

拔型用高 C-12 Cr-Mo 鋼に及ぼす V の影響

Effect of V on Properties of High C-12 Cr-Mo Steel for Punching Dies

小 柴 定 雄* 稲 田 朝 雄**
Sadao Koshiba Asao Inata

内 容 梗 概

高 C-12 Cr-Mo 鋼に V を添加し拔型材としての適性をしらべるとともに従来広く用いられている高 C-高 Cr 冷間ダイス鋼 (CRD) との比較を行なった。V の添加により各変態温度は上昇し焼入温度を高温側に移行し、残留オーステナイト量少なく、その組織は微細であり、安定にして高硬度の炭化物を生ずる。つぎに熱処理による変形少なく、じん性を増し、CRD に比較してすぐれた耐摩耗性を示す。

1. 緒 言

電気機器工業あるいは自動車工業などの発展に伴って金属加工法のなかにおいても生産性のすぐれた加工法であるプレス作業はますますその重要性が高められつつあり、これに使用される拔型材においてもその性能のより高度のものが要望されている。よって著者らは従来よりいろいろ研究を進めており先にその一部を発表した⁽¹⁾。本研究はこれに引き続き高 C-12 Cr-Mo 鋼について拔型鋼として重要な性質であるじん性および耐摩耗性の向上に効果がある V の影響についてしらべたものである。

2. 試料および実験方法

試料は 50 kg 高周波電気炉を用いて熔製し 35 kg 鋼塊に鋳造した。つぎにこれらを 15 mmφ および 32 mmφ に鍛伸し 900°C にて焼鈍した。また比較のために高 C-高 Cr ダイス鋼 CRD (SKD 1) を使用した。第 1 表にこれらの化学成分を示す。

2.1 変態点の測定

7 mmφ × 70 mm の試料を用いて佐藤式熱膨脹計により測定した。加熱速度および炉冷の場合の冷却速度はそれぞれ 5°C/min とし最高加熱温度は 1,000°C とした。

2.2 焼入、焼戻硬度と組織

13 mmφ × 12 mm の試料を用いて 950~1,100°C の各温度より油冷および空冷したものについて硬度および組織をしらべた。ついで 100~700°C の各温度に繰返し焼戻しを行ない、そのつど硬度測定を行なった。

2.3 残留オーステナイト量

8 mmφ × 20 mm の試料を用いて焼鈍せるものおよび 950~1,100

°C にて油焼入したものについて、弾動検流計法により飽和磁気の強さを測定し、焼鈍せるものの残留オーステナイト量を 0% として求めた。

2.4 変 形 率

8 mmφ × 80 mm の試料を 950~1,100°C にて油焼入したものおよびこれらを 100~700°C の各温度にて繰返し焼戻した場合の直径および長さ方向の寸法をマイクロメータにより測定し焼鈍状態のものの寸法を基準として変形率を算出した。

2.5 曲 げ 試 験

5 mmφ × 70 mm の試料を用い、950~1,100°C より油焼入後 200°C にて焼戻したものについて 10 t アムスラー試験機を用いて支点間距離 50 mm、押え金具の半径 10 mm にて曲げ試験を行なった。また試験機に 1/100 mm のダイヤルゲージを装着して破断の際の試料のたわみを測定した。

2.6 摩 耗 試 験

外径 30 mmφ、内径 16 mmφ、幅 8 mm のリング状試料を用い、1,050°C より油焼入後 200°C にて焼戻した。また比較用の CRD は 980°C 油焼入後 200°C にて焼戻した。次に西原式摩耗試験機を用い、荷重 60 kg (最大圧縮応力 60.5 kg/mm²) 下部試料 800 rpm 上部試料の下部試料に対するすべり度 9.091%、潤滑油なしで試験した。

3. 実 験 結 果

3.1 変 態 点

第 2 表に測定結果を示す。V 量の多いものほど加熱および冷却の際の各変態温度は高温側に移行する。すなわち本鋼種においても C 量約 0.2, 0.4, 0.65, 0.90 および 1.2% 鋼の場合と同様にその変態温度は V 量を増すにしたがって急激に上昇する⁽²⁾⁽³⁾。

3.2 焼入、焼戻硬度、組織および残留オーステナイト量

第 1 図に 950~1,100°C の各温度より油冷および空冷したものの硬度ならびに同温度より油冷したものの残留オーステナイト量の測定結果を示す。油焼入したものにおいて 12R-2 V は 1,025°C、その他の試料は 1,050°C 付近において最高硬度を示し、V 量の多いものほどその温度は高い傾向を示す。空冷せるものにおいても油冷の場合と同様 V 量の多いものほど最高硬度を示す温度は高温側に移行す

第 2 表 試料の変態温度 (°C)

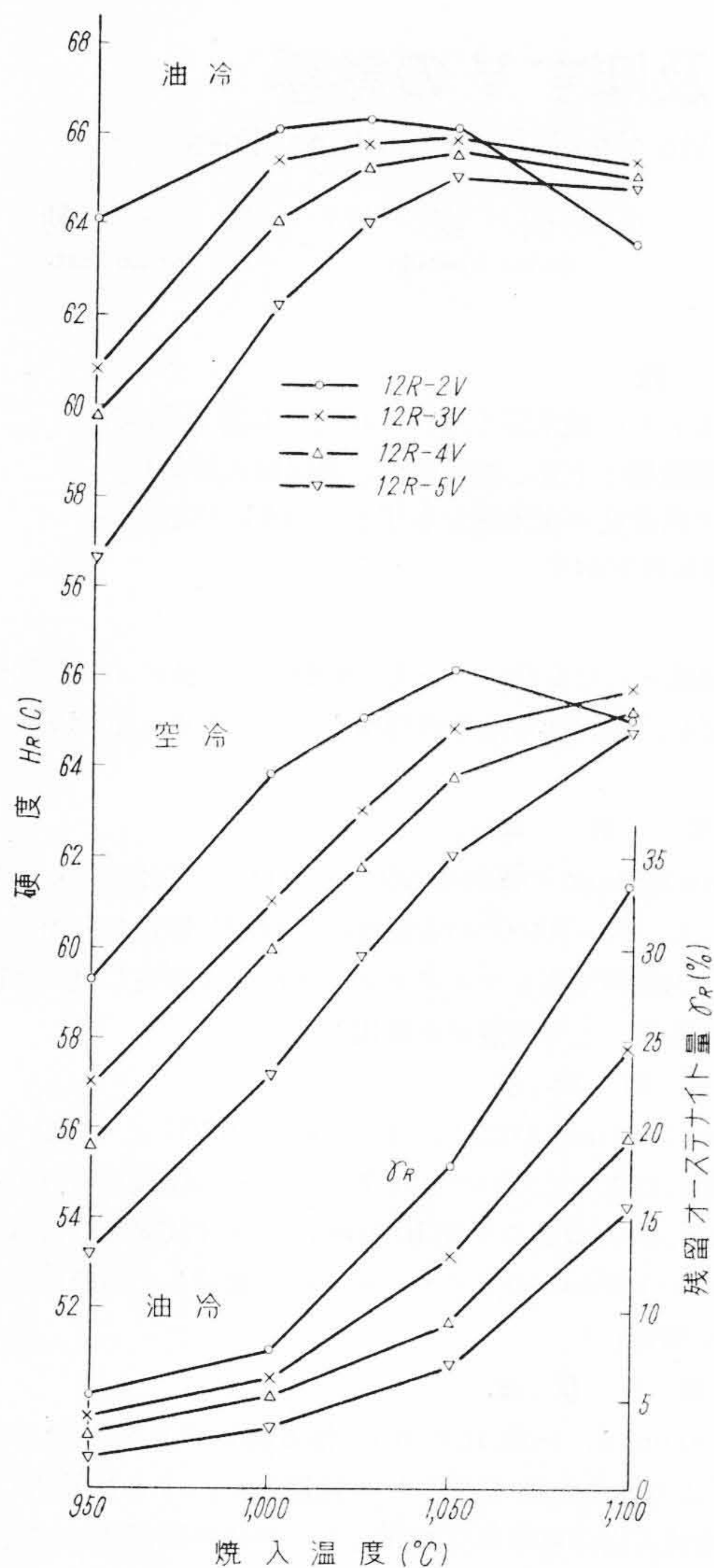
試 料	加 熱	炉 冷	空 冷
12R-2 V	823~854	711~684	133
12R-3 V	844~886	737~699	199
12R-4 V	851~890	746~705	228~96
12R-5 V	865~902	763~714	265~170

第 1 表 試 料 の 化 学 成 分 (%)

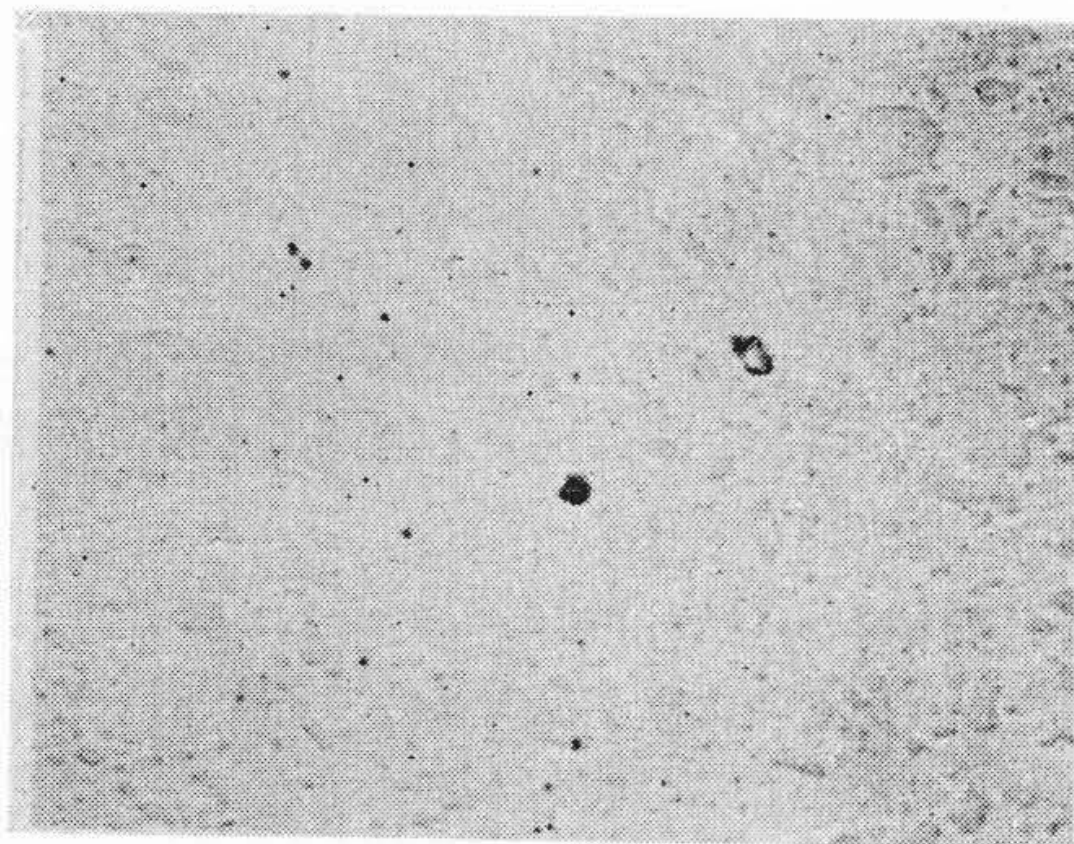
試 料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
12R-2 V	2.20	0.22	0.57	0.034	0.023	0.04	11.98	0.99	1.92	0.06
12R-3 V	2.16	0.30	0.56	0.023	0.019	0.05	12.34	1.01	2.91	0.06
12R-4 V	2.19	0.66	0.62	0.021	0.018	0.05	12.10	0.97	3.81	0.08
12R-5 V	2.16	0.67	0.66	0.037	0.021	0.05	11.89	1.00	4.88	0.07
CRD(1)	2.10	0.22	0.32	0.020	0.005	0.15	13.98	—	—	0.03
CRD(2)	2.18	0.24	0.39	0.023	0.004	0.07	13.30	—	—	0.04

* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

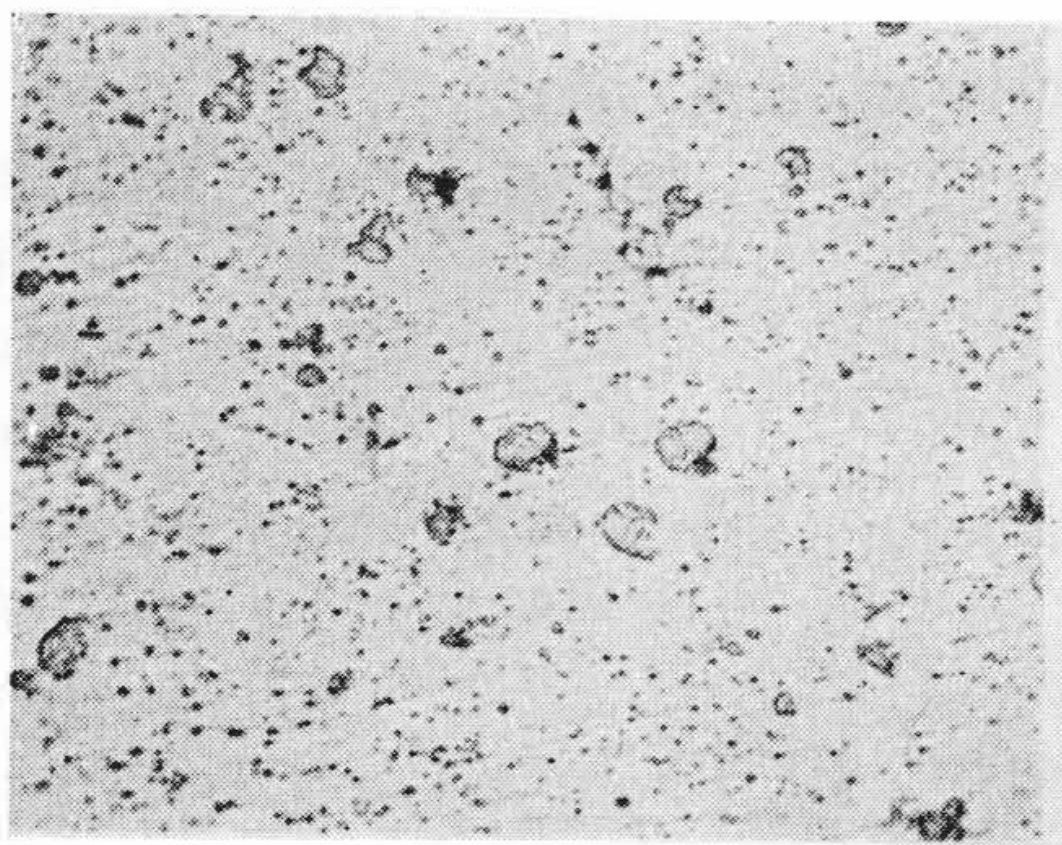
** 日立金属工業株式会社安来工場



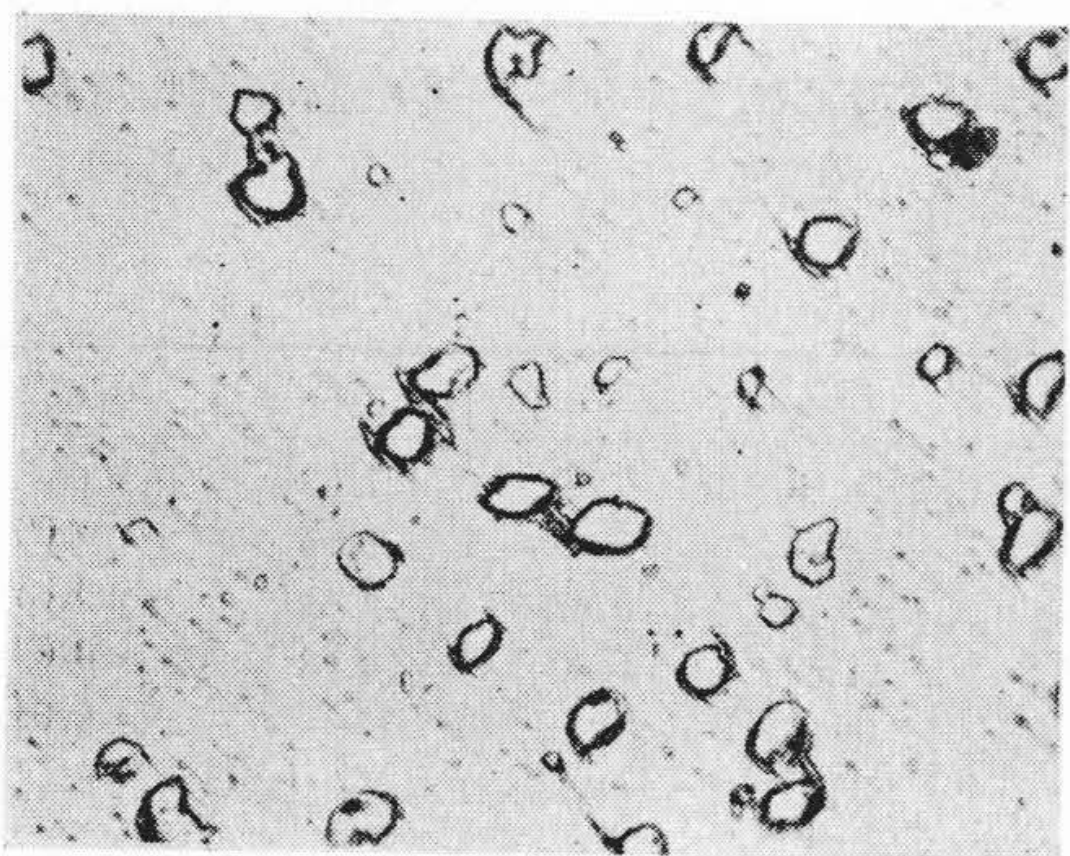
第1図 焼入温度と硬度および残留オーステナイト量の関係



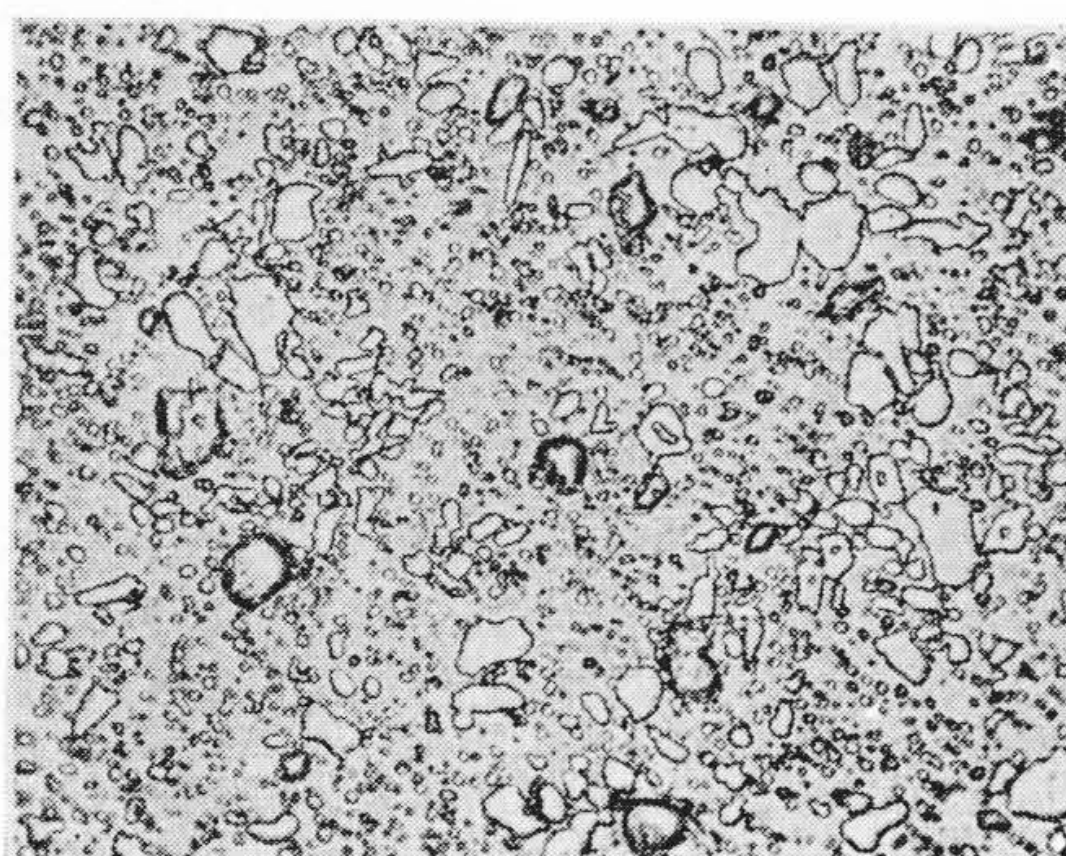
第2図 12R-2Vの1,050°C油焼入組織 (無腐食) ×420



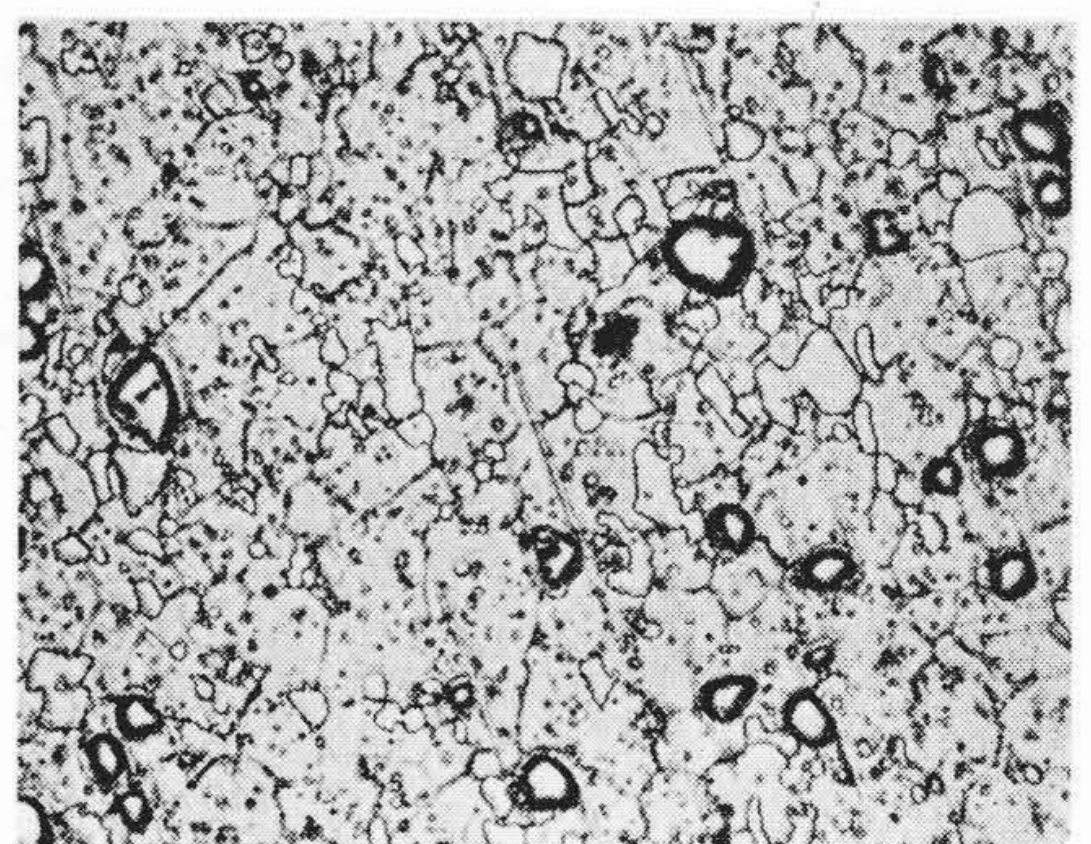
第3図 12R-5Vの1,050°C油焼入組織 (無腐食) ×420



第4図 12R-5Vの1,150°C油焼入組織 (無腐食) ×420



第5図 12R-5Vの1,050°C油焼入組織 ×420



第6図 12R-5Vの1,150°C油焼入組織 ×420

る傾向を示すが、その温度は油冷のものに比較して高い。また各試料とも焼入温度の上昇とともに残留オーステナイト量を増す。しかしV量の多いものほど、その量は少ない。

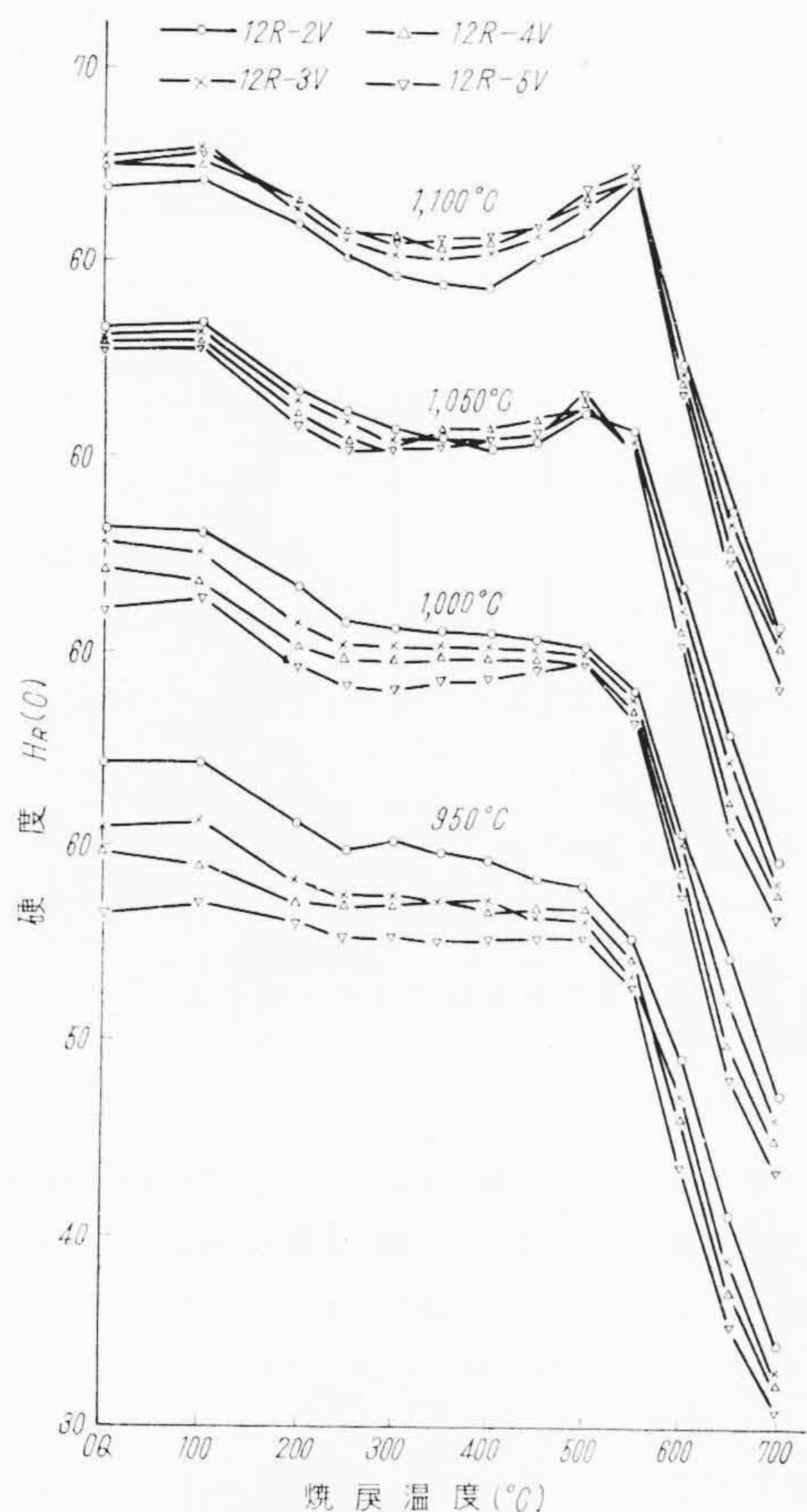
つぎにこれらの各試料についてその組織をしらべた。いずれも無腐食の状態にて見られる炭化物と、腐食によりさらに現出する炭化物とがあり、少なくとも組成を異にした2種類以上の炭化物が存在することが認められる。しかし無腐食にて検鏡できる炭化物はV量の多い試料ほどその量を増していること、および V_4C_3 および V_5C は無腐食にて明らかに認められことが発表されており⁽⁴⁾⁽⁵⁾、これらのことよりしてこの炭化物はVをベースとしたものと推定される。一方腐食することにより現出する炭化物はCRDのそれと類似しており、Crをベースとした炭化物と推定する。また無腐食にて検鏡できるVをベースとした炭化物はCrベースの炭化物のように平滑な面とはならないで突出状を呈している。すなわちCrベースの炭化物に比較して著しく硬度が高いためであり、このような炭化物の存在することは、その耐摩耗性の向上に効果あるものと考えられる。次にCrベースの炭化物は焼入温度の高いものほど基質中に固溶し、その量を減少するが、Vベースの炭化物においては1,050°C焼入のものと1,150°Cより焼入したものにおいて、その量はほとんど大差ない。すなわちVベースの炭化物は基質中に固溶しにくいことがわかる。第2～4図は12R-2Vおよび12R-5Vの1,050°C油焼入したものならびに12R-5Vの1,150°C油焼入したものの無腐食のままの組織を示し、第5図および第6図は12R-5V試料の5%ナイタルにて腐食した組織を示す。

第7図は焼戻硬度試験結果を示す。焼戻温度600°C付近よりその硬度を急激に低下するが、いずれも焼入温度の高いものほど二次硬化現象は著しく、その焼戻軟化抵抗は大きい。

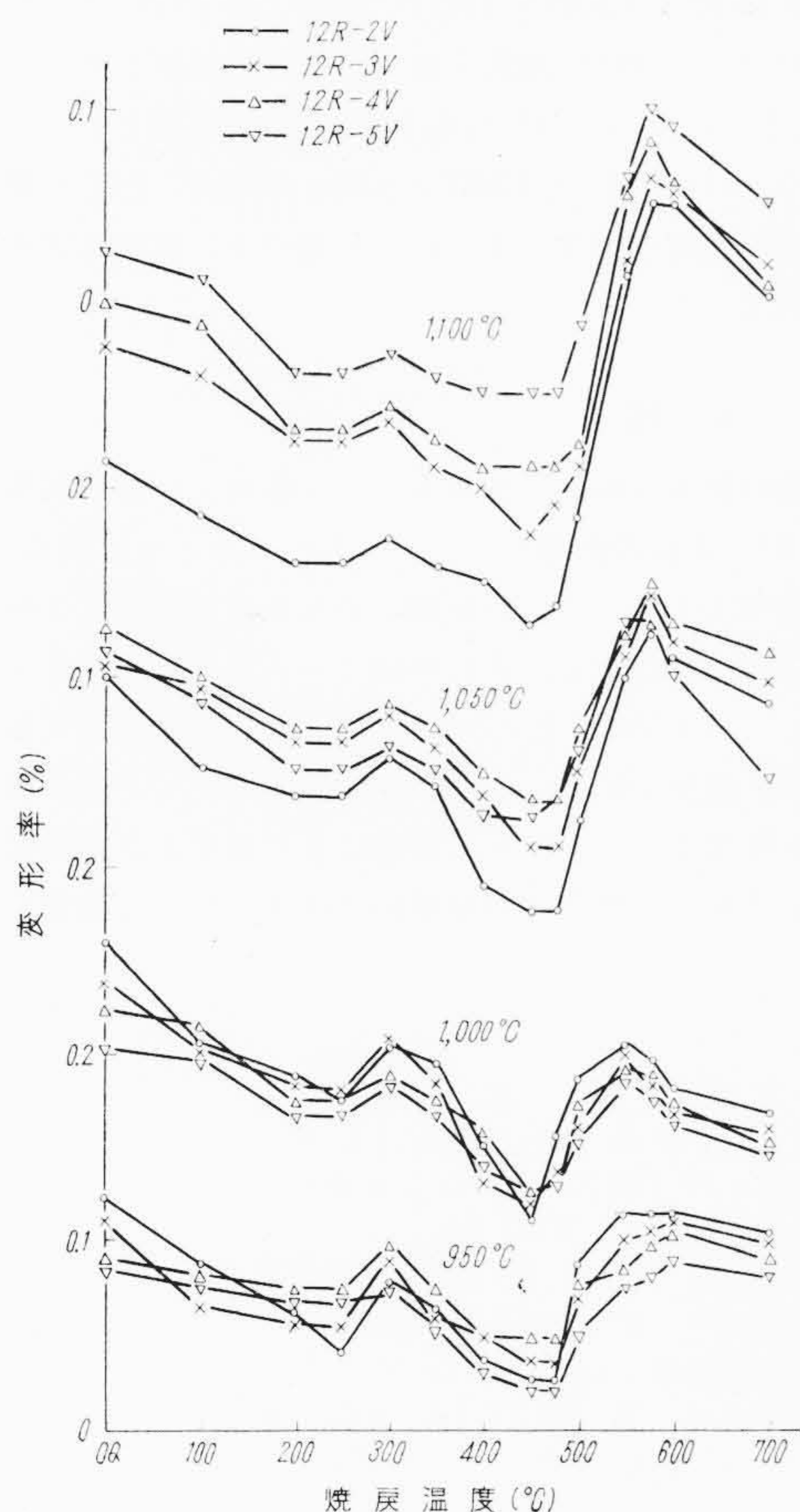
3.3 変形率

第8図に測定結果を示す。長さ方向の場合、焼入温度950～1,050°Cにおいては膨脹を示し1,100°Cにては収縮する。直径方向の場合は12R-V2, 12R-3Vおよび12R-4Vは1,000°C, 12R-5Vは1,050°Cにおいていずれも最も大きい膨脹を示し、それ以上の温度において

は収縮する。以上の結果にみられるように焼入せるものにおける変形は試料、焼入温度および測定方向などによって種々異なった結果を示す。これは変形の生ずる原因が単純なものでなくて焼入時の熱応力に基づくもの、組織変化による膨脹および鍛伸方向の差に基づくものなどそのほかにも種々の原因があるものと考えられ、これらが複雑に重なりあったためである。第9図は各試料の1,050°C油焼入したものとCRD(1)の975°Cより油焼入したものの変形率の比較結果を示



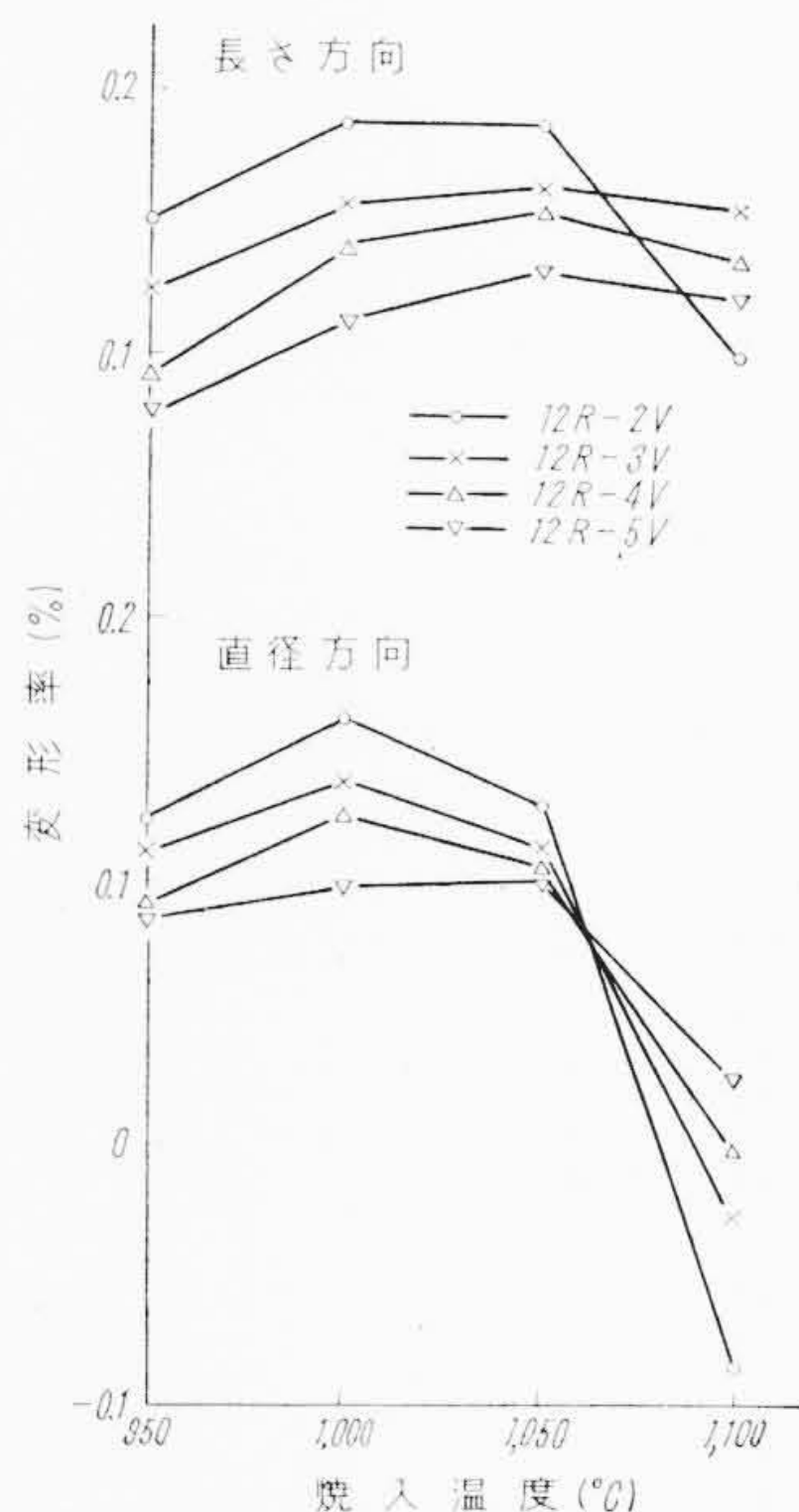
第 7 図 焼戻温度と硬度の関係



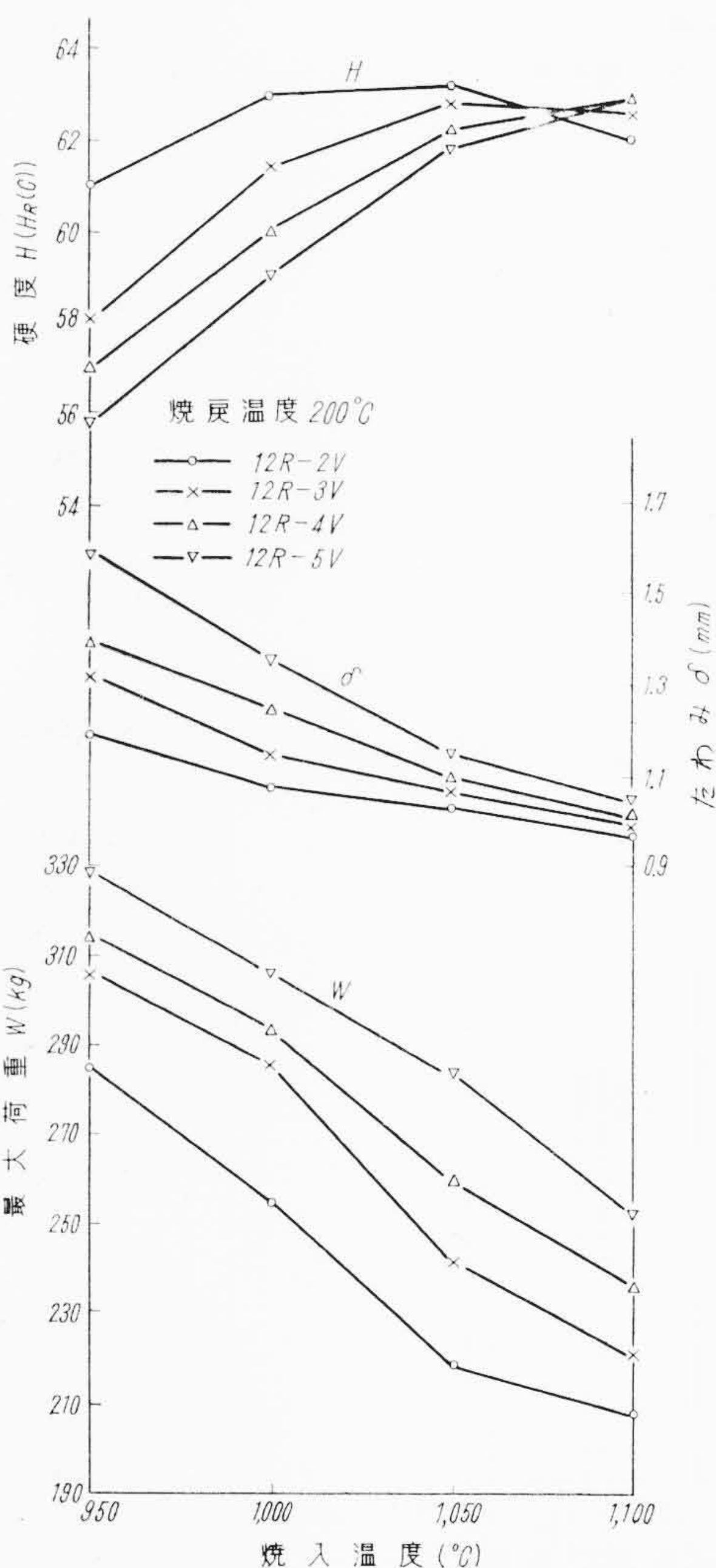
第 10 図 焼戻温度と変形率の関係(直径方向)

す。V 量の多いものほどその変形率は小さくなり、また高 V 量のものでは CRD (1) より変形率は小さい。

つぎに第 10 図は前述の油焼入した各試料を 100~700°C にて焼戻

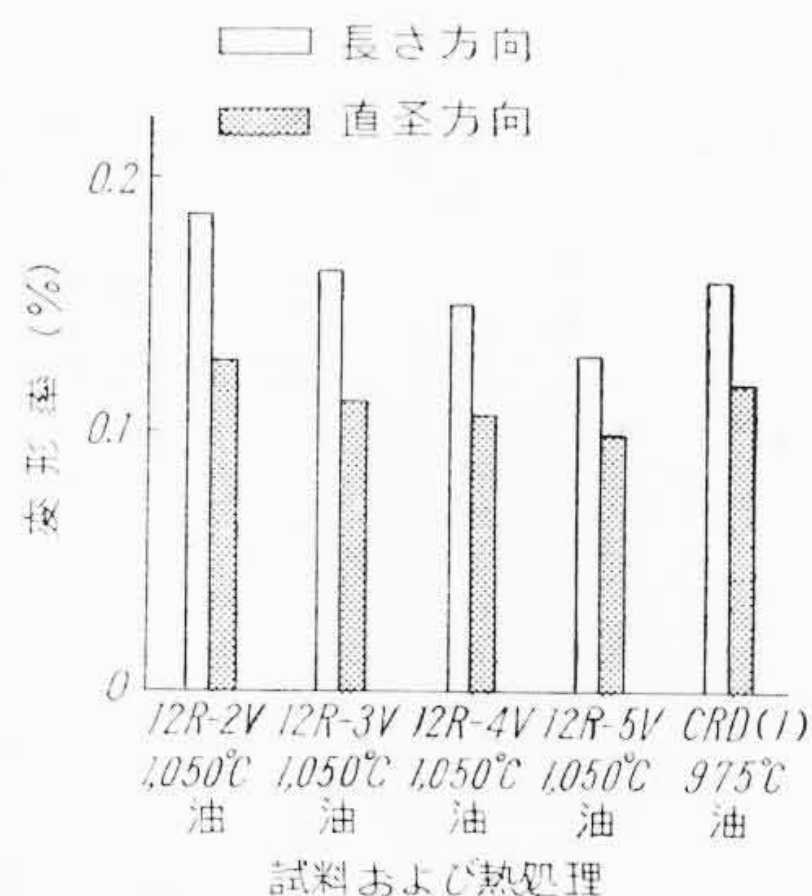


第 8 図 焼入温度と変形率の関係



第 11 図 焼入温度と硬度およびじん性の関係

したのちにおいては摩耗が定常状態となる⁽⁷⁾。また一方試料仕上面の差により摩擦当初においては局部的な部分摩擦を起し全面摩擦に達するにはある程度の摩擦が行なわれた後である。以上のことより 12R-2V 試料を用い、予備実験を行ない、 7×10^4 回転以上においてはほ



第 9 図 各試料の変形率比較結果

した場合の直径方向における変形率を示す。いずれも 200°C までの焼戻しにおいては収縮を示し、それ以上の温度にては 300°C および 550~575°C 付近の 2 段に膨脹を示す。高 C-高 Cr 鋼の焼戻し過程において 2 段に生ずる膨脹はいずれも残留オーステナイトの分解⁽⁶⁾に基くもので各試料および焼入温度によりその膨脹の生起状態が異なるのはそれぞれのオーステナイトの組成ならびに安定度に差異があるためと考えられる。

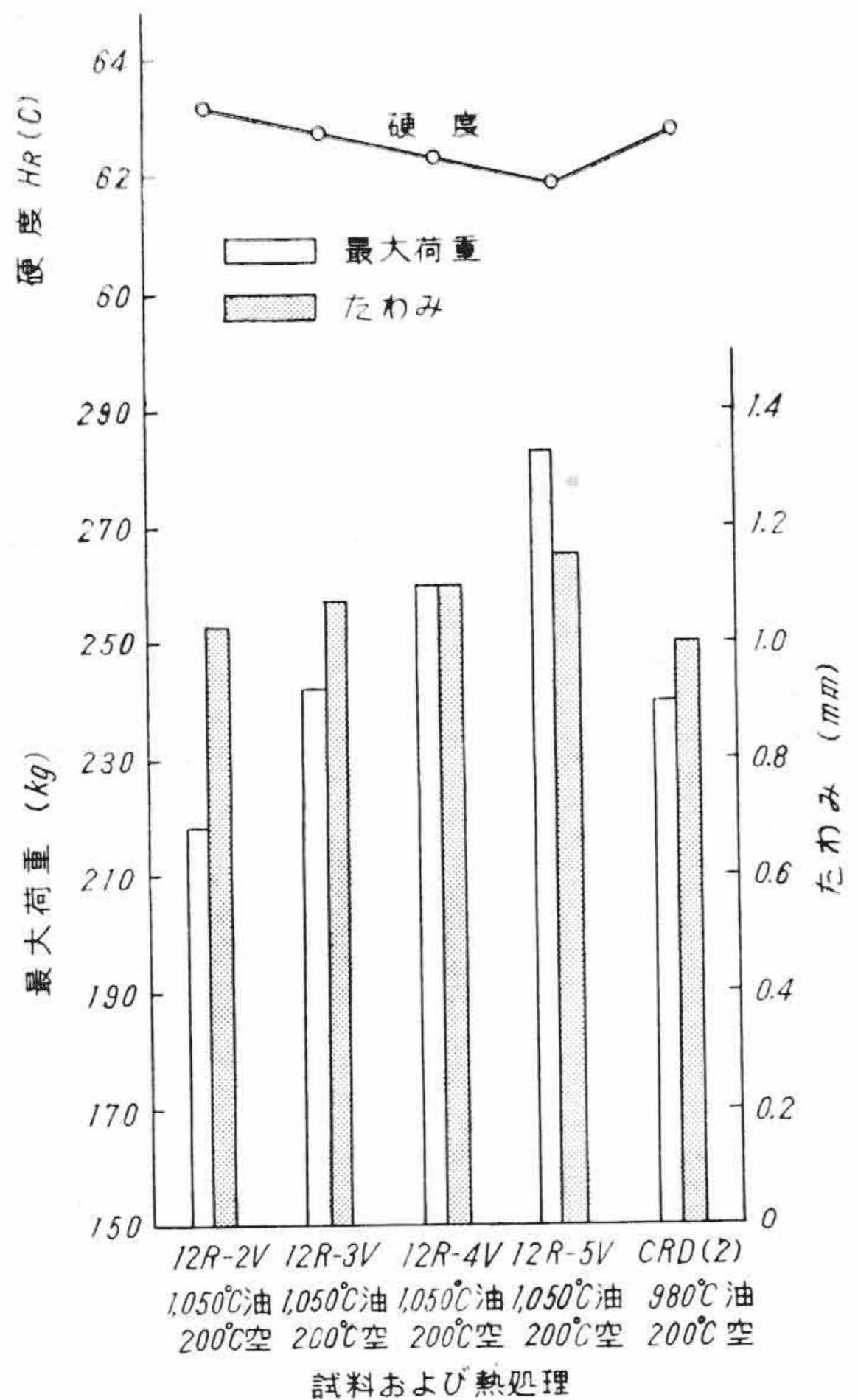
3.4 曲 げ 試 験

第 11 図に各試料の 950~1,100°C 油焼入後 200°C にて焼戻したものの硬度および曲げ試験結果を示す。12R-2V および 12R-3V は焼入温度 1,100°C においてその硬度を低下するが、その他の各試料はいずれも焼入温度の高いものほどその硬度を増す。じん性は焼入温度の上昇とともに漸次減少する。また V 量の多い試料ほどじん性は大きい。次に第 12 図は 1,050°C 油焼入後 200°C にて焼戻した各試料と CRD (2) を 980°C 油焼入後 200°C にて焼戻したものの硬度、最大荷重およびたわみを比較したものである。すなわち V 量の多いものは CRD (2) に比較してそのじん性はすぐれた結果を示す。

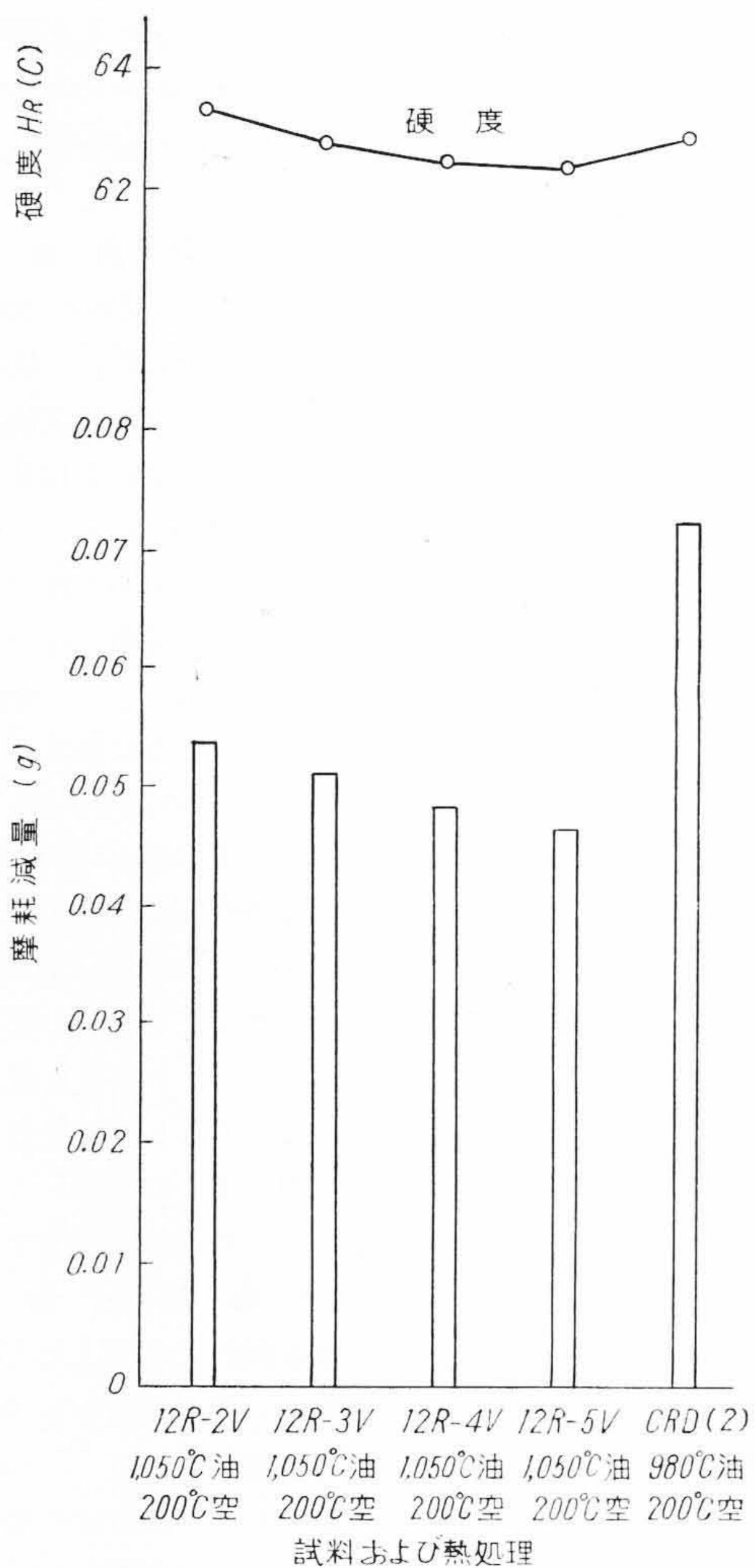
3.5 摩 耗 試 験

摩擦面直下の層は加工硬化と摩擦熱およびふん開気などの影響によって漸次変質し、いわゆる初期摩耗においては摩耗が変化する。

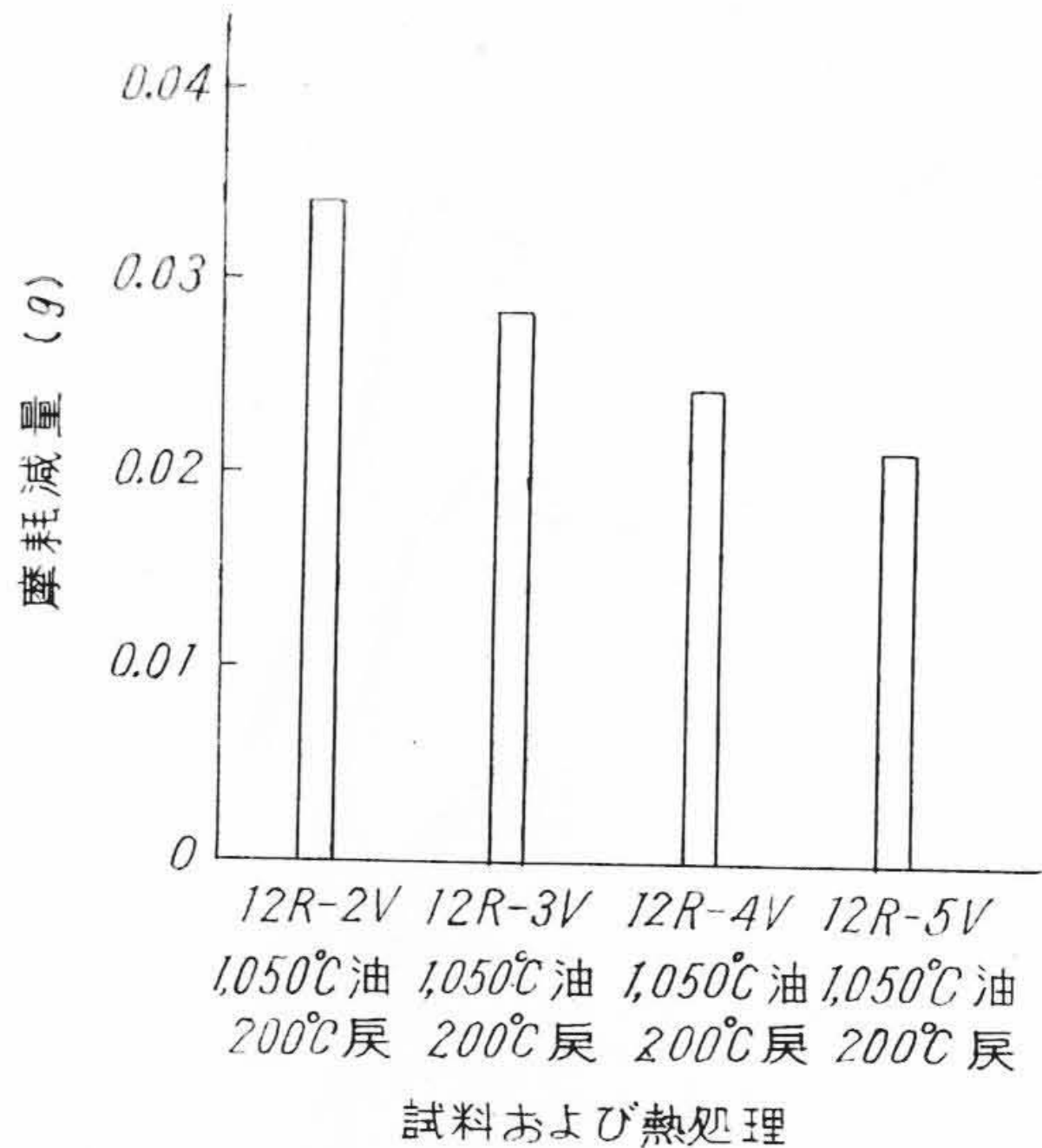
しかしてその変質が一定状態に達



第 12 図 各試料のじん性比較結果



第 13 図 各試料の摩耗減量比較結果



第 14 図 CRD が 0.05 g 摩耗するのに対する
各試料の摩耗量

ぼその摩耗減量が一定となることを確かめた。よって 7×10^4 回転後の重量を基準として摩耗減量を計量した。第 13 図は各試料の 1,050°C 油焼入後 200°C 焼戻したものおよび CRD (2) の 980°C 油焼入後 200°C 焼戻したものにつき同一試料を組合わせ 7×10^4 基準回転摩擦後いずれも 6×10^4 回転摩擦した場合における上下試料の摩耗減量の和およびその硬度を示す。すなわち V 量の多い試料ほどその摩耗減量は少なく、また各試料とも CRD (2) に比較してその摩耗減量は少ない。つぎに第 14 図は各試料を 1,050°C 油焼入後 200°C にて焼戻したものと CRD (2) を 980°C 油焼入後 200°C にて焼戻したものとを組合わせ、前述と同様 7×10^4 回転後の重量を基準として回転数 6×10^4 の場合における値より CRD を 0.05 g 摩耗せしむるに要する各試料の摩耗量の比較を示す。すなわち V 量の多い試料ほどその耐摩耗性はすぐれている

4. 結 言

高 C-12 Cr-Mo 鋼の熱処理特性、変形率、じん性および耐摩耗性などに及ぼす V2~5% 添加の影響についてしらべるとともに高 C-高 Cr 鋼 CRD との比較を行なった。V 添加により各変態温度は上昇し、焼入温度を高温側に移行する。また残留オーステナイト量も少ない。焼入温度としては 1,050°C 付近が適当である。変形率は V 量の多いものほど小さく焼戻しにおいては残留オーステナイトの分解により 2 段に膨脹を生ずる。つぎに V の添加はじん性および耐摩耗性を向上し CRD と比較した場合その耐摩耗性はすぐれたる結果を示した。

参 考 文 献

- (1) 小柴, 清永: 日立評論 42 (1960), 3, 97
- (2) 小柴: 特殊鋼 79 (昭 27-11, 日立評論社)
- (3) 大屋: 金属の研究 7 (1930) 84
- (4) 小柴: 特殊鋼 81 (昭 27-11, 日立評論社)
- (5) 大屋: 金属の研究 7 (1930) 11, 615
- (6) 根本: 日立評論別冊 16 (1956), 41
- (7) 朝倉: 金属の摩耗 31 (昭 23-12, 丸善出版社)