

13 Cr 不銹鋼に関する二、三の研究

Some Study of 13 Cr Stainless Steel

新 持 喜 一 郎* 一 安 六 夫**
Kiichiro Shinji Mutsuo Ichiyasu

内 容 梗 概

人絹用ギヤポンプのギヤ材として 13 Cr の不銹鋼の具備すべきおもな性質は耐磨耗性である。この耐磨耗性を材質的に支配するものはビスコース液に対する耐蝕性と面圧に基くギヤの機械的耐磨耗性である。熔製ならびに熱処理条件が化学的、機械的性質にいかに関与するか調べるとともに西原式磨耗試験機による磨耗試験を行い、試験条件と耐磨耗性との関係について二、三実験した。

〔I〕 緒 言

人絹用ギヤポンプのギヤ材としての 13 Cr 不銹鋼の具備すべきおもな性質は耐磨耗性である。すなわちビスコース液に対する耐蝕性と面圧に基く機械的耐磨耗性であるが、このほかに設計ならびに工作法が関係する。しかし材質的には前二者がおもな因子となる。耐蝕性を高めるためには熔製条件ならびに熱処理条件などを吟味しなければならない。また機械的耐磨耗性もそれを向上せしめるには熱処理によつて硬度を高めなければならない。この点を検討するため 13 Cr 不銹鋼について二、三究明したところを述べ参考に供したい。

〔II〕 熔製条件と残渣ならびに非金属介在物

耐蝕性ならびに耐磨耗性は材料の残渣あるいは非金属介在物に影響されるので、その量を可及的に減少せしめるために熔製条件を検討した。第 1 表に熔製条件を示すが、これからわかるように熔製条件の大きな差異は循環材の配合率と熔製法の 2 点である。循環材の配合率が高いと装入材料中の Cr の酸化に伴う品質の低下が見られるので、これを防止する目的で循環材の配合率を少くし、かつ非金属介在物をできるだけ少くするために脱酸に留意した。すなわち循環材配合率を 40% に下げ、熔落後温度を上昇せしめてから Al で鎮静し、ついで赤熱 Fe—Cr を投入したが、これは Fe—Cr 添加による Cr₂O₃ の生成を少くするために採つたのである。また循環材をまったく使用しないで熔落後 Fe—Si および Fe—Mn による脱酸を行い、鎮静後赤熱 Fe—Cr を投入して Cr₂O₃ の生成をできるだけ僅少にし、ついで仕上脱酸および粒度調整のため Al を添加して出鋼し、さらに取鍋中に Si—Mn を添加して強制脱酸を図るとともに脱ガスを行い、かつ炭化物分布を良好ならしめるよう留意した。得たる試料の化学分析結果を示すと第 2 表のごとくである。また熔製法が残渣量に及ぼす影響について示せば第 3 表のごとくである。すなわち残渣量は循環材

* 日立金属工業株式会社安来工場工博

** 日立金属工業株式会社安来工場

第 1 表 熔 製 条 件

試料	循環材配合率(%)	熔 解 法
1	70	酸素精錬、脱炭後 Fe—Si、Fe—Mn で鎮静赤熱 Fe—Cr 投入、出鋼前 Al 投入
2 3	40	高周波電気炉、Al で鎮静、赤熱 Fe—Cr 投入、出鋼前 Al 投入
4 5 6 7	0	高周波電気炉、Fe—Si、Fe—Mn で鎮静赤熱 Fe—Cr 投入、出鋼前 Al 投入、取鍋中 Si—Mg 投入

第 2 表 試料の化学成分 (%)

試 料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	M ₀
1	0.39	0.35	0.46	0.021	0.021	0.30	13.62	
2	0.38	0.32	0.33	0.026	0.009	0.22	13.17	0.20
3	0.43	0.32	0.40	0.016	0.010	0.51	13.56	0.54
4	0.45	0.33	0.20	0.009	0.010	0.16	13.23	0.44
5	0.44	0.35	0.25	0.013	0.010	0.13	13.08	0.56
6	0.40	0.34	0.25	0.015	0.010	0.16	13.36	0.53
7	0.43	0.32	0.28	0.012	0.009	0.19	12.90	0.45

第 3 表 残渣分析結果 (%)

試 料	総 量	成 分		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
1	0.0182	6.1	75.4	16.7
2	0.0160	7.9	82.2	5.6
3	0.0175	12.1	78.2	4.2
4	0.0115	26.5	68.9	
5	0.0120	—	—	
6	0.0122	23.3	72.5	
7	0.0166	37.3	59.9	

第 4 表 非金属介在物および腐蝕孔

試料	非金属介在物	腐 蝕 孔	摘 要
1	—	14.7 18 μ	1,030°C 油冷
2	A 0.2 3 μ B 3.8 6 μ	4.3 14 μ	1,030°C 油冷, 150°C 焼戻
3	A 0.2 3 μ B 3.2 6 μ	2.7 9 μ	"
4	A 1.5 3 μ B 1.5 4 μ	0.2 9 μ	"
5	A 2 3 μ B 1.2 4 μ	0.2 6 μ	"
6	A 2.7 3 μ B 3.6 5 μ	1.5 12 μ	"
7	A 1.9 3 μ B 3.8 6 μ	0.7 9 μ	"

配合率を少くしたものの程、また熔製法を吟味したものの程少いことが窺われるのである。また非金属介在物についてその判定結果を示すと第4表のごとくである。これからわかるように Si-Mn で脱酸した場合はA系が増加する。なお材料を研磨して塩化第二鉄塩酸溶液で腐蝕して検鏡すると腐蝕孔（黒色斑点）が認められる場合がある。この腐蝕孔がなにに原因するかは説明し得ないが、ギヤーがビスコース液に接する場合も程度は異なるであろうがこの種の腐蝕孔の発生が推測され、かつ耐磨耗性の点から好ましくない影響を及ぼすものと考えられるので、これについて簡単な調査を行つた。熔製条件ならびに熱処理条件が腐蝕孔生成に及ぼす影響を調べるため塩化第二鉄塩酸溶液で腐蝕した場合の腐蝕孔の数と大きさを示すと第4表ならびに第5表のごとくである。腐蝕孔の表示方法は学振の非金属介在物判定法のそれに準じた（視野数30）。すなわち腐蝕孔に及ぼす熔製条件の影響は著しい。またこの腐蝕孔の生成は熱処理によつて著しく影響され、焼鈍状態のものより焼入状態のものが腐蝕孔が少く、焼入状態においては焼入温度が高い方が良好である。

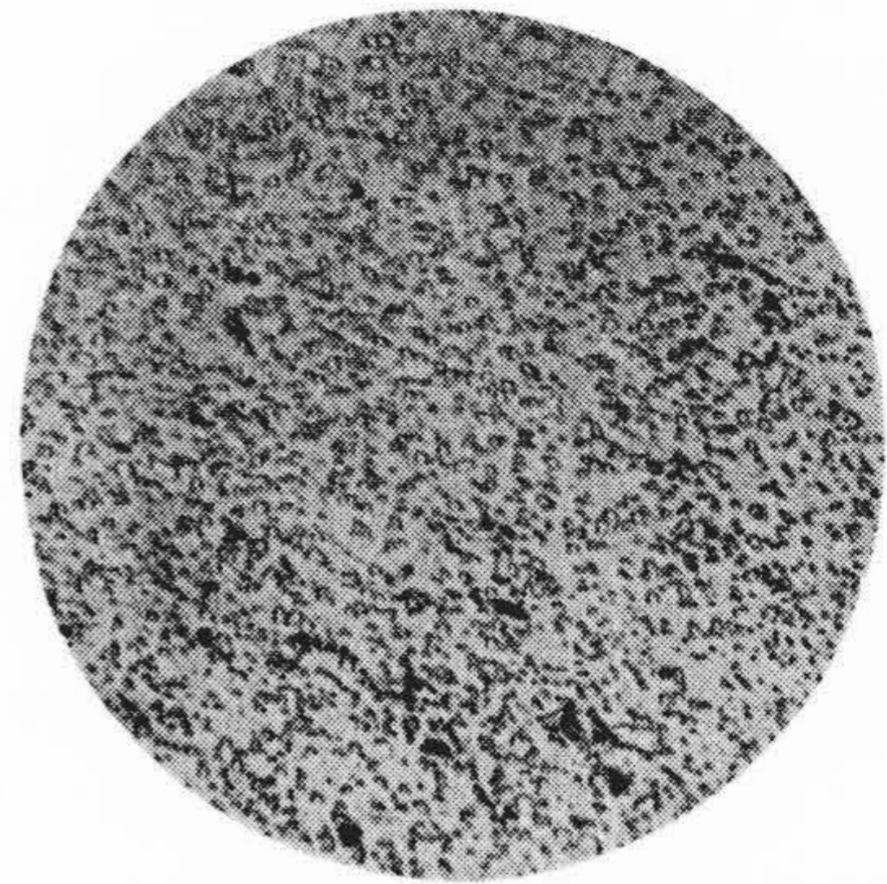
〔III〕 熱処理と硬度ならびに耐蝕性との関係

炭化物の球状化を図ることが耐磨耗性の向上に必要な条件と考えられるので、材料はまず次の熱処理を施した。すなわち 950°C 焼準、850°C 焼鈍処理により大体満足すべき組織を得た。組織の一例を示すと第1図のごとくである。材料の炭化物を球状化した後ギヤーに機械加工してから施すべき熱処理法については、その具備すべき重要な性質として耐磨耗性の大きくなることが挙げられている関係上硬度は高い方が望ましい。したがつて焼入後残留しているオーステナイトの分解を目的として深冷処理を施し、ついで 150°C に焼戻すことにした。よつて第6表に示す試料について熱処理条件と硬度との関係を究明した。熱処理条件として第7表のごとく2種類を選んだ。熱処理条件と硬度との関係を示すと第2図のごとくである。焼入焼戻の場合は硬度は焼入温度の上昇するにつれて最初高くなるが 1,100°C 焼入では低下する。残留オーステナイトの量は焼入温度の上昇につれて急激に増加する。しかし深冷処理を施した場合は残留オーステナイトの量は比較的に僅少で硬度も高く、1,100°C 焼入においても低下しない。

耐蝕性の試験においては腐蝕液として NaOH 30%, CS₂ 5% の水溶液を使用した。これはビスコース液にある程度関連性を持たしめたのである。また参考のために 5% HCl ならびに 5% H₂SO₄ に対する耐蝕性を調べた。試験片の形状寸法は 10 mm φ × 20 mm l の円壺状で、上述の各腐蝕液に20時間浸漬し、その腐蝕減量から耐

第5表 腐蝕孔におよぼす熱処理条件の影響

熱 処 理 条 件		試 料 2	試 料 3
950°C 焼準	850°C 焼鈍	16.7 28 μ	14.2 25 μ
上記焼準焼鈍後	950°C 油冷	11.0 23 μ	8.1 17 μ
"	1,030°C 油冷	5.5 18 μ	2.3 9 μ
"	1,030°C 油冷 150°C 焼戻	4.3 14 μ	2.7 9 μ



×400

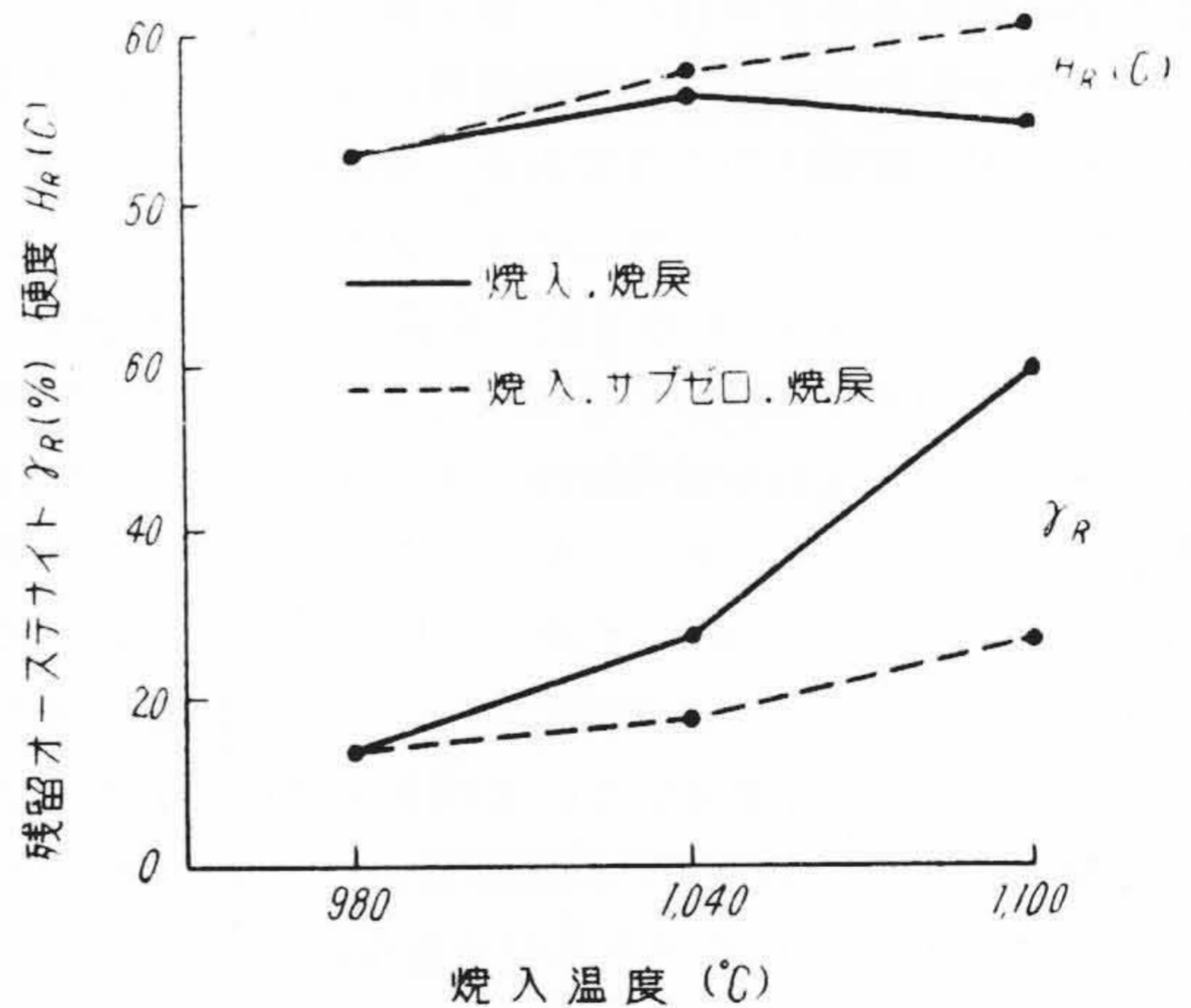
第1図 顕微鏡組織 試料7

第6表 試料の化学成分 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	M ₀
0.46	0.24	0.41	0.014	0.015	0.81	13.31	0.58

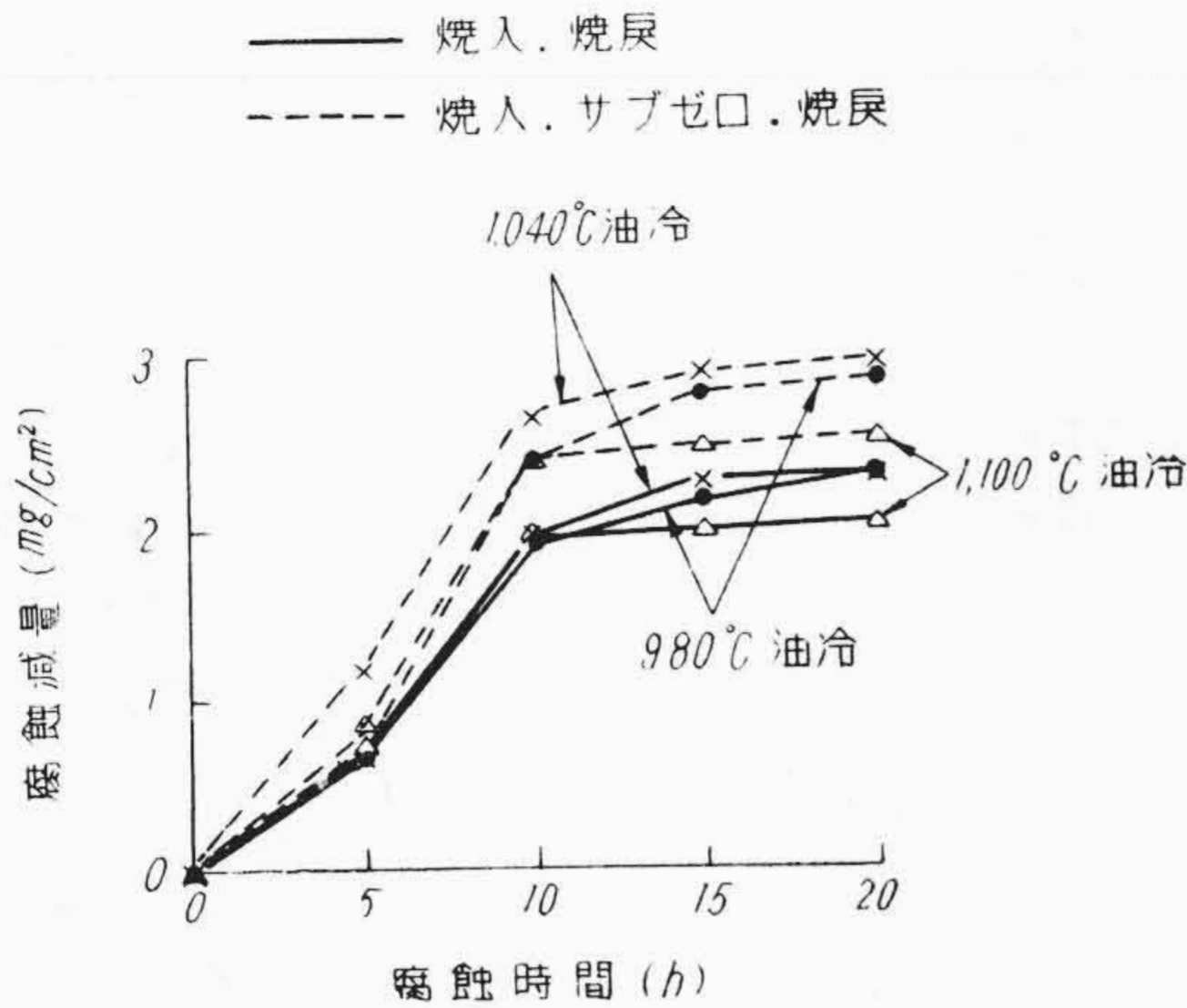
第7表 熱 処 理 条 件

焼 入 → 焼 戻	焼入温度 980, 1,040, 1,100°C 焼戻温度 150°C	油冷
焼入 → 深冷処理 → 焼戻	焼入温度 980, 1,040, 1,100°C 深冷処理 -75°C, 20分保持 焼戻温度 150°C	油冷

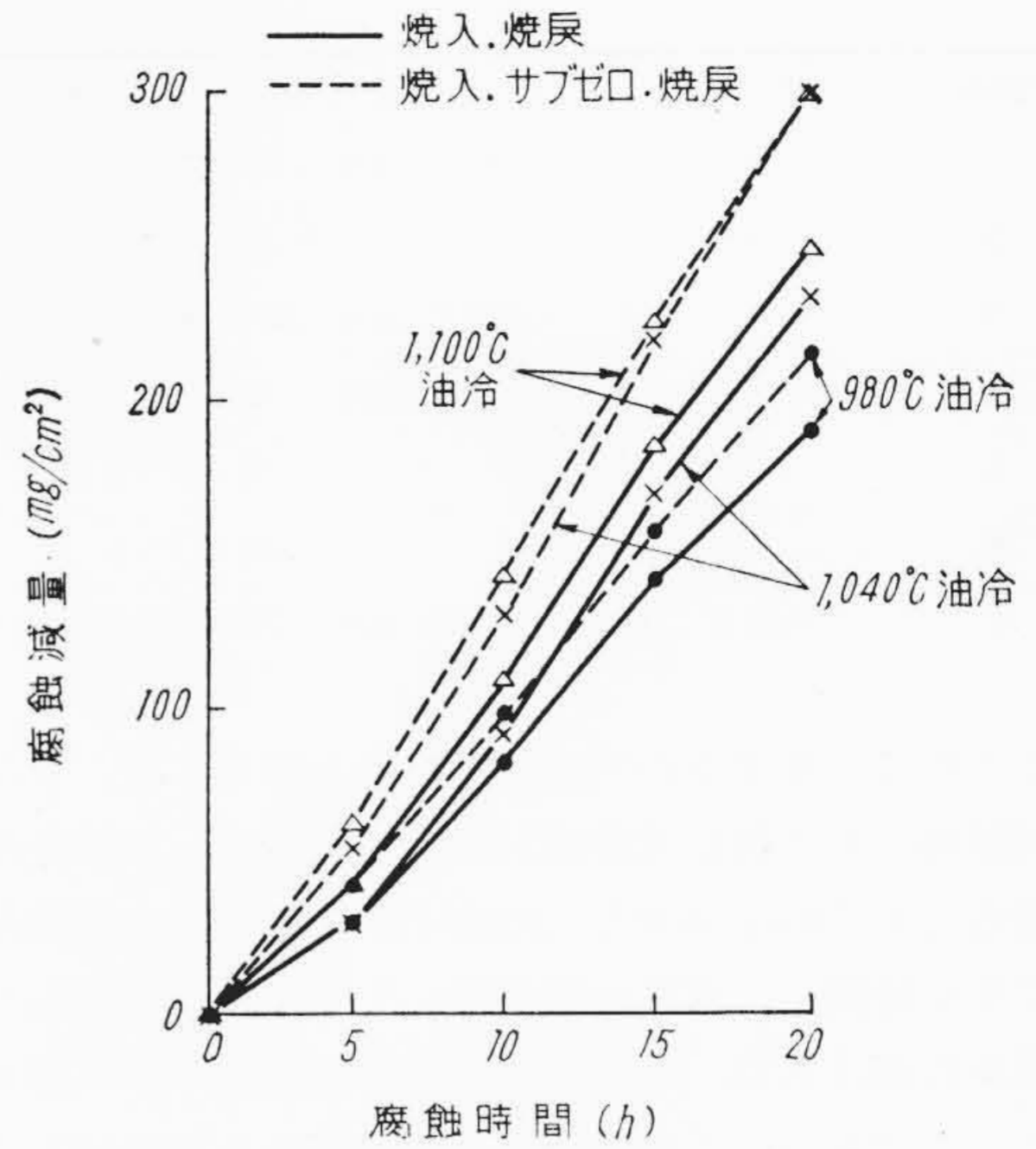


第2図 焼入温度と硬度ならびに残留オーステナイトとの関係

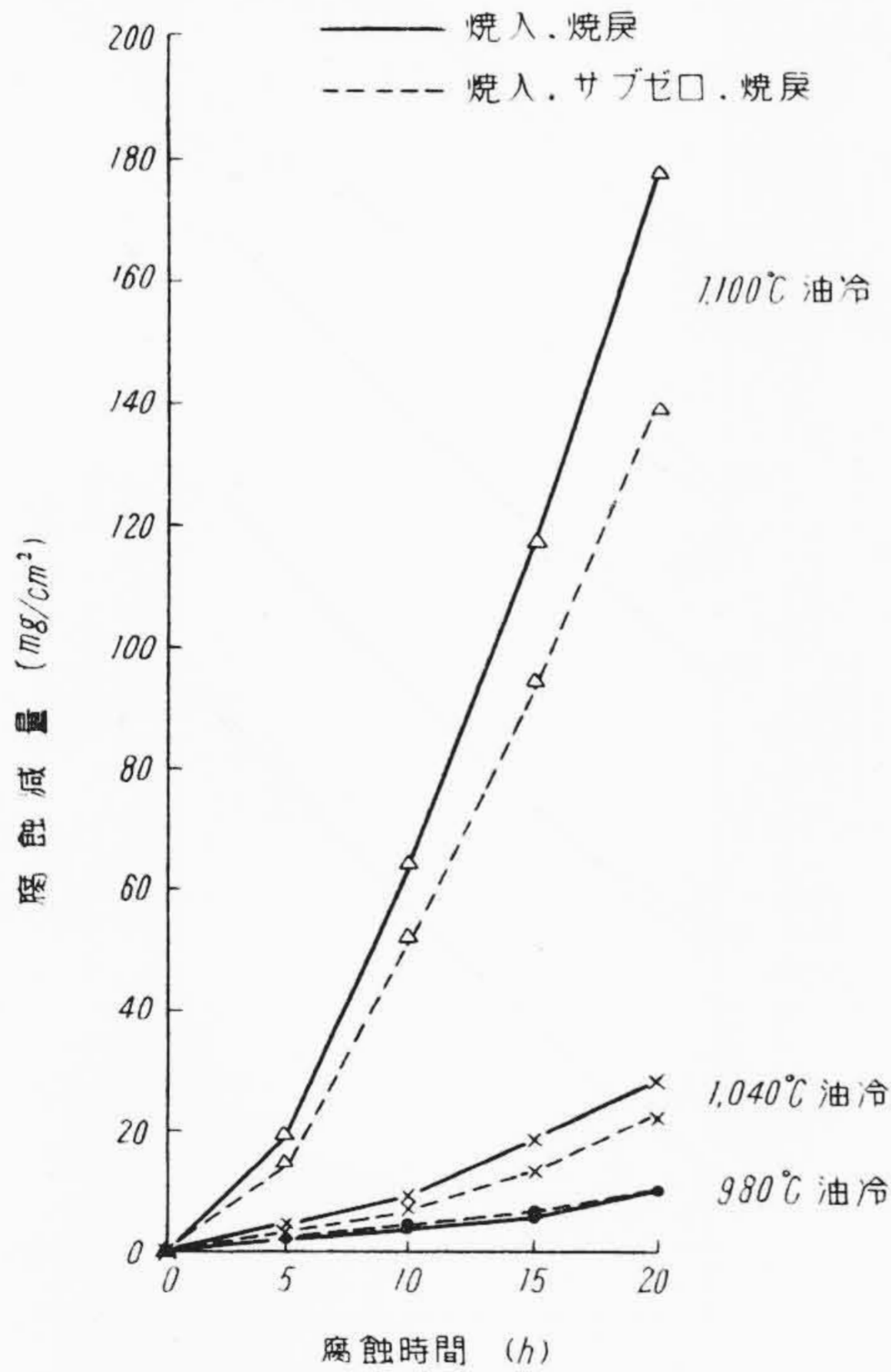
蝕性を検討した。NaOH 30%, CS₂ 5% の水溶液について沸騰試験（逆流コンデンサ付）を行つた結果を示すと第3図のごとくである。これからわかるように腐蝕は最初やや急激に進み後徐々に起る。また焼入温度の影響はあまり著しくないが 1,040°C 焼入のものがもつとも



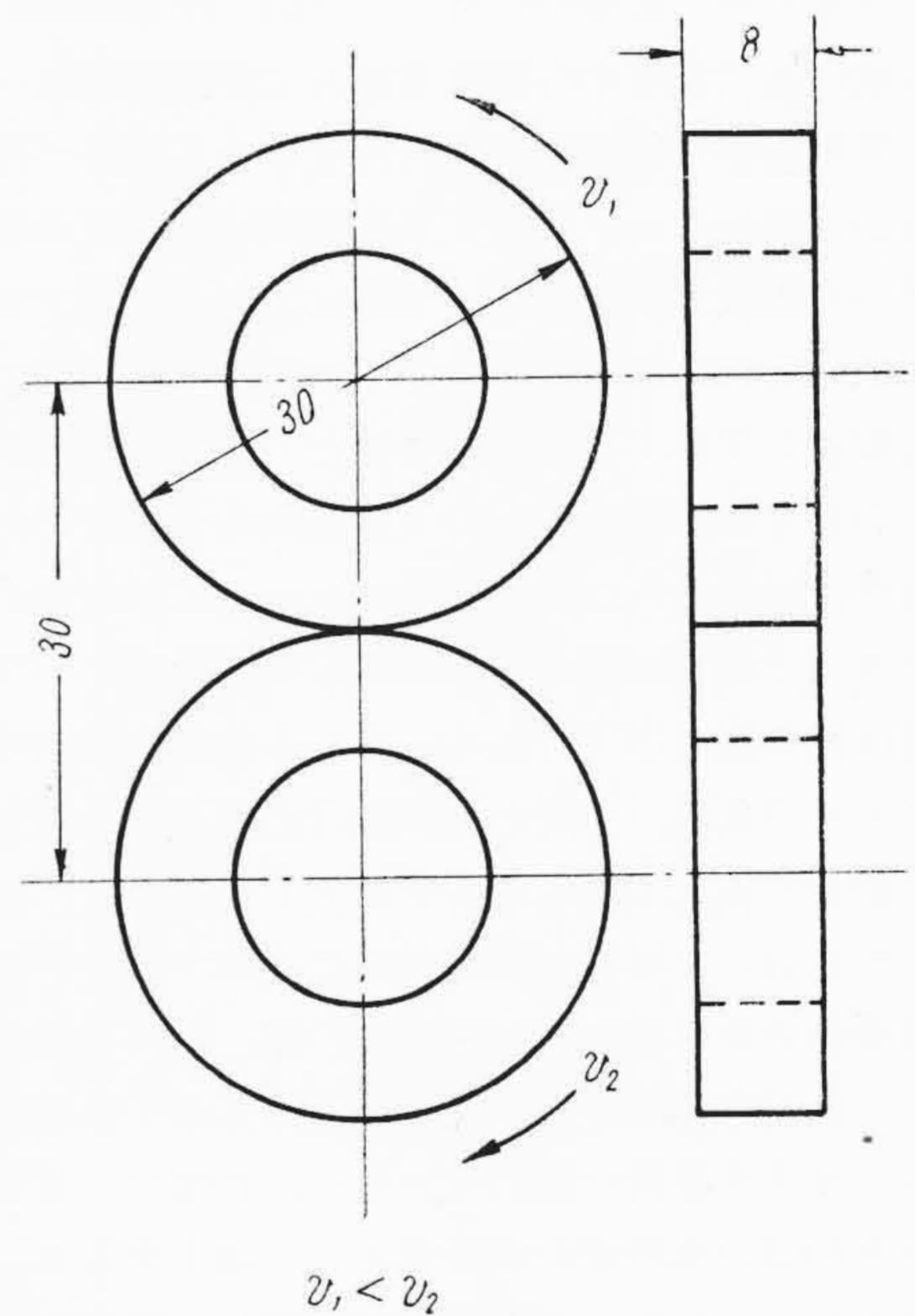
第 3 図 腐蝕試験結果 30% NaOH + 5% CS₂



第 5 図 腐蝕試験結果 5% H₂SO₄



第 4 図 腐蝕試験結果 5% HCl



第 6 図 試 験 片

劣り、1,100°C 焼入のものが耐蝕性が良好である。深冷処理の影響は明瞭に認められ、この処理を施した方がしないものに比して耐蝕性が劣る。30°C の 5% HCl に 20 時間浸漬した場合の腐蝕減量を示すと第 4 図のごとくである。これからわかるように腐蝕は時間とともに加速される傾向にあり、特に焼入温度が高くなるにしたがつてこの傾向は著しくなる。また深冷処理の影響は焼入温度の高くなるにつれて、かつ腐蝕時間の長くなるにしたがつて著しくなり耐蝕性を向上する。30°C の 5% H₂SO₄ に 0 時間浸漬した場合の腐蝕減量を示すと第 5 図のご

とくである。これからわかるように腐蝕は時間とともに直線的に進み、また焼入温度の高いほど腐蝕が著しい。深冷処理の影響は 5% HCl の場合とは逆であつて耐蝕性を減ずる。特に 1,040°C 以上においてその影響が著しい。

[IV] 磨 耗 試 験

実際にはギヤーポンプのギヤーがビスコース液中で回転するのであるから耐磨耗性の試験はなるべくこれに近い条件で実施した方が好ましいが、時間の点で長期にわ

第8表 磨耗試験結果

試験番号	試料	熱処理条件	硬度 HR (C)	耐摩耗性 $\times 10^5$	摘要
1	2	1,030°C 油冷 -75°C 深冷処理, 150°C 焼戻	56.0	1.3	とも金ダライ粉充填, 水潤滑
2	3	同上	56.9	1.7	同上
3	"	1,030°C 油冷 150°C 焼戻, -75°C 深冷処理	55.8	1.8	同上
4	"	1,030°C 油冷 -75°C 深冷処理, 150°C 焼戻	57.0	0.8	铸铁ダライ粉充填, 水潤滑
5	"	同上	57.0	>4	とも金ダライ粉充填, 二硫化炭素+苛性ソーダ 潤滑
6	"	同上	57.0	>4	铸铁ダライ粉充填, 同上
7	SEHI	1,060°C 油冷 -75°C 深冷処理, 180°C 焼戻	56.3	1.0	とも金ダライ粉充填, 水潤滑

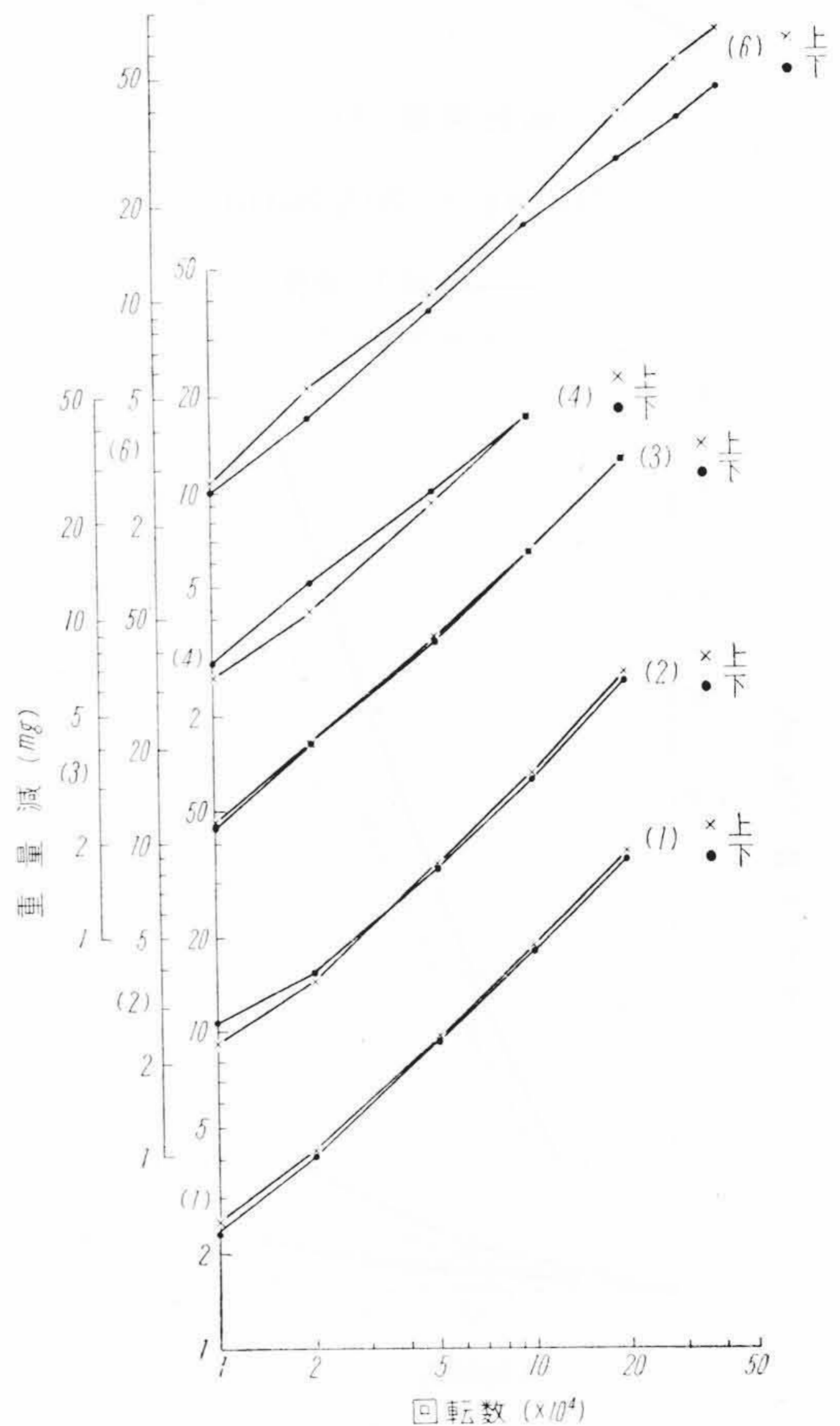
たり不都合を生ずるので強制試験法を採用した。すなわち試験機として西原式磨耗試験機を使用し、試験条件は圧縮応力を 70 kg/mm^2 、試験片の滑度20%、潤滑剤として水を使用し、常に一定条件にて（1秒に1滴あて）試験片に滴下した。なお試験方法の概要を示すと第6図のごとくである。この試験条件は実際のそれに比してかなり苛酷である。すなわち面圧約 5 kg/mm^2 、接触する液はビスコースであるのに対し、面圧 70 kg/mm^2 、接触する液は水であるから磨耗現象および腐蝕現象の差異のため実地運転した場合と相関性を有する結果が得られるか否かは凝わしい。試験片の摩擦面は回転数の増加にしたがつて漸次光沢を増し、平滑になるが回転方向と直角な皺状の模様が次第に増加してやがて回転方向に平行な皺も生成してきて凹凸がはなはだしくなり光沢が薄れる。このときの回転数をもつて耐摩耗性を比較した。熱処理条件、硬度ならびに耐摩耗性を示せば第8表のごとくであり、また回転数と磨耗減量との関係について数例を示せば第7図のごとくある。得たる結果を要約すると次のごとくである。すなわち試験片の熱処理の際とも金ダライ粉を充填して酸化脱炭を防止した場合と、铸铁ダライ粉を充填した場合の耐摩耗性に及ぼす影響が認められ、後者の方が劣る。また熱処理の際、焼入後深冷処理してから焼戻す場合と焼入焼戻後深冷処理する場合の耐摩耗性に及ぼす影響は認められない。苛性ソーダと二硫化炭素との混合水溶液を潤滑剤として滴下すると、水を滴下する場合に比較して磨耗状況が変わり、耐摩耗性が良くなる。なお参考のために Si-Cr 系耐熱鋼と比較した結果、13Cr 系不銹鋼の方が耐摩耗性がすぐれていることを確めた。

〔V〕 結 言

人絹用ギヤポンプのギヤ材としての 13Cr 不銹鋼について二、三調べたがその結果を要約すると次のごとくである。

(1) 熔製法について吟味した結果残渣量を減らし、清浄度を高め得た。

(2) 熱処理条件と硬度、残留オーステナイトならび



第7図 回転数と磨耗減量との関係
(上下は試験片の位置を示す)

に耐蝕性との関係をあきらかにした。

(3) 西原式磨耗試験機による磨耗試験を行い、熱処理条件ならびに試験条件と耐摩耗性との関係について調べた。

終に臨み本研究に協力された日立金属工業株式会社安来工場の田中、清永、伊達山の諸氏の労を多とするともに、御助言を戴いた小柴冶金研究所長に謝意を表する次第である。