中	下		
ton	古	{50	17	22	28	44	94	£04	53	(試片附近)			靜 止
200	古	{60	21	22	28	44	86	190	63	(同上)			
kg	古	{50	20	22	30	46	107	£60	130	75	52	靜 止	
30.0	古	{60	21	22	29	46	110	275	137	87	65		
kg	古	{50	21	21	29	40	76	185	85	83	83	運 動	
30.0	古	{60	21	21	28	42	77	188	93	91	91		

第 6 表

燒入温度°C	720	820	870	920
800 ↓ 新混古		19	17	17
700 ↓ 新混古		20	18	16
700 ↓ 新混古		20	22	17
700 ↓ 新混古	20	21	20	22
600 ↓ 新混古	24	21	20	21
600 ↓ 新混古	28	22	22	21
600 ↓ 新混古	24	27	27	32
500 ↓ 新混古	25	30	27	30
500 ↓ 新混古	28	30	31	30
500 ↓ 新混古	37	43	41	48
400 ↓ 新混古	37	45	40	44
400 ↓ 新混古	38	46	47	43
400 ↓ 新混古	64	87	86	98
400 ↓ 新混古	73	102	75	87
300 ↓ 新混古	70	107	103	85
300 ↓ 新混古	135	194	202	268
300 ↓ 新混古	147	240	184	220
200 ↓ 新混古	148	260	302	262
上 新混古	118	127	137	146
上 新混古	116	128	132	134
上 新混古	130	130	135	132
中 新混古	65	66	82	84
中 新混古	78	85	98	98
中 新混古	79	75	94	98
下 新混古	46	52	55	52
下 新混古	52	58	54	58
下 新混古	54	52	54	54

第 8 圖



動せしむることは油量を多くして靜止のものより更に冷却能力を増加せしめ得ることを知る、第8圖は此の關係を圖示したものである。

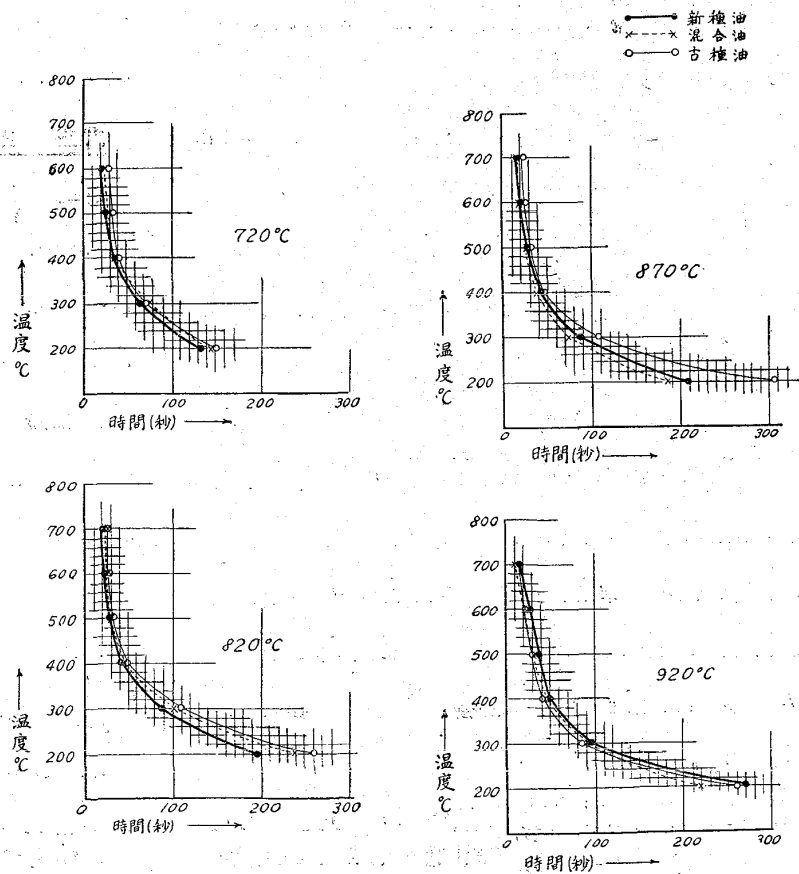
實驗 其 3 燒入温度の影響 燒

入温度の相違による冷却能力の變化を測定した、測定に使用せる試材及装置は實驗其1と同じである、燒入温度を720、820、870及び920°Cとし試片を各温度に1時間保持の後45°Cの新、混合及古油中に急冷した、而して試片の中心温度が各温度範圍を降下するに要したる時間(秒)を測定した。

結果 測定結果は第6表の通で第

9圖は之を圖示したものである。

第 9 圖

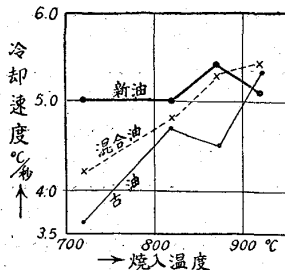


本実験の結果より 800 乃至 600°C 間の平均冷却速度を求めたる結果は第 7 表の通りで第 10 圖

第 7 表

焼入温度 °C	800~600°C 間 平均冷却速度 °C/秒		
	新油	混合油	古油
720	5.0	4.2	3.6
820	5.0	4.9	4.8
870	5.4	5.3	4.5
920	5.1	5.4	5.3

第 10 圖



は此の關係を圖示したものである、一般に各油共焼入温度が 900°C 附近迄は温度上昇に従ひ冷却速度を増加す、殊に油が古くなる程高温焼入による冷却速度の増加は稍顯著の様である。

結果の綜合

(1) 硬化に必要な温度範囲 (800~600°C) に

於ける冷却能力は新油、混合油及古油では其の差極僅少である、油温上昇による影響も亦顯著ではない。

(2) 600°C 以下の冷却能力は油温上昇に従ひ又は油が古くなる程低下する、油量を豊富にしても 800 乃至 600°C の温度範囲に影響することは少ないが低温範囲では影響が相當大きくなる。

液を攪拌することは甚だしく、油の冷却能力を増加せしめ得るものである。

(3) 急冷前の各温度に就て 800 乃至 600°C 間の平均冷却速度を求めたる結果によれば各油共 50°C 附近及び 80°C 附近に最大値がある、而して古油は多少高温の方に偏する、50°C 附近は粘性の減少に起因し 80°C 附近は蒸發の影響によるものと思はれる。

(4) 900°C 附近までの高温焼入は温度の上昇に

伴ひ冷却速度を増加す、此の影響は油が古くなる程顯著の様である。

III. 種油の古さが熱処理後の機械的性質に及ぼす影響

本節に於ては各種の材料を第 1 表に示す新古及混合油中に焼入及焼戻して油の古さが熱処理後の機械的性質に及ぼす影響を調査したものである。

實驗 其 1 焼入温度と硬化との關係 第 8 表に示す材料を各種の温度より新古及混合油中に焼入して其硬化の状況を比較研究した (勿論液の冷却能力の大小と鋼の硬化の大小とは必ずしも一致しないが) 試材は直径 25 mm、長さ 150 mm に鍛錬せるものを 850°C にて焼鈍したる後径 20 mm、高さ 13 mm の圓柱に仕上げ各材質毎に 24 個宛用

第 8 表

試料番號	材 質	化 學 成 分 (%)									
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
1	炭 素 鋼	.46	.23	.41	.022	.020	.14	.05	—	—	.29
2	低 Ni-Cr 鋼	.30	.17	.44	.038	.031	1.77	.28	—	—	.23
3	3.5% Ni-Cr 鋼	.30	.28	.44	.027	.019	3.80	.79	—	—	.11
4	Ni-Cr-Mo 鋼	.31	.22	.51	.027	.005	2.83	.68	.58	—	.12
5	Ni-Cr-V 鋼	.26	.20	.83	.018	.016	4.67	.85	—	.09	.21

意した。

尙 Chévenard 式装置に依つて測定した變態點は第 9 表に示す通りである。

第 9 表

試料番號	冷 却 °C					
	加熱 °C		爐冷		空冷	
	Ac ₁	Ac ₃	Ar ₃	Ar ₁	Ar ₃	Ar ₁
1	760	850	780	655	760	590
2	750	840	770	640	740	520
3	720	790	540	560	390	180
4	740	820	500	320	400	160
5	710	805	485	300	400	200

上記試料を瓦斯 マフル 爐 にて 700、720、740、760、780、800、850 及 900°C の各温度に各々 30 分間保熱後 15°C の新古及混合油中に急冷す、油量は何れも 15°C に於て 6,000 cc とし各々

の操作は充分均一になる様に努力した。

焼入後試片の両面にてブリネル式硬度を測定す、壓力は3,000kg壓力を加ふる時間を15秒とす。

硬度試験に使用したる試料3(3.5% Ni-Cr 鋼)を磨きて顯微鏡組織を検した、寫眞番號は第10表の通りである。

第 10 圖

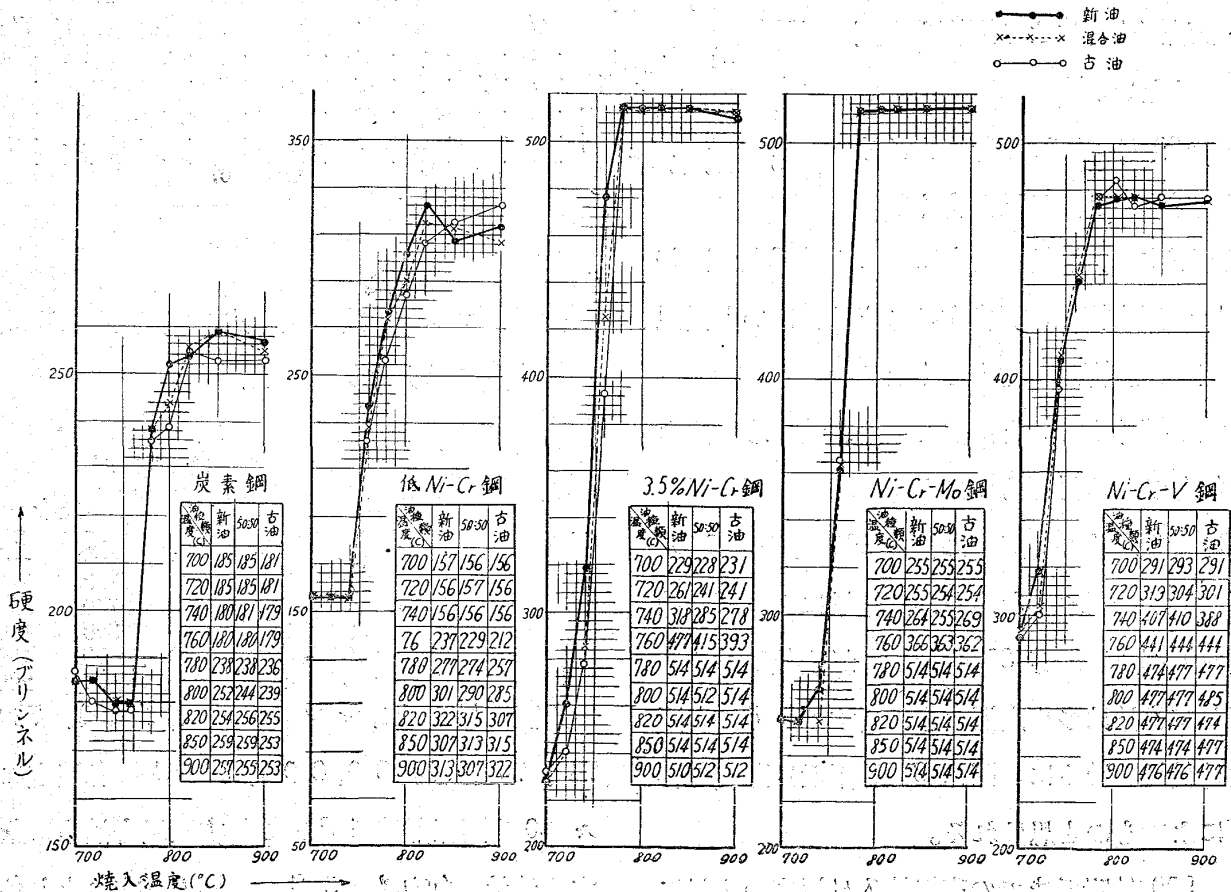
焼入溫度	760°C	780°C	800°C	850°C
新種油	①	④	⑦	⑩
混合油	②	⑤	⑧	⑪
古種油	③	⑥	⑨	⑫

寫眞①②③に於ては組織上より新古及混合油に於ける硬化の程度を窺知し得、即ち古油冷却のものは粒子大なるも、新油のそれは粒子小なり、其の他の寫眞は區別明瞭でない。

結果 硬度測定の結果は第11圖の通りである。

本實驗の結果によれば新油に焼入したる場合と古油に焼入したる場合とに於ては硬化の過程が多少其の趣を異にして居る。即ち新油焼入の場合には硬さの増加は先づ A_{c1} 附近より急激に起るも、古油に於ては徐々に起る即ち新油中の硬化は割合に早く起る、古油でも焼入溫度を高むるときには得らるべき最高硬度は略同一となる、最初新油にて得られたる硬度が何れも古油に比して高きは新油の比熱が古油に比して大なる爲と、粘性が後者に比して小なるによるのである。古油に於ける焼入溫度が上昇するに従ひ焼入効果の大なるは粘性の大なる液程即ち焼の入り難き液程高温焼入によりて生ずる殘留 オーステナイト の量少なきによることは既に知られたる事實で(本多、大澤兩氏金屬の研究 June 1929) 之は又前節高温焼入

第 11 圖 焼入溫度と硬化の關係



による冷却能力の増加とも一致する。

実験 其 2 各油中に熱処理後の機械的性質

(A) 各種材料を新古及混合油中に処理して油の古さが抗張、衝撃及硬度試験の結果に及ぼす影響を調査した、本実験に使用の混合油とは第1表新油と古油とを第11表の如く混合したのである。

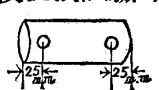
第 11 表

容量比	新油	1	2	3	4	5
	古油	9	8	7	6	5

試料は実験其1に使用の材料と同一成分のものを径 25 mm、長さ 150 mm (抗張試験用) 12.5 mm 角、長さ 100 mm (衝撃試験用) に鍛錬した後 850°C にて焼鈍を行ふ、焼鈍せる試料を瓦斯マッフル爐

第 12 表

試料番号	焼入温度 °C	焼戻温度 °C
1	850	650
2	850	650
3	850	650
4	830	650
5	800	650

にて第12表に示す温度に焼入及焼戻共1時間保熱し各々を新古及混合油 (第11表) 中に急冷す、(但し Ni-Cr-Mo 鋼のみは焼戻のとき空冷す) 油量は何れも 15°C にて 6,000cc なるも 3.5% Ni-Cr 鋼の焼入の時のみ 15°C にて 1,200cc なり、油は攪拌す、焼入後抗張試験片の両端に於て圖の如くブリネル式硬  度を測定す、圧力 3,000 kg、時間 15 秒なり、更に焼戻を行ひたる後抗張、衝撃及び硬度試験を行ふ。

(本報告に記載の抗張試験片寸法は總て径 14 mm 標點距離 50 mm にして、衝撃試験はアイゾット 120 呎/听型である。)

結果 本結果は第 13、14、15、16 及び 17 表に示す。

(a) 新油処理のものは降伏點及抗張力に於ては古油のそれ等に比して一般に高値を示すを知る、混合油処理のものは新油よりも更に高値を示すものもあり。

(b) 各油中に焼入及焼戻後の硬度試験を比較すると第 18 表の如くにして新油にて得らるべき硬度を 100 としたときの混合油及古油の硬度数は第 19 表及第 12 圖に示す通りである。即ち焼入後硬度は油が古くなる程幾分低下の傾向あるも焼戻後の結果にはさまで影響がない様である。

(c) 要するに古油は新油に比して冷却能力幾分低下して居ることは首肯する處であるが、焼入後焼戻をするが如き材料の機械的性質に及ぼす影響は第 1 表に示す程度の古油では顯著ではない。

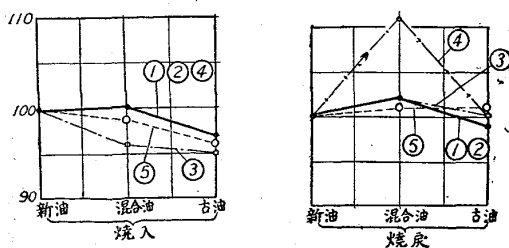
第 18 表 各材質の焼入及焼戻後の硬度比較表

試料番号	材 質	焼入硬度			焼戻硬度		
		古油	混合油	新油	古油	混合油	新油
1	4%炭素鋼	229	235	235	194	200	197
2	低 Ni-Cr 鋼	268	277	277	213	222	216
3	3.5% Ni-Cr 鋼	443	447	465	264	269	265
4	Ni-Cr-Mo 鋼	461	477	477	301	334	302
5	Ni-Cr-V 鋼	428	444	446	289	289	287

第 19 表 新油で得らるべき硬度を 100 としたる場合の各油に冷却して得らるべき硬度数

試料番号	材 質	焼入硬度			焼戻硬度		
		古油	混合油	新油	古油	混合油	新油
1	4%炭素鋼	97	100	100	99	102	100
2	低 Ni-Cr 鋼	97	100	100	99	102	100
3	3.5% Ni-Cr 鋼	95	96	100	100	102	100
4	Ni-Cr-Mo 鋼	97	100	100	100	111	100
5	Ni-Cr-V 鋼	96	99	100	101	101	100

第 12 圖



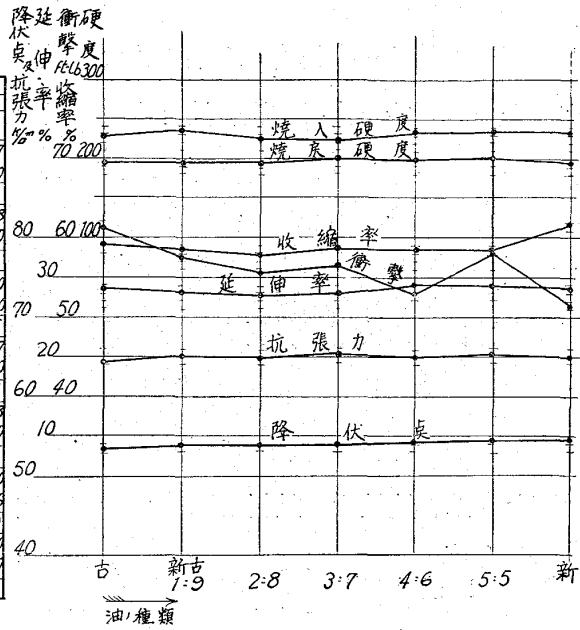
実験 其 2

(B) 実験其1の(A)よりも質量稍大なる材料に就て実験した、供試材は第20表に示す3種で

第13表

試料 NO1 炭素鋼

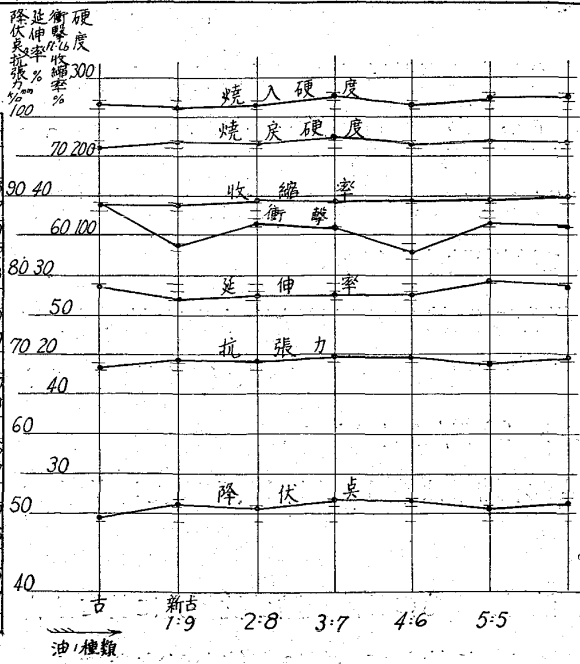
油種類	試料	焼入 850°C X 1/4 油冷				焼入 650°C X 1/4 油冷				硬度	衝擊	
		焼入硬度	油温度°C	降伏点	抗張力	延伸率%	收縮率%	降伏点	抗張力			延伸率%
古油	1	226	229	8	37	49.0	69.0	28.5	58.7	FA	197	625-637
	2	229	228	16	43	48.0	70.0	29.3	59.7	FB	190	622-630
	平均	229				48.5	69.5	28.9	59.2		194	61.1
新古 1:9	1	229	235	8	37	49.0	70.0	27.8	57.8	CupB	192	622-638
	2	240	241	16	43	49.0	70.0	28.8	58.7	CupB	199	586-590
	平均	237				49.0	70.0	28.3	58.3		196	57.2
2:8	1	221	232	8	37.5	49.0	70.2	26.8	56.8	FC	192	452-580
	2	229	225	16	42.4	49.0	70.0	29.0	58.7	FA	197	586-600
	平均	227				49.0	70.1	27.9	57.8		195	55.5
3:7	1	217	218	8	37	49.0	70.2	27.3	57.8	FB	201	486-587
	2	239	229	16	42	49.0	70.5	28.8	59.7	CupA	200	566-580
	平均	226				49.0	70.4	28.1	58.8		201	56.7
4:6	1	229	232	8	36	49.0	70.0	28.0	58.7	CupC	197	516-588
	2	237	224	16	41.5	49.5	70.0	30.0	58.7	FA	200	452-520
	平均	231				49.3	70.0	29.0	58.7		199	52.9
5:5	1	235	235	8	38	49.0	70.5	28.0	57.8	FC	196	546-590
	2	231	237	16	42	49.5	70.0	27.8	59.2	FB	204	566-616
	平均	235				49.3	70.3	27.9	58.5		200	58.0
新油	1	229	232	8	36.5	49.0	70.2	28.0	58.7	FB	196	520-580
	2	236	239	16	43	50.0	70.0	28.5	65.7	FB	197	567-600
	平均	235				49.5	70.1	28.3	67.9		197	57.2



第14表

試料 NO2 低 Ni-Cr 鋼

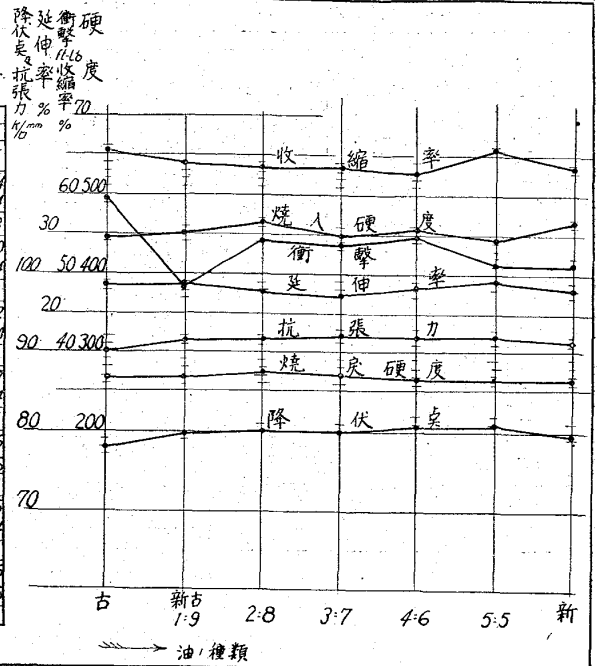
油種類	試料	焼入 850°C X 1/4 油冷				焼入 650°C X 1/4 油冷				硬度	衝擊	
		焼入硬度	油温度°C	降伏点	抗張力	延伸率%	收縮率%	降伏点	抗張力			延伸率%
古油	1	266	266	15	44	49.0	67.4	28.3	64.2	FA	217	663-638
	2	269	268	15	44	50.0	69.0	28.3	63.3	FB	214	620-637
	平均	268				49.5	68.2	28.3	63.8		213	64.0
新古 1:9	1	269	269	15	43.5	50.0	68.4	27.3	64.2	CupC	214	678-702
	2	255	255	15	43.7	53.0	70.8	26.8	63.3	FB	226	492-513
	平均	262				51.5	69.6	27.1	63.8		220	58.6
2:8	1	269	285	15	43.0	51.0	68.8	28.0	65.1	FA	214	620-629
	2	255	255	15	43.5	50.8	69.4	27.0	63.3	CupC	214	620-629
	平均	266				50.9	69.1	27.5	64.2		214	67.5
3:7	1	285	283	15	43.5	51.0	69.7	28.0	65.1	CupC	227	583-570
	2	269	269	15	42.0	52.2	70.1	27.0	63.3	CupC	220	638-633
	平均	277				51.6	69.9	27.5	64.2		224	60.6
4:6	1	256	256	15	44.0	51.8	69.1	27.8	64.2	FC	214	580-546
	2	269	269	15	41.0	51.8	70.1	27.3	64.2	CupB	219	587-587
	平均	263				51.8	69.6	27.6	64.2		217	57.8
5:5	1	285	285	15	43.7	51.3	69.2	27.8	63.3	FB	215	572-610
	2	268	268	15	41.0	49.2	68.3	30.5	65.1	CupB	227	629-625
	平均	277				50.3	68.8	29.2	64.2		221	67.2
新油	1	268	269	15	43.0	50.5	68.6	28.8	65.5	FB	214	674-609
	2	285	285	15	43.0	62.2	70.4	28.0	64.2	CupB	218	608-614
	平均	277				51.4	69.5	28.4	64.9		216	67.1



第15表

試料 NO.3 35%Ni-C 鋼

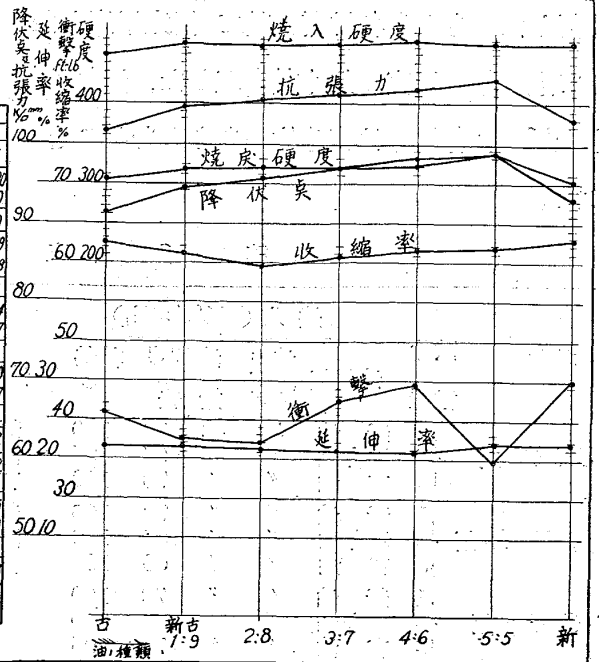
油の種類	試験回数	焼入 850°C x 1/4 油冷				焼入 650°C x 1/4 油冷				硬度	衝撃	
		焼入硬度	油温度°C	降伏点	抗張力	延伸率	收縮率	降伏点	抗張力			延伸率
古油	1	444	426	14	120	78.6	90.0	23.8	64.7	CupA	269	580.634
	2	448	451	14	112	77.0	90.0	23.0	65.5	F B	259	574.604
	平均	443	443	14	116	77.8	90.0	23.4	65.2		264	59.8
新古 1:9	1	477	467	14	118	80.5	92.0	23.3	63.3	F A	269	572.440
	2	451	415	14	110	79.0	91.2	23.0	64.2	CupC	269	516.524
	平均	451	441	14	114	79.8	91.6	23.2	63.8		269	47.8
2:8	1	477	477	14	117	80.5	92.4	22.0	62.9	CupC	288	567.542
	2	448	448	14	110	79.5	91.3	23.3	64.2	F B	269	524.540
	平均	463	463	14	113.5	80.0	91.9	22.7	63.6		279	54.3
3:7	1	461	448	14	116	81.7	92.7	21.8	63.8	CupC	275	587.524
	2	441	444	14	113	79.0	91.0	22.5	63.3	F C	268	563.574
	平均	449	446	14	114.5	79.9	91.9	22.2	63.6		272	53.7
4:6	1	477	448	14	114	81.6	92.5	23.3	63.3	CupA	269	514.536
	2	444	448	14	112	80.0	91.5	22.8	62.4	CupC	269	584.558
	平均	455	448	14	113	80.8	92.0	23.1	62.9		269	54.8
5:5	1	451	444	14	114	81.8	92.7	23.8	68.1	F A	269	516.495
	2	444	448	14	107	80.0	91.5	24.5	63.3	CupC	269	500.934
	平均	447	446	14	110.5	80.9	92.1	24.2	65.7		269	51.7
新油	1	471	471	14	117	80.5	92.0	23.0	64.2	F C	262	530.558
	2	467	451	14	107	78.4	90.0	22.3	62.4	F C	268	474.488
	平均	465	461	14	112	79.5	91.0	22.7	63.3		265	51.7



第16表

試料 NO.4 Ni-C-Mo 鋼

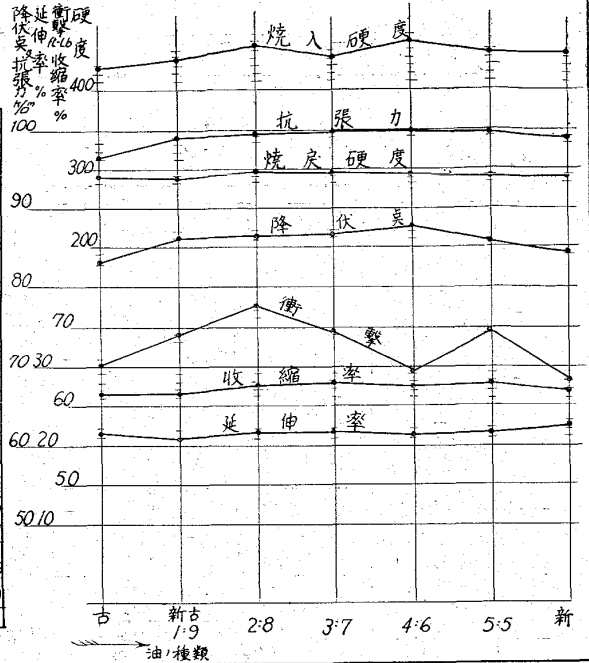
油の種類	試験回数	焼入 835°C x 1/4 油冷				焼入 650°C x 1/4 油冷				硬度	衝撃	
		焼入硬度	油温度°C	降伏点	抗張力	延伸率	收縮率	降伏点	抗張力			延伸率
古油	1	444	444	9	38	92.5	102.7	22.0	62.4	F B	302	42.6320
	2	477	477	16	42.3	90.0	100.5	21.8	62.4	CupC	300	430.330
	平均	461	461	12.5	40.15	91.3	101.6	21.9	62.4		301	40.9
新古 1:9	1	477	477	9	37.4	94.7	104.8	21.5	60.6	F A	321	387.379
	2	477	477	16	41.5	94.0	103.5	21.8	61.5	F B	315	364.538
	平均	477	477	12.5	39.45	94.4	104.2	21.7	61.1		318	37.2
2:8	1	477	477	9	37	96.2	105.5	20.8	58.7	CupC	327	372.364
	2	477	477	16	41.5	95.0	105.0	21.8	60.6	CupA	317	375.337
	平均	477	477	12.5	39.25	95.6	105.3	21.3	59.7		319	36.7
3:7	1	477	477	9	36	97.4	106.0	21.3	59.7	F B	327	440.420
	2	477	477	16	41	96.0	106.0	21.0	60.6	CupB	319	400.421
	平均	477	477	12.5	38.5	96.7	106.0	21.2	60.2		320	42.2
4:6	1	477	477	9	36	97.2	106.0	21.0	61.5	F C	331	471.462
	2	481	477	16	41	98.5	107.3	20.8	60.6	CupB	311	424.416
	平均	478	477	12.5	38.5	97.9	106.7	20.9	61.2		321	44.3
5:5	1	477	477	9	37	98.0	107.5	21.8	62.4	F A	331	354.333
	2	477	477	16	41	93.0	108.0	21.0	60.6	CupC	337	358.329
	平均	477	477	12.5	39	98.5	107.8	21.4	61.5		334	34.4
新油	1	477	477	9	37	94.5	103.6	21.0	61.5	F C	302	487.453
	2	477	477	16	41	91.6	102.0	22.8	62.9	CupB	302	426.438
	平均	477	477	12.5	39	93.2	102.8	21.9	62.2		302	45.0



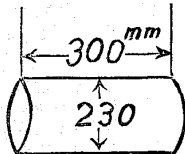
第 17 表

試料 NO.5 Ni-Cr-V 鋼

熱処理 油の種類	焼入 800°C X 1/4 油冷				焼戻 650°C X 1/4 油冷								
	試験回数	焼入硬度	油温初	油温終	降伏率 %	抗張力 %	延率 %	吹離率 %	吹離率 %	硬度	衝撃	硬度	衝撃
古油	1	415	409	9	33	80.0	98.5	22.3	60.6	F B	285	715	698
	2	444	444	14	36.8	86.0	94.4	21.5	62.4	F B	293	604	384
	平均	428				83.0	96.5	21.9	61.5		289	65.0	
新古 1:9	1	438	435	9	32.3	83.0	98.0	21.0	59.7	Cup B	285	604	618
	2	444	438	14	35.7	89.0	100.0	20.5	62.4	Rd C	290	774	743
	平均	439				86.0	99.0	20.8	61.1		288	69.0	
2:8	1	477	471	9	32	86.0	100.0	22.0	63.3	Rd A	291	732	871
	2	432	444	14	35.7	87.2	99.0	21.0	61.5	Cup C	298	728	750
	平均	456				86.6	99.5	21.5	62.4		295	73.0	
3:7	1	444	444	9	31.8	83.2	99.0	23.5	62.4	Rd B	293	635	634
	2	444	438	14	35.4	90.2	100.5	20.5	63.3	Rd C	293	752	754
	平均	443				86.7	99.8	21.8	62.9		293	69.4	
4:6	1	471	471	9	32	85.2	99.0	21.8	62.0	F B	291	714	674
	2	444	444	14	35	90.6	101.0	20.3	62.4	Rd C	293	638	82.0
	平均	458				87.9	100.0	21.1	62.2		292	64.2	
5:5	1	444	441	5	33	83.0	98.7	22.3	61.5	Cup B	287	720	708
	2	444	444	14	35	88.7	100.0	20.5	63.3	Rd C	291	660	624
	平均	444				85.9	99.4	21.4	62.4		289	69.3	
新油	1	444	444	9	31	82.0	98.0	22.3	61.0	Cup A	285	689	601
	2	444	451	14	35	87.3	99.5	22.3	62.4	Rd C	288	637	669
	平均	446				84.7	98.8	22.3	61.7		287	63.0	



第 20 表



質 材	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
低 Ni-Cr 鋼	.24	.16	.46	.035	.036	1.72	.34	.24	—
3.5% Ni-Cr 鋼	.27	.22	.55	.027	.023	3.50	.79	.12	—
Ni-Cr-Mo 鋼	.31	.24	.51	.026	.005	2.97	.73	.10	.55

鍛錬後焼鈍せるものを直径 230mm、長さ 300mm に荒削したものを各材質に就て3個宛用意した。而して之を第 21 表の如く熱処理した、油量は何れも 1,500kg 各操作は充分均一ならしむることに努めた。

アセチレン瓦斯焔で切込みを入れ水圧機で壓して切斷し、次に此の面を約 10mm 研磨してブリネル式硬度試験を施行した結果寫眞第 13、14 及 15 の通りである、焼戻後も硬度試験をした何れも瓦斯切斷の影響を除く爲に瓦斯切斷をせない側の 3

第 21 表

材質	試片番號	油種類	焼入 (850°C x 2h)				焼戻 (650°C + 3h)				
			油中時間 (分)	油温 °C 始	油温 °C 終	材熱 °C	油種類	油中時間 (分)	油温 °C 始	油温 °C 終	材熱 °C
低 Ni-Cr 鋼	1	新油	50	43	72	100	新油	25	43	77	120
	2	混合油	"	"	67	95	混合油	"	"	62	100
	3	古油	"	"	70	100	古油	"	"	70	110
3.5% Ni-Cr 鋼	1	新油	"	"	72	100	新油	"	"	71	120
	2	混合油	"	"	67	110	混合油	"	"	62	100
	3	古油	"	"	60	100	古油	"	"	70	110
Ni-Cr-Mo 鋼	1	新油	"	"	72	100	空冷				
	2	混合油	"	"	67	100					
	3	古油	"	"	70	95					

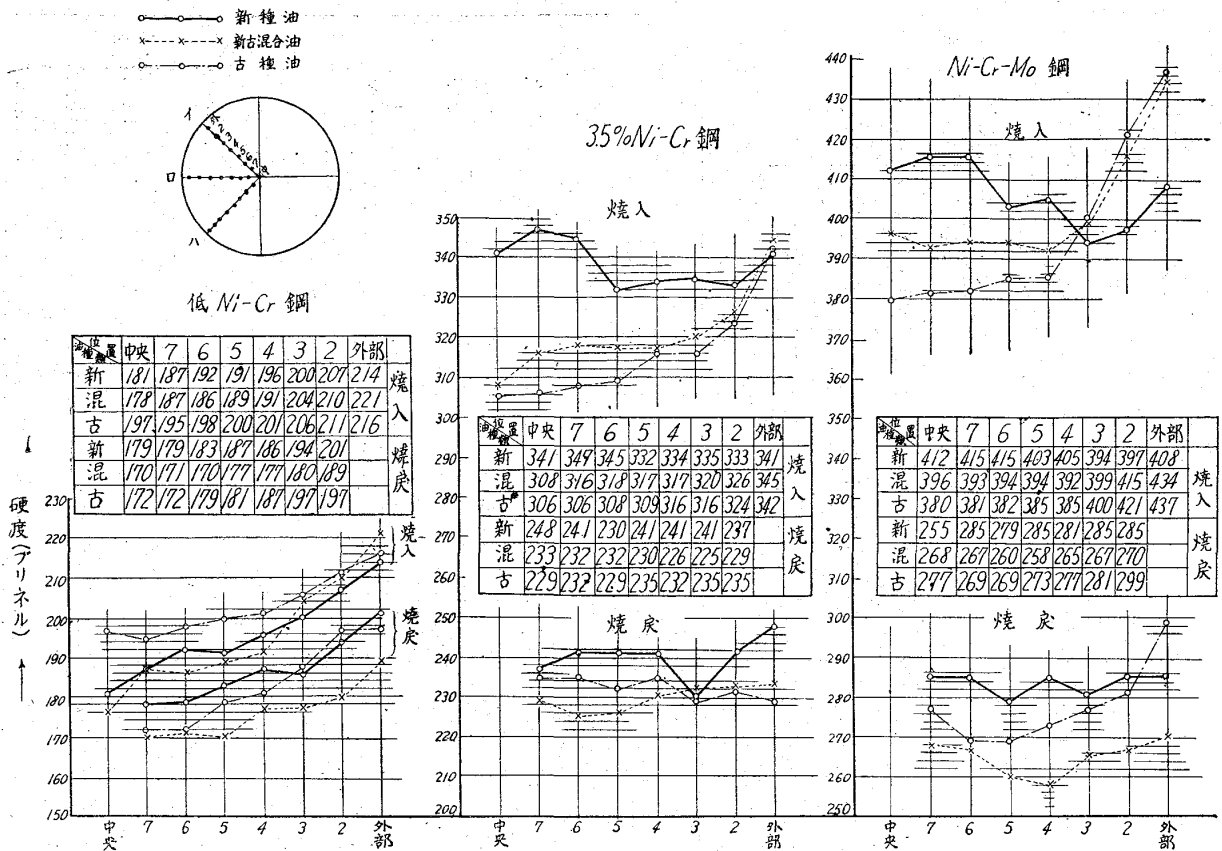
半徑方向の結果を平均して圖示したものは第 13 圖の通りである、各材質を通じて古い油に焼入したものは一般に硬度が低い 3.5% Ni-Cr 鋼及 Ni-Cr-Mo 鋼は油の新しき間は内外の硬度差は割合

結 果

(a) 焼入後試験材の中央部に於て半側から酸素

に少く即ち焼が一樣に入つて居るが、古くなると低 Ni-Cr 鋼の様に内外の差が出来てくる。

第 13 圖



焼戻後も勿論古油のものは硬度が低いが内外の硬度は比較的一様となる、低 Ni-Cr 鋼は焼入後も焼戻後も内外の硬度差は比較的大である。

第22表 各材質の焼入及焼戻後の硬度比較表

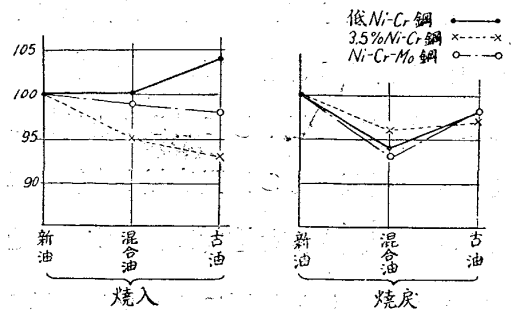
材 質	焼入硬度			焼戻硬度		
	古油	混合油	新油	古油	混合油	新油
低 Ni-Cr 鋼	203	196	196	184	176	187
3.5% Ni-Cr 鋼	316	321	339	232	230	240
Ni-Cr-Mo 鋼	396	402	406	278	265	284

焼入及焼戻後の硬度試験の總平均を各材質に就て示せば第 22 表の通りで新油で得た硬度を 100 とすれば他の比硬度は第 23 表の通りで此の關係を圖示すれば第 14 圖の如くなる、低 Ni-Cr 鋼の焼入硬度を除いては油が古くなれば一般に硬度が低下して居ることが判る、而して最大が 3.5% Ni-Cr 鋼の 7% である。

第 23 表

材 質	焼入硬度			焼戻硬度		
	古油	混合油	新油	古油	混合油	新油
低 Ni-Cr 鋼	104	100	100	98	94	100
3.5% Ni-Cr 鋼	93	95	100	97	96	100
Ni-Cr-Mo 鋼	98	99	100	98	93	100

第 14 圖

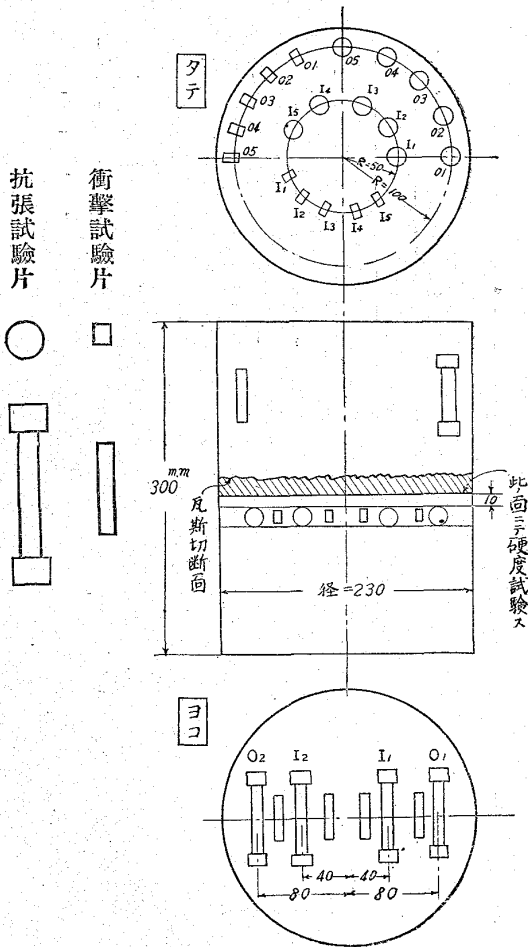


(b) 焼戻の試材より第 15 圖の如く試験片を截取し抗張、衝撃及硬度試験を施行した。

試験結果は第 24 表の通りで第 25 表はタテ O、タテ I、ヨコ O 及ヨコ I の平均値を抜萃した

第15圖 試験片截取位置

第 25 表



もので第16圖は各油に就て之等の關係を圖示したものである。

混合油處理のものは古油のそれよりも強度が低い、前に小試片にて實驗したときに

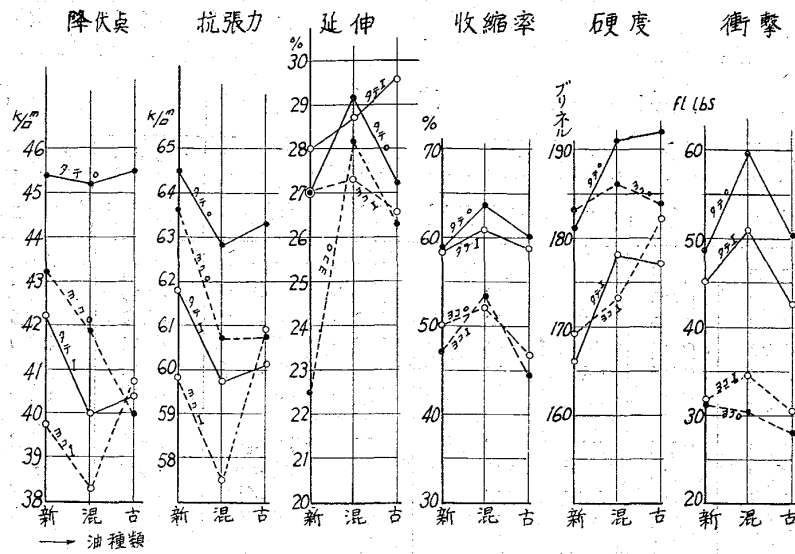
は高かつたのであるが、此の原因は何れにありや後日の研究に待つこととして、一般に古油は新油に比して冷却能力を低下して居ることは疑の餘地なきも、古油處理のものは強度低きも靱性に富んで居るから、焼戻温度を適當に調整することによりて新油處理の機械的性質に近似せしめ得ることも出來ると考へられる。然しよく焼の入りたるものを焼戻したるものに比すれば及ばないであらう。

實驗 其 3. 油の温度と焼入效果

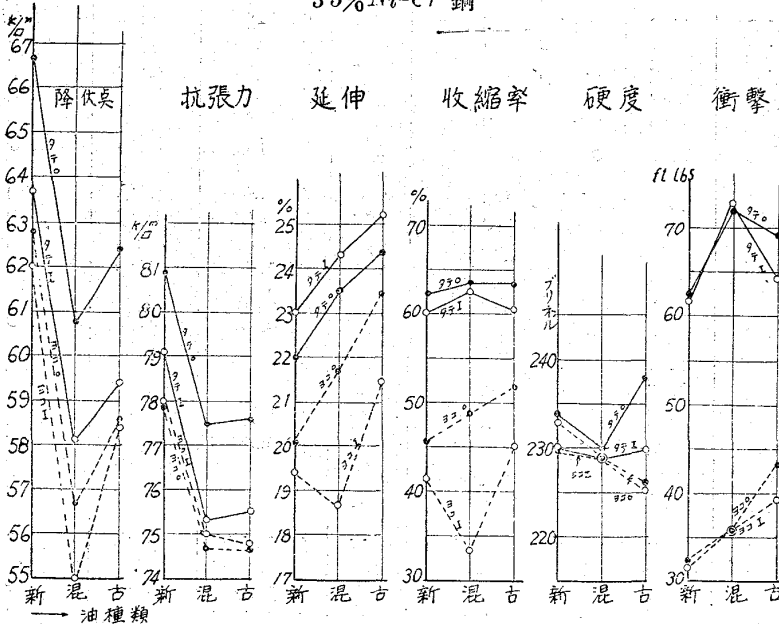
材 質	油種類	試片截取位置	機 械 的 性 質						
			降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	斷面收縮率 %	硬度數	衝擊值 ft./lb	
低 Ni-Cr 鋼	新油	タテ O	45.4	64.5	27.0	54.8	181	48.8	
		タテ I	42.2	61.8	28.0	53.2	166	45.0	
		ヨコ O	43.2	63.6	22.5	47.2	183	31.4	
	混合油	タテ O	45.2	62.8	29.2	63.5	191	59.3	
		タテ I	40.0	59.7	28.7	60.8	178	50.9	
		ヨコ O	41.9	60.7	28.2	53.3	186	30.2	
	古油	タテ O	38.3	57.5	27.3	52.0	173	34.8	
		タテ I	45.3	63.3	27.2	60.0	192	50.2	
		ヨコ O	40.4	60.1	29.5	58.9	177	42.3	
	3.5% Ni-Cr 鋼	新油	タテ O	40.0	60.8	26.3	44.3	184	28.1
			タテ I	40.7	60.9	26.5	46.7	182	30.5
			ヨコ O	40.7	60.9	26.5	46.7	182	30.5
		混合油	タテ O	66.7	80.9	22.0	62.3	234	62.1
			タテ I	63.7	79.1	23.0	60.2	230	61.8
			ヨコ O	62.8	77.9	20.1	45.8	233	32.2
古油		タテ O	62.0	78.0	19.4	41.4	230	31.8	
		タテ I	60.8	77.5	23.5	63.7	230	71.9	
		ヨコ O	58.1	75.3	24.3	62.3	229	72.3	
Ni-Cr-Mo 鋼		新油	タテ O	56.7	74.7	21.7	49.0	229	35.9
			タテ I	55.0	75.0	18.7	33.1	229	35.9
			ヨコ O	55.0	75.0	18.7	33.1	229	35.9
		混合油	タテ O	62.4	77.6	24.4	63.2	238	69.0
			タテ I	59.4	75.5	25.2	60.7	230	64.0
			ヨコ O	58.6	74.7	23.5	52.0	226	40.3
	古油	タテ O	58.4	74.8	21.5	45.0	225	39.5	
		タテ I	83.0	95.9	22.2	55.3	282	58.5	
		ヨコ O	81.0	94.9	21.7	59.4	280	57.0	
	新油	タテ I	79.8	92.4	17.2	33.7	277	26.5	
		ヨコ O	79.0	92.8	14.4	27.8	275	27.1	
		ヨコ I	79.0	92.8	14.4	27.8	275	27.1	
	混合油	タテ O	76.4	89.4	24.9	65.1	277	67.4	
		タテ I	73.2	88.2	24.4	63.3	269	68.8	
		ヨコ O	70.3	84.9	17.8	30.2	269	28.3	
古油	タテ O	70.2	85.1	15.1	29.0	256	31.5		
	タテ I	78.4	91.3	23.1	62.6	279	62.9		
	ヨコ O	76.3	90.4	22.9	60.6	274	62.5		
新油	タテ I	74.9	88.8	15.7	33.7	269	31.8		
	ヨコ O	73.1	88.6	15.5	31.9	269	30.5		
	ヨコ I	73.1	88.6	15.5	31.9	269	30.5		

(A) 小試片にて行ひたる實驗、新古及混合油の温度が焼入效果に及ぼす影響を調査した供試材料及操作は實驗其1と同一である、焼鈍せる試料を850°Cに各々1時間保熱後25、40、50、60、70、80、90及100°Cの新古及混合油中に急冷す、油量は何れも15°Cにて6,000 ccとした、油は攪拌す。
結果 急冷せる各試料に就て Vicker's Diamond 硬度試験を數ヶ所行ひブリネルの數値に換算し之を平均して油の温度と硬度との關係を圖示したものが第17圖である。

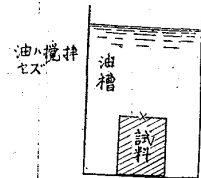
第 16 圖
低 Ni-Cr 鋼



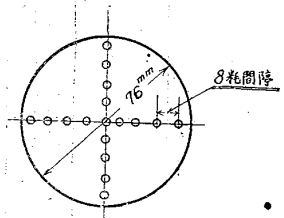
3.5% Ni-Cr 鋼



第 18 圖



第 19 圖



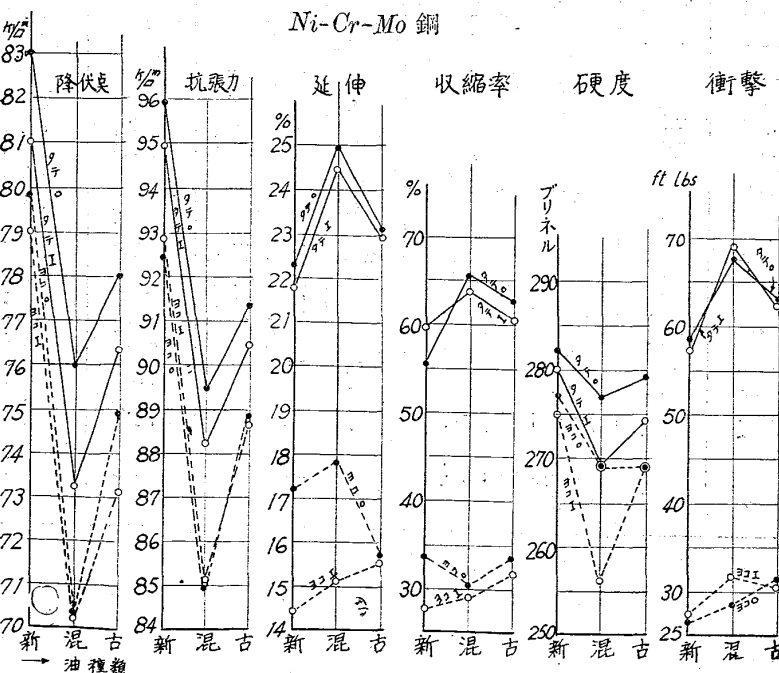
(B) 質量の稍大なるものに就て

の實驗、炭素鋼及低 Ni-Cr 鋼の
稍質量大なるものに就て實驗して
見た、分析成分は次の通である。

材 質	C	Ni	Cr
炭 素 鋼	46	14	05
低 Ni-Cr 鋼	24	172	34

試験片は鍛造後焼鈍し直径 76
mm、長さ 75mm に荒削したるも
のを 850°C に各 1 時間半保熱後
20から 100°C 迄 10°C 置としたる
新古及混合油中に第 18 圖の如く
急冷す、油量は何れも 15kg であ
る、18 分後試料を油中より取出し
上面(×印の處)を 10mm だけ研磨
し第 19 圖の如く硬度試験をなす、
ブリネル 3,000kg で 15 秒なり。

結果 第 26 表は各油温に對す
る前記の硬度試験 17ヶ所の平均
を示したるものにして、此の關係
を圖示すれば第 20 圖の如くなる。

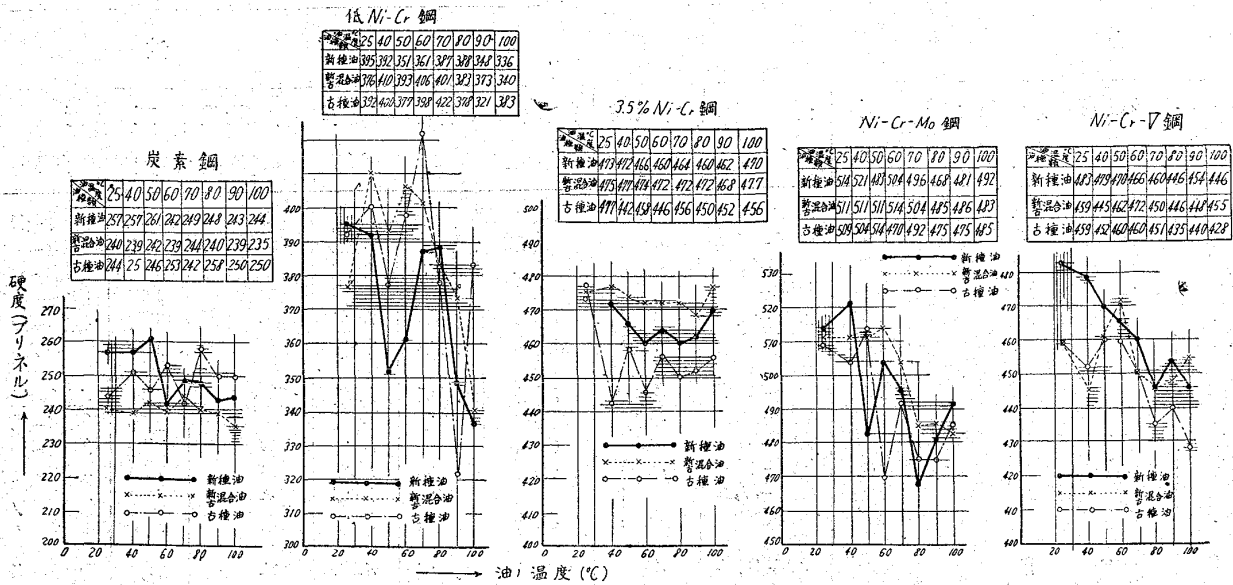


材 質	新 種 油								混		
	試験桿位置	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	收縮率 %	断面状態 切斷位置	硬 度	衝 擊 ft/lb	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	
低 Ni-Cr 鋼	タテ	O ₁	41.5	64.6	27.5	58.7	FB	179	40.8-55.0	45.2	62.9
		O ₂	46.0	64.2	27.6	59.1	FB	179	49.8-52.0	45.0	62.7
		O ₃	46.0	64.5	26.0	53.5	FB	183	50.0-48.5	45.2	62.8
		O ₄	46.3	64.7	27.4	60.9	FB	180	51.0-47.0	44.9	62.9
		O ₅	47.2	64.8	26.5	60.0	FC	184	41.8-52.3	45.8	62.9
	平均	45.4	64.5	27.0	58.4		181	48.8	45.2	62.8	
	タテ	I ₁	42.5	62.0	28.5	58.2	FC	169	45.0-45.0	39.3	59.8
		I ₂	42.2	61.8	27.5	57.3	FC	158	42.0-45.0	40.2	59.6
		I ₃	42.2	61.6	27.5	57.3	FC	167	47.0-48.0	40.2	59.3
		I ₄	42.3	62.2	28.3	58.7	FB	167	48.0-45.2	41.0	60.0
		I ₅	42.0	61.3	28.3	59.6	FC	167	43.0-41.8	39.5	59.6
	平均	42.2	61.8	28.0	58.2		166	45.0	40.0	59.7	
	ヨコ	O ₁	43.0	63.8	22.8	47.5	FB	187	32.0-35.2	41.8	60.9
		O ₂	43.3	63.4	22.2	46.9	FB	179	30.0-28.2	42.0	60.5
		平均	43.2	63.6	22.5	47.2		183	31.4	41.9	60.7
I ₁		40.3	60.2	25.7	49.0	FB	171	31.0-32.0	37.5	57.4	
I ₂		39.0	59.4	28.2	51.0	FB	166	35.0-28.2	38.0	57.5	
平均	39.7	59.8	27.0	50.0		169	31.6	38.3	57.5		
タテ	O ₁	66.3	81.0	22.5	63.1	FC	241	65.0-65.2	61.0	77.9	
	O ₂	67.5	81.0	22.0	62.3	FC	236	56.2-61.3	61.7	78.2	
	O ₃	67.3	81.4	21.9	62.7	Cup ^C	229	59.7-60.0	60.0	76.5	
	O ₄	66.5	81.0	21.5	61.8	FC	229	61.0-62.0	61.0	77.8	
	O ₅	66.0	80.2	22.2	61.4	Cup ^C	236	66.0-65.0	60.5	77.3	
	平均	66.7	80.9	22.0	62.3		234	62.1	60.8	77.5	
タテ	I ₁	64.0	79.0	23.4	59.6	FB	229	60.8-60.4	58.2	75.5	
	I ₂	63.8	79.0	22.4	59.1	FC	229	61.7-60.8	58.0	74.9	
	I ₃	64.0	79.1	23.2	59.1	FB	231	63.7-62.5	58.0	74.8	
	I ₄	63.5	79.1	23.5	60.9	Cup ^B	233	62.0-61.8	58.2	75.4	
	I ₅	63.2	79.4	22.5	59.1	Cup ^C	229	63.8-60.0	58.2	75.7	
	平均	63.7	79.1	23.0	60.2		230	61.8	58.1	75.3	
ヨコ	O ₁	63.0	77.6	19.4	42.1	FFC ^W	236	32.3-34.2	57.8	74.8	
	O ₂	62.5	78.1	20.8	49.0	FA	229	30.0-32.3	55.5	74.6	
	平均	62.8	77.9	20.1	45.8		233	3.22	56.7	74.7	
	I ₁	62.5	77.8	18.0	33.7	FIC ^{FW}	230	32.8-32.0	56.0	74.8	
	I ₂	61.5	78.1	20.8	49.0	FA	229	30.0-32.3	54.0	75.1	
	平均	62.0	78.0	19.4	41.4		230	31.8	55.0	75.0	
タテ	O ₁	84.8	96.7	21.7	52.0	FC	235	54.5-55.0	76.2	88.9	
	O ₂	83.3	96.0	22.8	63.0	FB	235	58.0-58.8	76.2	89.0	
	O ₃	82.8	96.0	22.6	52.5	FB	272	60.0-59.7	76.2	89.2	
	O ₄	81.8	94.9	22.6	51.5	Cup ^B	235	59.0-60.0	76.5	89.8	
	O ₅	82.2	95.9	21.3	57.3	Cup ^B	235	58.2-62.0	77.0	90.0	
	平均	83.0	95.9	22.2	55.3		232	58.5	76.4	89.4	
タテ	I ₁	81.5	94.9	21.3	59.1	FC	280	55.0-55.4	72.8	87.7	
	I ₂	80.5	94.6	21.6	60.5	Cup ^B	280	58.0-55.0	72.8	87.8	
	I ₃	80.7	94.8	21.3	60.5	FC	278	57.8-57.2	73.2	88.3	
	I ₄	81.3	94.9	21.6	59.6	FB	277	58.3-58.5	73.3	88.1	
	I ₅	81.5	95.4	22.5	57.3	FB	285	57.0-58.0	74.0	89.0	
	平均	81.0	94.9	21.7	59.4		280	57.0	73.2	88.2	
ヨコ	O ₁	79.8	92.4	17.2	33.7	FFB ^W	277	28.0-25.0	70.3	84.9	
	平均	79.0	92.8	14.4	27.8	FFC ^W	275	26.5 27.1	70.2	85.1	

表

合 油					古 種 油						
延伸率	收縮率	断面状態	硬 度	衝 撃	降伏点	抗張力	延伸率	收縮率	断面状態	硬 度	衝 撃
%	%	切 断 位 置	度	ft/lb	kg/mm ²	kg/mm ²	%	%	切 断 位 置	度	ft/lb
28.7	63.6	FB	193	61.4-72.0	44.1	63.1	26.7	59.1	FB	192	47.2-51.0
28.7	62.3	FB	196	62.0-53.4	45.9	63.3	27.1	61.8	Cup ^B	187	53.4-44.0
29.4	64.0	Cup ^B	189	56.0-55.0	45.7	63.4	28.0	62.3	FB	190	63.2-46.0
29.2	64.0	FB	187	55.6-58.0	46.8	63.8	26.9	57.8	FB	196	46.0-50.2
30.0	63.6	FB	191	59.0-60.5	45.2	63.0	27.3	59.1	FB	196	46.3-52.3
29.2	63.5		191	59.3	45.5	63.3	27.2	60.0		192	50.2
28.3	60.9	FC	170	52.5-51.5	41.1	59.9	30.5	59.1	Cup ^B	180	44.0-41.2
28.3	61.4	FC	186	47.0-49.4	40.2	60.0	29.1	59.1	FC	175	34.6-43.0
30.2	60.5	FC	179	44.0-51.8	40.0	60.2	29.0	58.7	FB	179	37.6-45.0
27.5	60.5	FC	180	55.0-49.6	40.6	60.0	29.4	58.7	FB	170	45.0-42.0
29.1	60.9	FC	174	54.2-53.8	40.2	60.4	29.4	58.7	FA	179	48.3-42.0
28.7	60.8		178	50.9	40.4	60.1	29.5	58.9		177	42.3
27.3	54.0	FB	186	32.8-31.6	41.0	62.1	26.7	44.3	FA	187	27.0-25.4
29.0	52.5	FB	186	30.5-26.0	38.9	59.4	25.8	44.3	FA	180	28.0-31.8
28.2	53.3		186	30.2	40.0	60.8	26.3	44.3		184	28.1
28.5	52.0	FA	174	35.0-31.0	42.1	62.2	26.3	45.9	FA	188	28.3-30.0
26.0	52.0	FC	171	37.0-36.0	39.2	59.5	26.6	47.5	FA	175	28.6-35.0
27.3	52.0		173	34.8	40.1	60.9	26.5	46.7		182	30.5
22.5	63.6	FC	229	74.0-72.0	61.8	76.9	23.9	62.7	FC	236	67.0-66.0
24.4	64.0	Cup ^C	229	72.0-74.2	62.1	77.9	24.8	63.6	Cup ^B	237	69.8-66.8
23.8	63.6	Cup ^C	229	71.3-69.7	62.5	78.0	25.1	64.0	FB	241	68.0-64.0
22.8	62.7	FC	229	70.0-74.0	62.6	77.2	24.7	63.1	FB	239	73.8-68.2
23.9	64.4	FC	235	71.5-74.0	63.1	77.9	23.7	62.7	Cup ^C	239	72.0-74.0
23.5	63.7		230	71.9	62.4	77.6	24.4	63.2		238	69.0
24.8	63.1	FC	229	73.0-76.0	59.1	75.2	24.8	60.9	FB	229	65.0-61.8
24.5	62.3	FC	229	73.0-74.0	59.8	75.8	25.6	60.5	FB	229	55.2-65.0
23.7	61.4	FC	229	67.0-67.8	59.1	75.6	25.3	60.9	FA	230	61.8-70.0
23.7	62.3	FC	229	69.0-70.0	59.8	75.7	25.2	59.6	FB	229	67.0-69.0
24.6	62.3	FC	229	72.0-71.0	59.2	75.3	25.2	61.4	FC	231	62.0-70.5
24.3	62.3		229	72.3	59.4	75.5	25.2	60.7		230	64.0
21.3	49.5	FB	229	38.7-38.0	58.4	75.0	22.2	52.0	Cup ^A	229	43.0-43.0
22.0	48.5	FA	229	32.5-40.8	58.8	74.4	24.7	52.0	FA	226	36.0-39.0
21.7	49.0		229	35.9	58.6	74.7	23.5	52.0		226	40.3
18.4	30.2	Fsh ^{FC/W}	229	35.0-35.8	58.9	74.9	20.5	47.5	FB	226	38.0-42.2
19.0	36.0	FIF ^{C/W}	229	33.8-39.0	57.8	74.6	22.5	52.5	FB	224	37.4-40.4
18.7	33.1		229	35.9	58.4	74.8	21.5	45.0		225	39.5
24.5	65.7	FB	269	65.0-67.2	77.8	90.7	23.0	61.4	FC	269	64.8-64.7
24.5	64.4	Cup ^B	272	65.1-65.0	78.2	91.0	23.9	64.8	FB	283	65.0-61.3
25.4	65.3	FB	280	68.0-68.2	78.0	91.1	23.6	61.8	FB	277	61.0-63.0
25.6	65.3	FB	283	66.2-70.8	79.2	92.0	22.5	63.1	Cup ^C	283	62.2-60.0
24.5	64.8	Cup ^B	282	68.2-70.2	78.9	91.9	22.5	61.8	Cup ^B	283	64.4-62.6
24.9	65.1		277	67.4	78.4	91.3	23.1	62.6		279	62.9
25.2	65.7	Cup ^B	268	77.2-68.3	76.8	91.0	22.5	58.2	FA	272	64.3-60.8
24.7	64.4	Cup ^B	269	65.7-65.4	75.9	89.9	22.9	61.4	FA	272	65.2-61.8
25.1	64.8	FB	269	68.0-70.0	76.0	90.0	23.1	61.4	Cup ^B	271	63.0-62.0
22.8	61.8	FC	268	72.0-68.0	75.9	90.2	23.6	61.8	FB	274	63.2-62.5
24.0	60.0	Cup ^B	269	72.0-61.0	77.0	91.1	22.2	60.0	Cup ^C	283	60.8-61.0
24.4	63.3		269	68.8	76.3	90.4	22.9	60.6		274	62.5
17.8	30.2	Fsh ^{F^A/W}	269	27.0-29.5	74.9	88.8	15.7	33.7	FIF ^{B/W}	269	29.8-33.0
				28.3							31.8
15.1	29.0	Fsh ^{FC/W}	256	32.0-31.0	73.1	88.6	15.5	31.9	FIF ^{C/W}	269	27.0-34.0
				31.5							30.5

第 17 圖



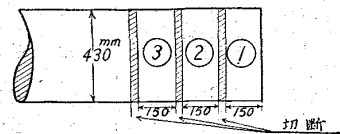
第 26 表

温度°C	炭素鋼		低 Ni-Cr 鋼	
	新油	古油	新油	古油
20	215	215	243	239
30	216	216	250	242
40	217	217	254	243
50	214	214	254	240
60	219	219	252	237
70	223	223	248	236
80	222	222	248	238
90	220	220	250	239
100	227	227	244	229

質及質量の大小により幾分相違するも、一般に油が古くなれば硬度は幾分低下するも各油を通じて冷却能力測定にて得たる結果と略同じく 50°C 及 80°C 附近は比較的硬度高く 60°C 附近は低くなる傾向を認むることが出来る。

IV. ニッケルクロム鋼の油中及水中焼入に就て

實驗 Ni-Cr 鋼を新、古油及水中に焼入及焼戻して之等急冷媒質の機械的性質に及ぼす影響を調査した、試材は直径 430mm に鍛造せる丸棒を 850°C にて焼鈍したる後次の如く機械切斷をなす。



分析成分は次の通りである。

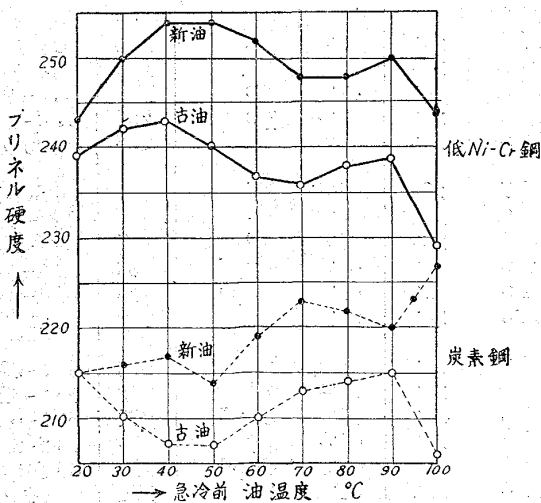
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
23	14	46	019	021	3.70	7.3	15

上記 3 個の試材を各々第 27 表の如く熱処理す。

結果

(a) 各熱処理後試材①②③の端面を磨きてブリネル式硬度を測定す、結果第 28 表の通りである。

第 20 圖



結果の綜合 實驗其 3 の(A)及(B)に就ては實驗回數少なく何れも其の結果を信賴するに乏しき感あるも、大體の傾向を窺知することが出来る、材

第 27 表

試片	830°C×3h 焼入				中間焼入 730°C×4h				620°C×5h 焼戻						
	急冷液	油中時間分	最始温度°C	上昇温度°C	材熱°C	急冷液	油中時間分	最始温度°C	上昇温度°C	材熱°C	急冷液	油中時間分	最始温度°C	上昇温度°C	材熱°C
①	古油	30	18	57	130	古油	20	25	55	150	古油	80	30	55	180
②	新油	30	18	57	150	新油	20	25	50	140	新油	80	30	55	160
③	水中	30	18	55	80	水中	20	25	30	70	水中	80	30	29	90

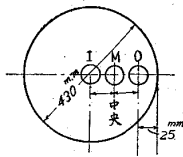
註 油量は 4m³ なり。

張、衝撃及硬度

試験を施行す、
其の結果は第
29、30及31表の
通りである。

第 28 表

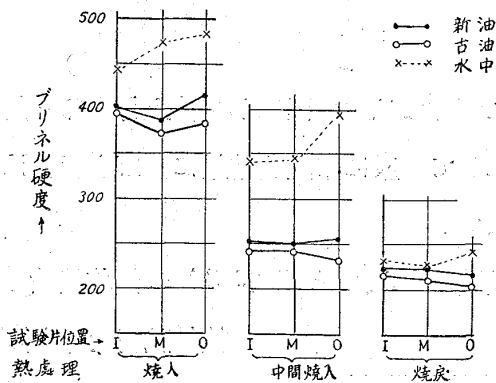
		試片		
		①	②	③
焼入後	I	398	401	444
	M	375	388	471
	O	388	415	481
中焼入後	I	241	255	341
	M	241	252	347
	O	231	255	395
焼戻後	I	217	223	235
	M	212	223	229
	O	207	217	241



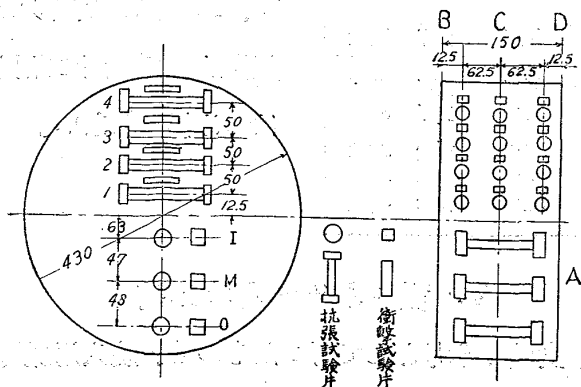
第 21 圖は之を圖示せるもので、焼入及中間焼入後の硬度は水中と油中とに於て其の差甚しきも焼戻後には接近す。

(b) 焼戻後第 22 圖の如く試験片を截取し、抗

第 21 圖 端面の硬度



第 22 圖 試験片截取位置



第 29 表 新油 焼入

試験片	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸 14×50 %	断面 縮 %	断面及 切斷位置	硬度 kg 3,000	衝撃 ft./lb.
A	I	52.0	72.0	24.8	55.8	F B	211 74.3-76.8
	M	51.0	70.7	26.5	62.4	F C	207 30.6-80.4
	O	52.2	70.2	27.3	66.8	F C	204 76.3-75.7
	平均	51.7	71.0	26.2	61.7		207 77.4
B	1	53.0	73.0	18.0	36.4	Fl B	220 35.6-41.8
	2	51.8	73.0	23.0	41.0	F C	217 40.5-43.6
	3	52.0	72.7	23.5	42.1	Fl B	217 41.3-42.2
	4	53.0	72.5	22.5	45.4	Fl A	217 39.5-43.0
平均	52.5	72.8	21.8	41.2		218 40.9	
C	1	51.5	71.0	19.5	38.7	Fl C	215 35.6-43.7
	2	53.8	71.2	20.0	39.9	Fl C	207 42.8-45.0
	3	51.0	71.0	18.8	24.0	Flsh C	210 43.7-45.8
	4	51.5	71.4	24.4	49.2	F A	207 45.4-46.0
平均	52.0	71.2	20.6	42.6		210 43.5	
D	1	52.7	71.3	20.8	46.5	Fl B	211 40.3-42.0
	2	53.0	71.4	23.3	47.6	Fl B	210 38.9-45.0
	3	52.6	71.2	24.0	48.1	Fl A	209 43.6-47.1
	4	51.0	70.5	25.0	51.8	F A	208 48.5-49.4
平均	52.3	71.1	23.3	48.5		210 44.4	

備考 太字の値は平均外とす

第 30 表 古油 焼入

試験片	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸 14×50 %	断面 縮 %	断面及 切斷位置	硬度 kg 3,000	衝撃 ft./lb.
A	I	50.4	70.1	26.3	59.7	F A	207 70.4-70.9
	M	50.7	69.8	28.8	66.0	Cup A	206 78.4-77.2
	O	52.0	70.5	26.8	67.7	Cup B	209 79.0-81.3
	平均	51.3	70.1	27.3	64.5		207 76.2
B	1	51.5	71.0	20.0	43.2	Fl C	216 46.3-51.4
	2	52.3	70.6	21.8	37.5	F B	215 44.5-49.7
	3	51.5	69.7	23.3	45.4	F B	207 43.6-46.3
	4	50.6	68.8	23.5	45.4	F C	209 34.0-43.8
平均	51.5	70.0	22.2	42.9		212 45.0	
C	1	50.6	71.0	24.3	42.1	F C	217 51.4-50.0
	2	50.2	70.0	22.5	41.0	F B	210 44.7-49.0
	3	50.0	69.8	24.3	50.8	F B	209 48.3-48.2
	4	50.6	69.0	25.0	52.3	F B	207 39.9-41.5
平均	50.4	70.0	24.0	46.6		211 46.6	
D	1	51.5	73.5	23.5	45.4	Fl B	209 46.5-48.4
	2	51.0	72.5	22.5	48.7	F B	216 45.2-47.0
	3	50.6	71.2	23.8	50.8	F C	216 45.6-48.4
	4	52.0	71.0	25.5	54.8	F B	214 43.1-43.0
平均	51.3	72.1	23.8	49.9		214 45.9	

第 31 表 水中焼入

試験片	降伏点	抗張力	延伸	断面	断面及 切斷位置	硬度	衝撃	
	kg/m ²	kg/m ²	mm 14×50 %	收縮 %		kg 3,000	ft./lb	
A	I	51.0	70.0	25.3	69.7	F C	207	78.0-78.3
	M	52.2	70.0	28.0	67.7	F B	207	82.4-84.4
	O	54.0	71.3	23.5	67.2	Cup B	207	80.1-79.9
	平均	52.4	70.4	27.3	68.2		207	80.5
B	1	55.0	73.5	23.3	40.4	Fl B	214	50.4-43.9
	2	54.8	72.6	23.5	42.1	Fl B	216	44.3-46.0
	3	55.2	72.0	13.0	16.1	Flsh F _W ^B	217	42.0-43.1
	4	55.6	72.6	20.5	32.8	Flsh F _W ^C	221	44.7-47.0
平均	55.2	72.7	22.4	38.4		217	45.2	
C	1	55.0	71.4	18.5	36.9	Fl C	207	41.5-45.2
	2	51.5	70.6	22.3	36.4	Fl B	210	43.0-43.5
	3	51.4	70.5	17.3	27.2	Fl A	207	45.0-42.3
	4	53.2	70.5	24.3	44.3	Fl B	209	46.8-47.0
平均	52.8	70.8	20.6	36.2		208	44.3	
D	1	51.8	72.0	20.8	42.7	Fl C	207	37.9-43.7
	2	54.0	72.0	25.0	48.7	F C	212	45.2-46.6
	3	53.6	71.8	21.3	28.1	Flsh F _W ^B	214	40.8-45.7
	4	53.6	71.0	24.0	43.8	Fl F	207	45.3-44.8
平均	54.0	71.7	22.8	40.8	W	210	43.8	

備考 太字の價は平均外とす

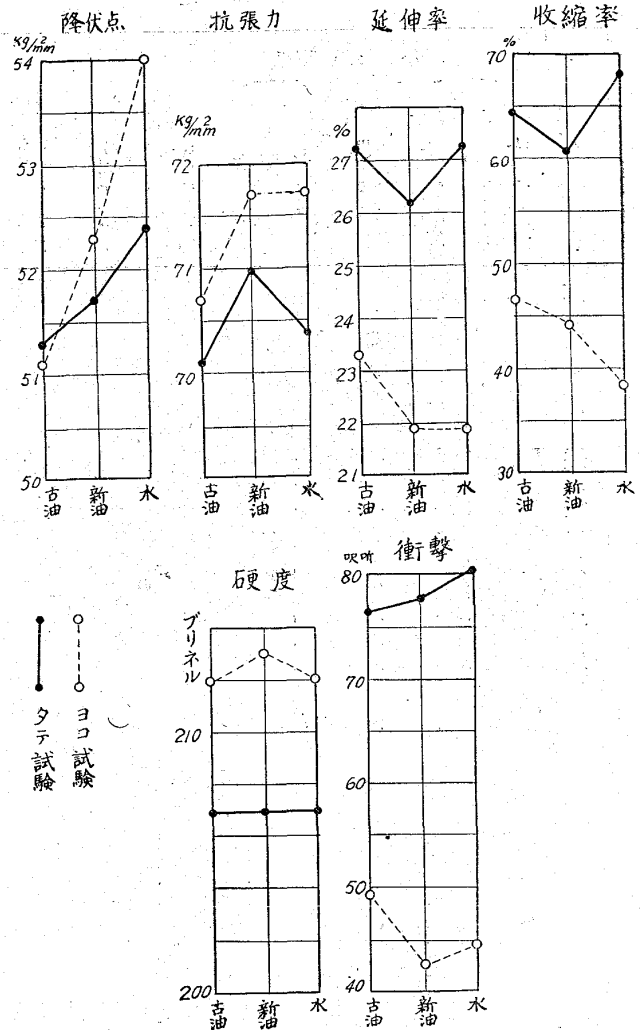
本試験材は直径大なるも、高さ短かく水中焼入のものも表面と中央部に於ける強度差さまで多からざりしを以て、3者に對し總括的の機械的性質を比較せんとし各々につき横方向に截取せる試験片各々12本宛と縦方向の各々3本宛の平均値を求めた、即ち第32表の通りにして第23圖は此の關係を圖示したものである。

第 32 表

試験片	冷液却	弾性限 kg/m ²	抗張力 kg/mm ²	延伸 %	断面 收縮%	硬度	衝撃 ft/lb	
タテ (1) A (2) M (3) O	3本の平均	古油	51.3	76.1	27.3	64.5	207	76.2
	新油	51.7	71.0	26.2	61.7	207	77.4	
	水	52.4	70.4	27.3	68.2	207	80.5	
ヨコ (1) B C D (2) 12本の平均 (3) 12本の平均	古油	51.1	70.7	23.3	46.5	212	49.2	
	新油	52.3	71.7	21.9	44.1	213	42.9	
	水	54.0	71.7	21.9	38.5	212	44.4	

本實驗の結果によるも焼入後の機械的性質は水、新油、古油の順序にて相當の開きあるも、焼

第 23 圖



戻後に對しては水の強度が幾分上昇するを認むるのみにして一般に諸試験結果に及ぼす影響は顯著ではない。

横試験片 1A、2A 及び 3A の衝撃試験片より檢鏡試料を採り顯微鏡組織を比較すれば寫眞 13、14 及 15 の通りで組織的には格別の差異は認め得られない。

V. 種油と魚油との比較

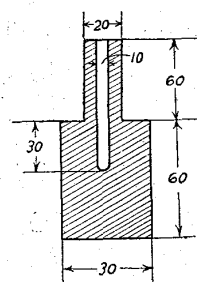
本實驗は參考として行つたもので、焼入用媒質

としての種油と魚油との使用程度による粘性、冷却能力及焼入効果の變化を比較調査したものである。

先づ新らしき種油と魚油(主として鰯鱈の油) 8 kgを用意し、之に徑25mm、長さ150mmのNi-Cr鋼の丸棒を10本宛 850°Cに1時間保持の後油中

に急冷す、之を各油に就て40回反復した、次に油の各状況に於て粘性、冷却能力及び焼入効果を測定したる結果、第33表の通りで第24圖は之を圖示したるものである。

粘性は Red wood の粘性測定計によつたので、冷却能力は 0.89% 炭素鋼で次圖の如き試験片を



製作し、II節の冷却能力測定と同一要領で測定した、油量は 5 kg、油温を 45°C とし之に試片を急冷し其の中心が 850°C より 200°C まで降下に要したる時間を測定したものである、硬度は

上記冷却能力測定後試片に就て行ひ、12ヶ所の平均をとつたものである。

結果 魚油は新らしき間は種油に比して焼入効果は良好であるが長期の使用に耐へる點に於ては種油に及ばることが遙に遠い、又寫眞 19 は新らしき各油と 20 回反復焼入せる各油とに急冷したる冷却能力測定用試片にして魚油が古くなれば如何に被冷却物の表面に固形物の附着することの顯著なるかを知ることが出来る。

IV. 結論

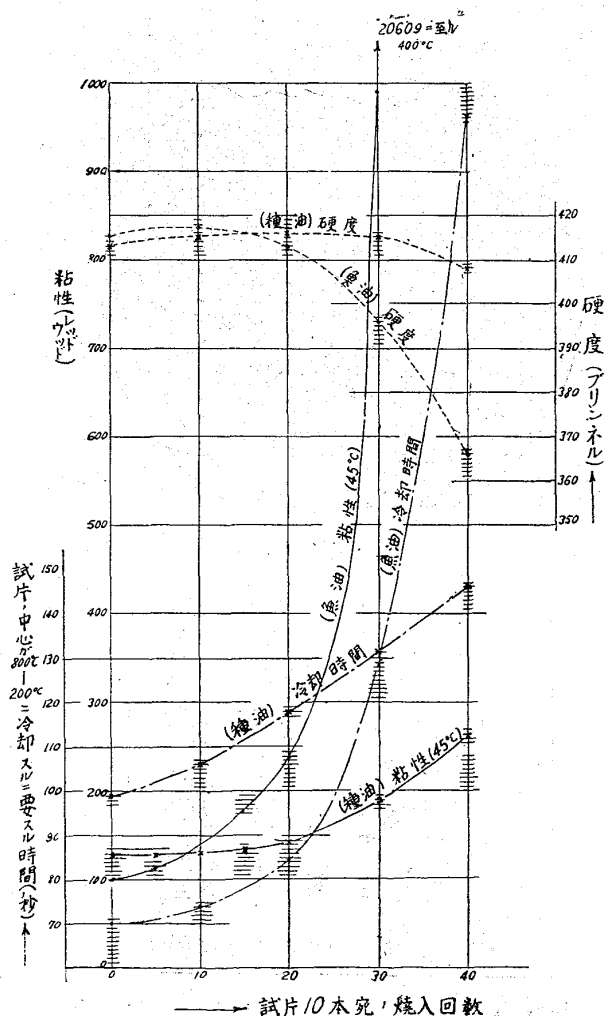
各實驗の結果に就ては既に各節に於て述べた通りである、之を要するに各油の冷却能力測定の結果によるも亦各種の材料を之等油中に熱處理した成績に徴するも、第1表に示す程度の古油は新油に比して其の冷却能力幾分低下して居ることは事實であるが、焼入後相當高温度で焼戻をなし、強く且靱性を要求するが如き特殊鋼の熱處理用としては未だ實用上差支なきものと認めらる。

新油と古油との混合油は冷却能力を改善せしめ得る見込あれば、使用に従ひ一定量の新油の補充

第 33 表

試験片 10本宛 の焼入 回数	粘 性 45°C (Red wood)		試験片の中心が 800°より200°C迄 の冷却時間 (秒)		硬 度 (12ヶ所 平均)	
	魚油	種油	魚油	種油	魚油	種油
0	103	124	70	99	415	413
5	114	125				
10	140	134	74	106	416	415
15	176	138				
20	236	142	85	118	410	416
30	991	189	130	131	396	415
40	20,609	266	253	146	366	408

第 24 圖



は必要である。

水中焼入は材質の等齊を缺き、魚油は長期の使用に耐へざる缺點あり、之等の點より大鍛造物用急冷媒質としての種油は三者の中で優良のものである、只低炭素鋼の如き焼の入り難き材料に對しては焼入效果不充分的の誹は免れ難いが、斯の如き場合には鋼材の種類を變じて效果大なる Ni-Cr 鋼の如き特殊鋼にて代用するを推奨する。

尙種油を急冷媒質として使用する場合に注意する點を列擧すれば、

- 1) 油温を 45 乃至 50°C 附近にて使用すること。
- 2) 油量を豊富にすると同時に充分攪拌すること
- 3) 高温焼入は冷却能力を増加するを以て油が古くなれば幾分焼入温度を高くすること、勿論組織的には粗粒となる傾向あれば餘り高過ぎるは宜しからず。
- 4) 粘性悪化及固形物の蓄積を防ぐ爲焼入油槽中に溜る灰、スケール及塵埃等を除去する方法を

講ずると共に、被加熱物に附着する之等をも冷却開始前に極力排除に努むべきである。

- 5) 油を長く高温に保つ時は分解等を起すを以て冷却装置を設け低温となし置こと等である。

古種油の若返りに就ては未だ完全なる方法あるを聞かない、此の方面の徹底的の研究は最も重要で且緊急を要する問題だと思はれる。

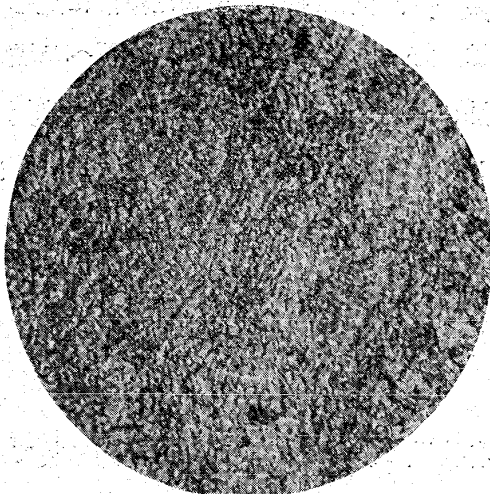
終りに本研究の公表を許可せられたる當局に感謝の意を表すると共に、多大の御指導に預つた吉川製鋼部長始め關係各位に深甚の敬意を拂ふものである。(終)

参 考 文 献

H. J. French: American Society for Steel Treating
 May and June, 1930.
 E. F. Houghton and Co: Pamphlet.
 E. F. Houghton and Co: Practical Metallurgy
 For Engineers.
 Rodman Chemical Co: Pamphlet.
 石垣 豊三氏 金屬の研究 Nov., 1929.
 大日方一司氏 金屬の究研 March, 1930.

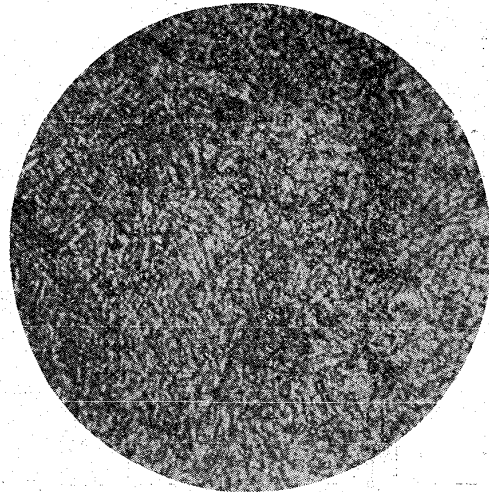
寫 眞

(16) 古 油



× 400

(18) 水 中



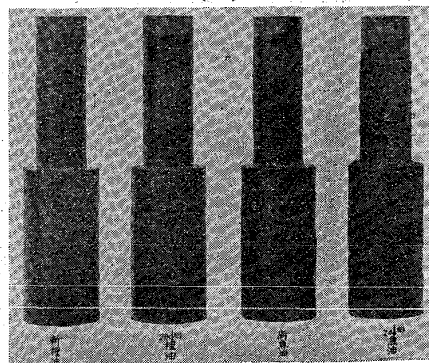
× 400

(17) 新 油



× 400

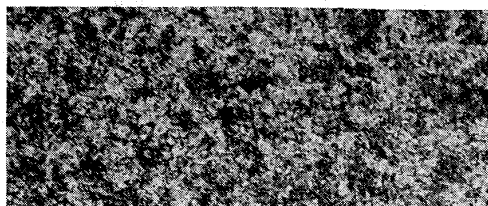
(19)



寫

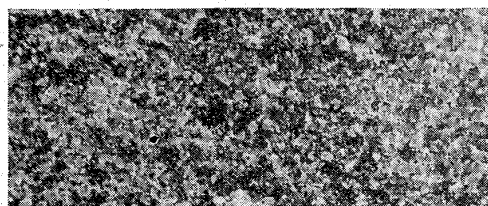
眞

(1)



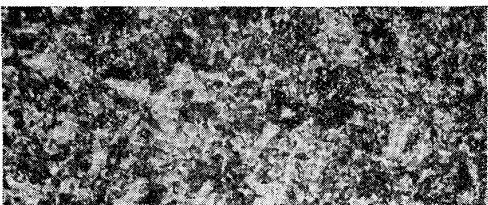
760°C 新 油 ×100

(2)



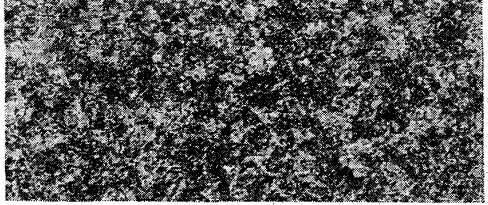
760°C 混合油 ×100

(3)



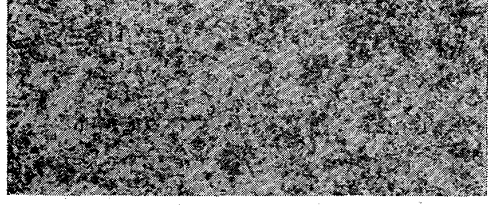
760°C 古 油 ×100

(4)



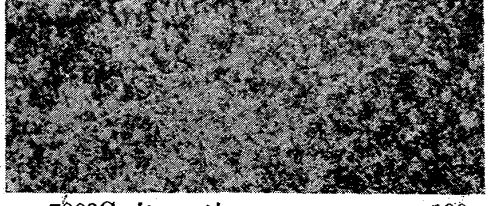
780°C 新 油 ×100

(5)



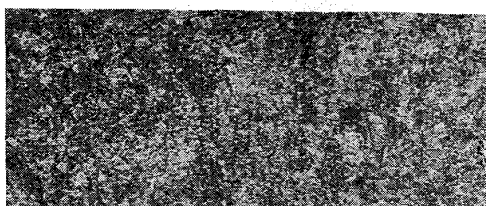
780°C 混合油 ×100

(6)



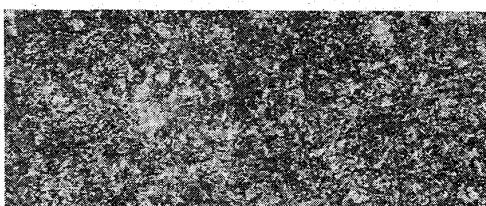
780°C 古 油 ×100

(7)



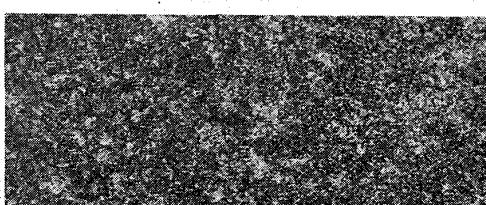
800°C 新 油 ×100

(8)



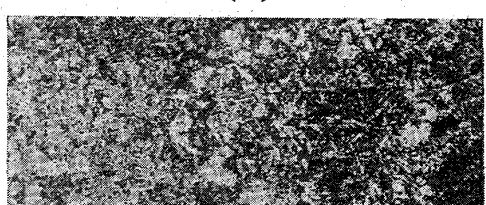
800°C 混合油 ×100

(9)



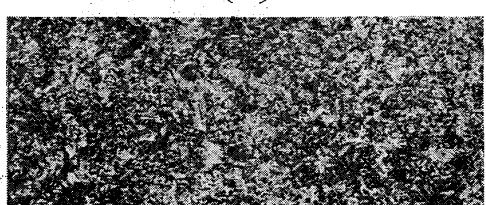
800°C 古 油 ×100

(10)



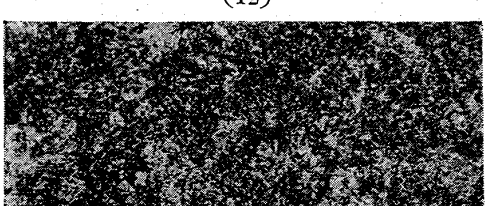
850°C 新 油 ×100

(11)



850°C 混合油 ×100

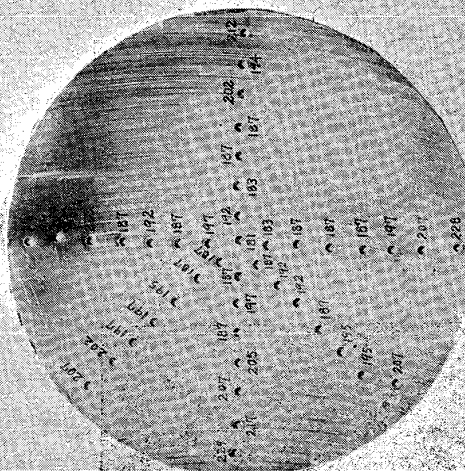
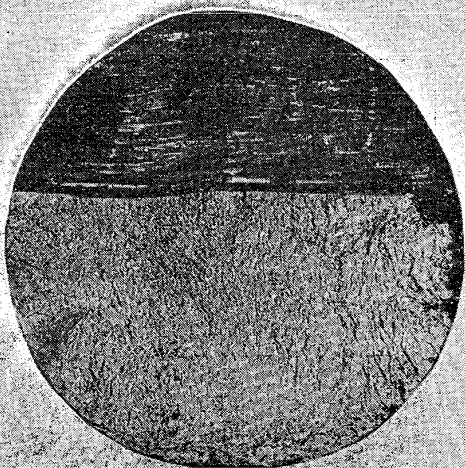
(12)



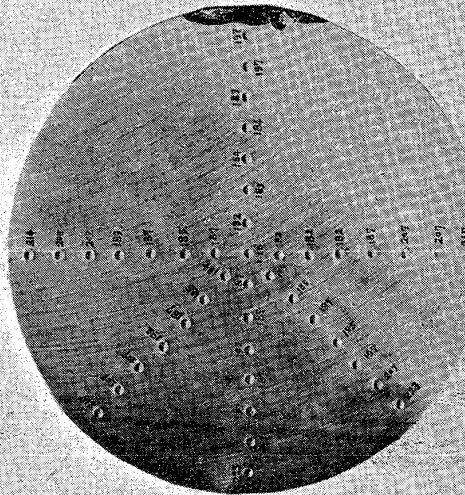
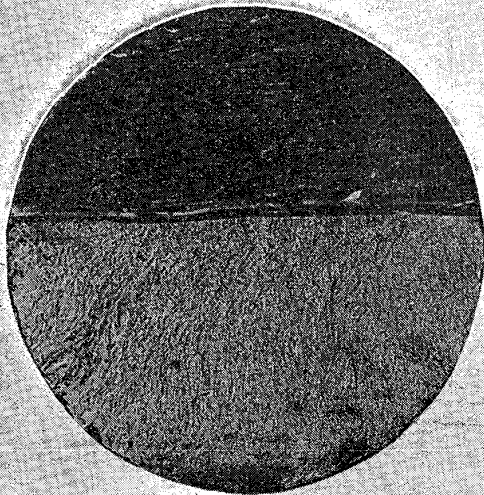
850°C 古 油 ×100

寫真 13

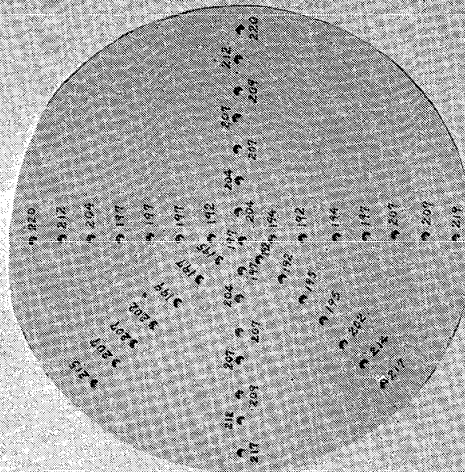
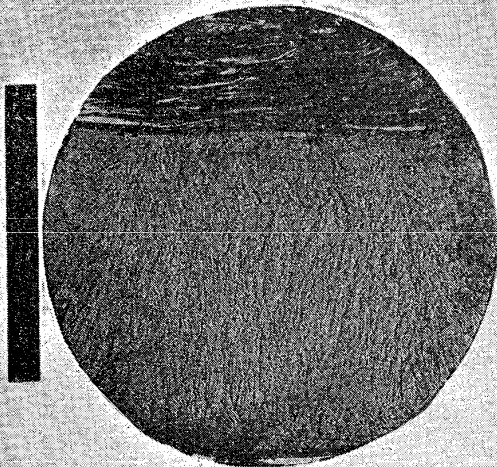
低 Ni-Cr 鋼



(1) 新種油



(2) 古種混合油

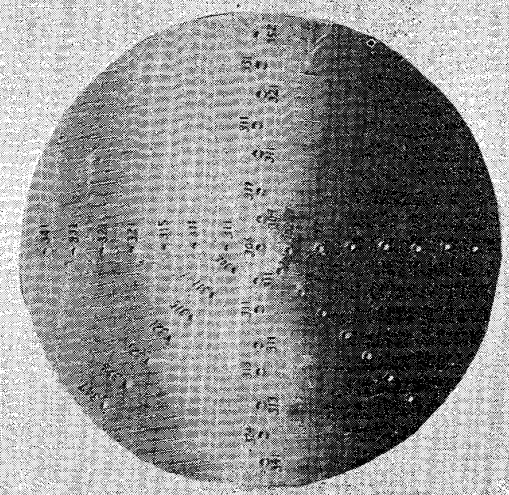
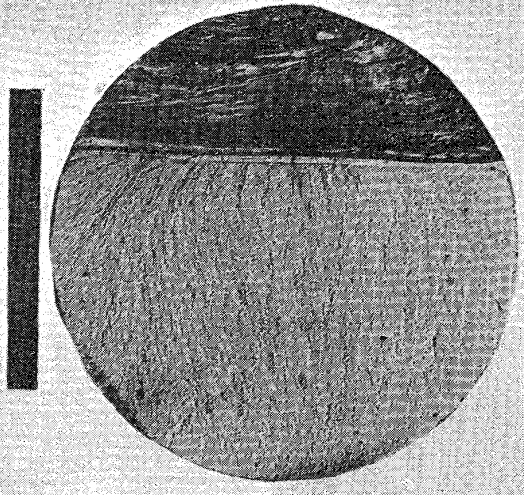


(3) 古種油

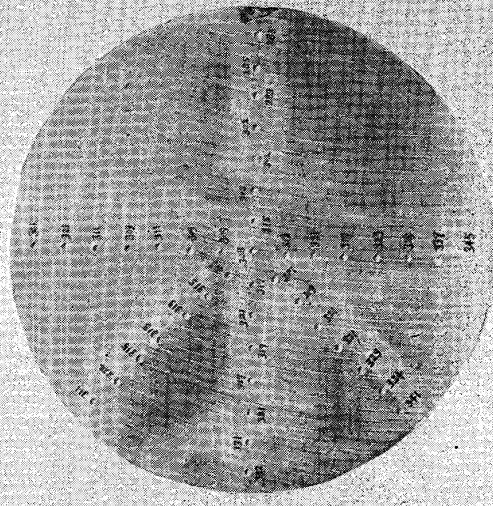
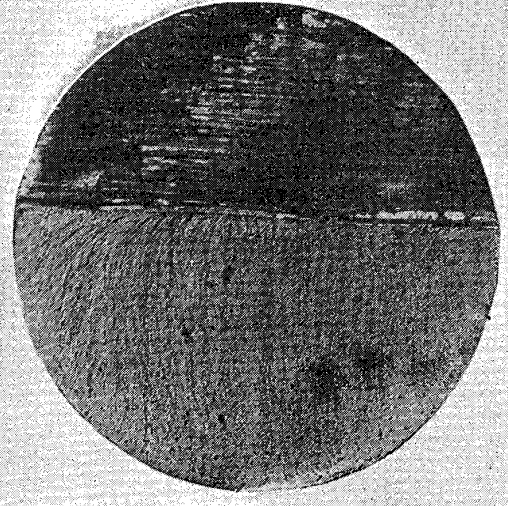
5322

寫 眞 14

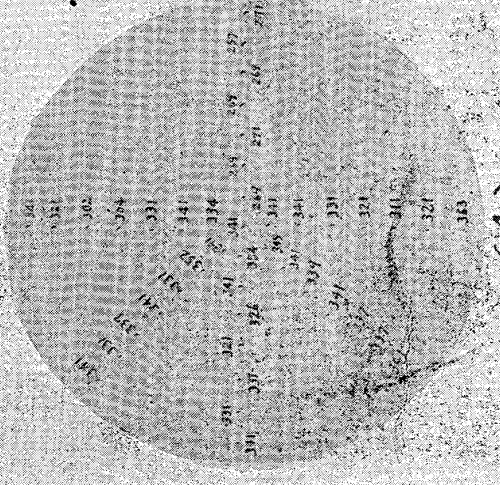
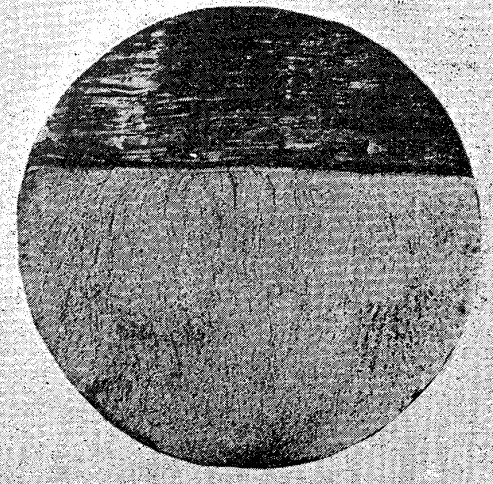
3.5% Ni-Cr 鋼



(6) 古種油



(5) 新混合油

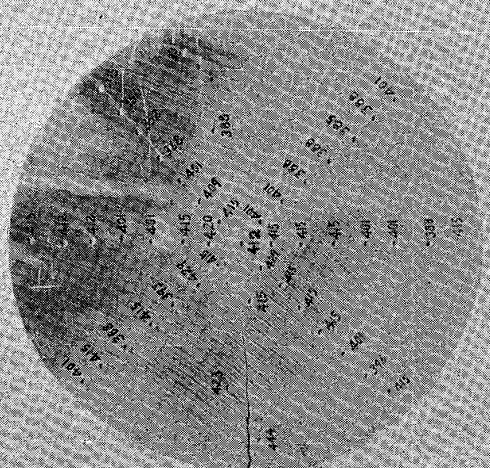
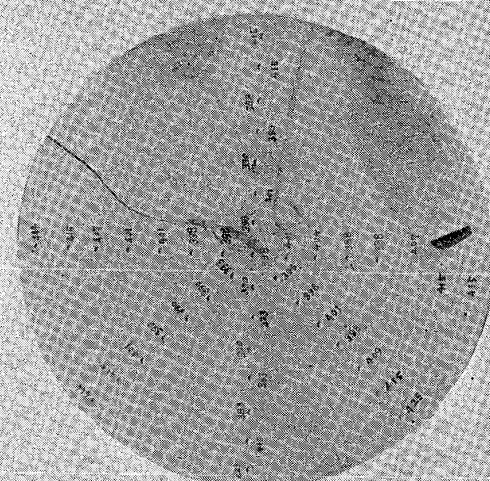
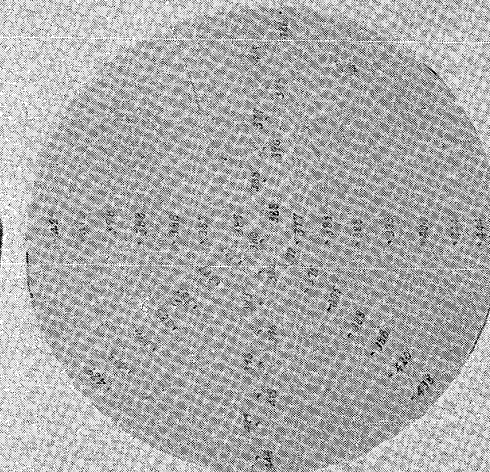
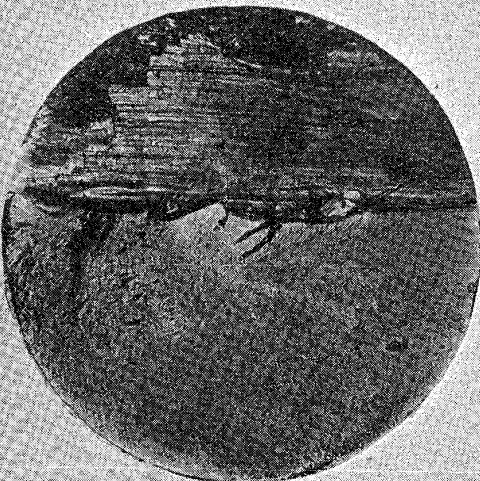
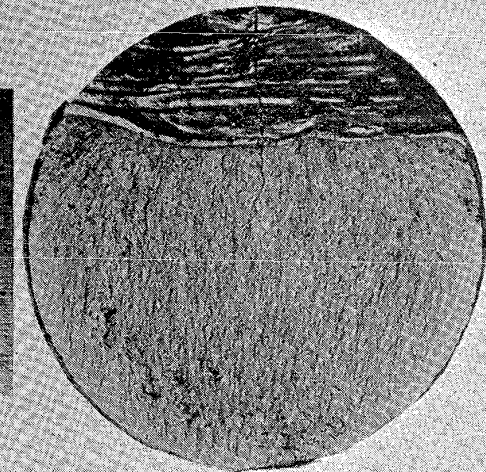


(4) 新種油

F5924
5322

寫真 15

Ni-Cr-Mo 鋼



(7) 新種油

(8) 新混合油

(9) 古種油

7363-3
5522