

熱間工具鋼 YPD について

On the Hot Work Tool Steel YPD

稲 田 朝 雄*
Asao Inada

内 容 梗 概

熱間工具鋼 YPD について熱処理特性、変形率、機械的性質および耐酸化性などについて調べた。

焼入温度は 1,030°C 付近、焼戻温度は 600~650°C が適当であり、すぐれた焼入性を示し、恒温変態速度はおそい。焼入温度の高いものほど変形率は膨張を示す。また 1,030°C 油焼入後 650°C にて焼戻したものの熱間機械的性質は試験温度 700°C において引張強さ 45.0 kg/mm²、伸び 30%、絞り 77%、衝撃値 20.5 kg・m/cm² の値を示す。

1. 緒 言

熱間工具そのほか各種の用途に用いられている熱間工具鋼 YPD について、その熱処理特性、変形率、機械的性質および耐酸化性などについて調べた結果を報告し、本鋼種使用上の参考に資する。

2. 試 料

試料は 10 t 電弧炉にて溶製し、これを 17 mm 角に鍛造し 750°C にて焼鈍した。第 1 表に化学成分を示す。

第 1 表 試料の化学成分 (%)

試 料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V
YPD	0.29	0.28	0.47	0.013	0.008	2.45	2.14	1.04	2.58	0.10
DAC	0.37	1.03	0.37	0.018	0.009	—	4.89	—	1.45	0.94

第 2 表 変態温度測定結果 (°C)

加 熱	炉 冷	空 冷
761~803	508~449	317~189

3. 実験方法および結果

3.1 変 態 点

7φ×70 mm の試料を用いて佐藤式熱膨張計により測定した。オーステナイト化温度は 1,030°C であり、加熱および炉中冷却速度はいずれも 5°C/min である。

第 2 表に変態温度測定結果を示す。すなわち加熱および炉冷した場合の変態温度はかなり低い。これは多量に含有する Ni の影響と考えられる⁽¹⁾。

3.2 焼入、焼戻硬度と組織

15φ×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ロックウェル硬度計を用いて測定した。

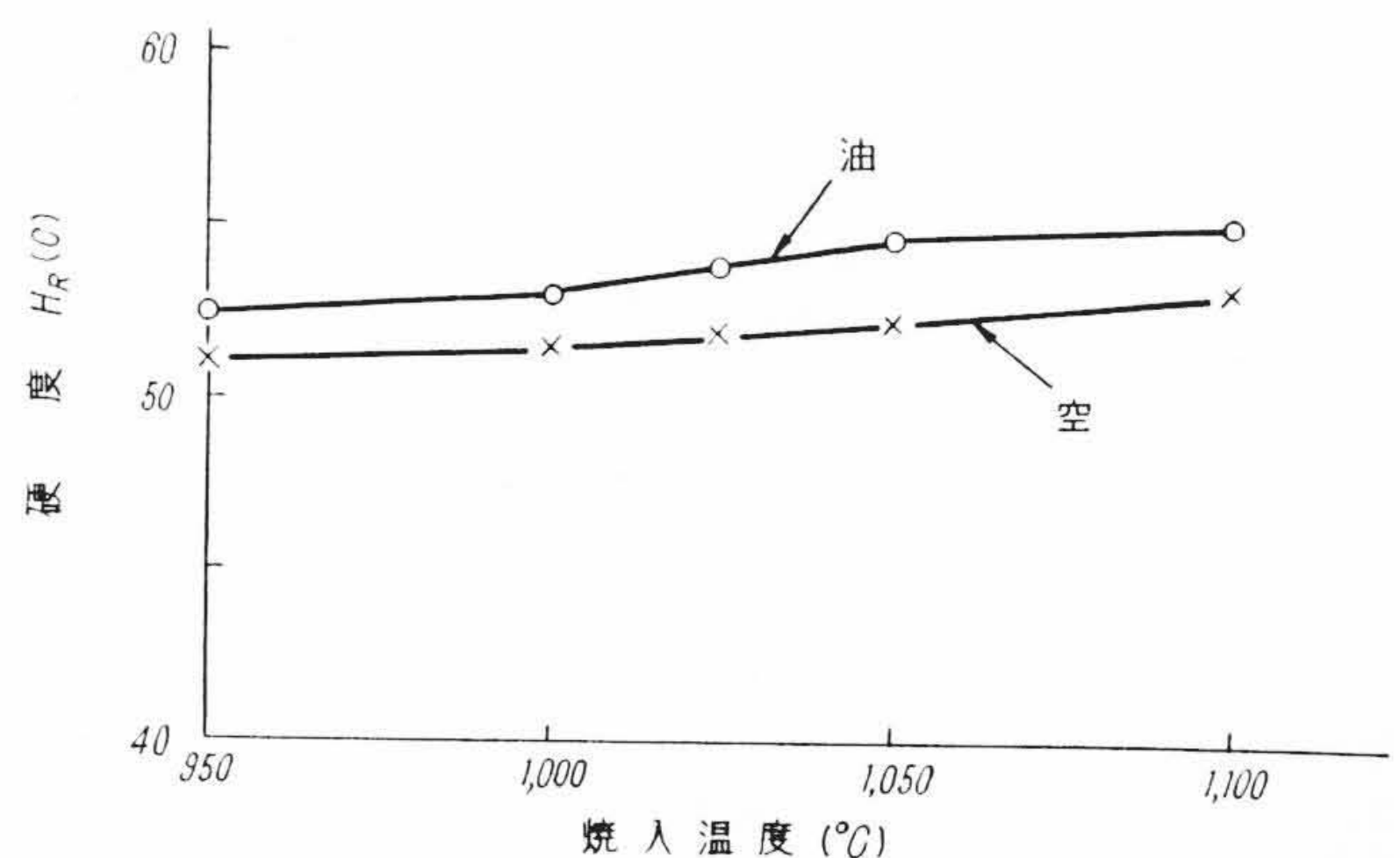
第 1 図にその硬度測定結果を示す。同図より明らかなように焼入温度の上昇に伴い硬度はわずかながら高い値を示す。そして空冷のものに比較して油焼入したものは、いずれの場合においても、その硬度は高い。

次に 1,000~1,100°C より油焼入したものについて、その組織を調べた。焼入温度の高いものほど、マルテンサイトの針状組織が大きく発達し、その組織はあらくなる。特に 1,050°C 以上の温度で焼入したものにおいては、その傾向が著しく、大きな針状のマルテンサイト組織を示す。

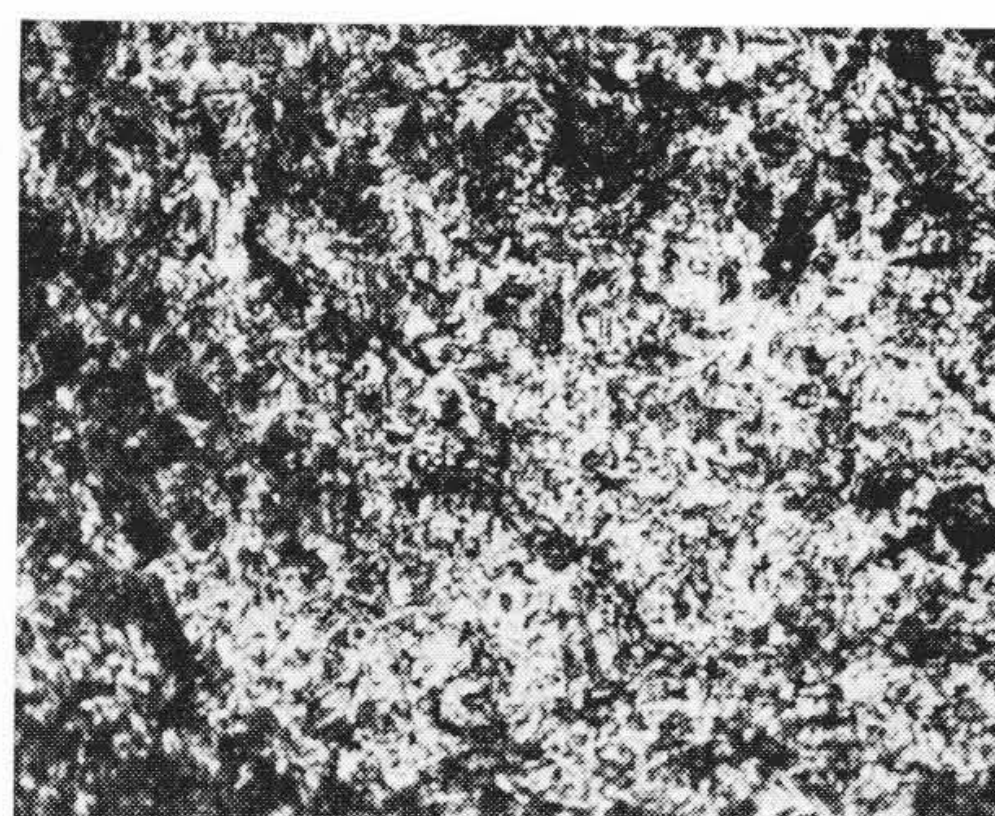
第 2~5 図は 1,000, 1,025, 1,050°C および 1,100°C より油焼入したものの組織を示す。

以上の諸結果より硬度は焼入温度の上昇とともに高くなるが、その組織より焼入温度としては微細なマルテンサイト組織を示すところの 1,030°C 付近が適当と考える。

第 6 図は前述の 950~1,100°C より油焼入した各試料を 300~700°C の各温度に、それぞれ 1 時間焼戻して、そのつど硬度を測定した



第 1 図 焼入温度と硬度の関係



第 2 図 1,000°C 油焼入組織 (×420)



第 3 図 1,025°C 油焼入組織 (×420)

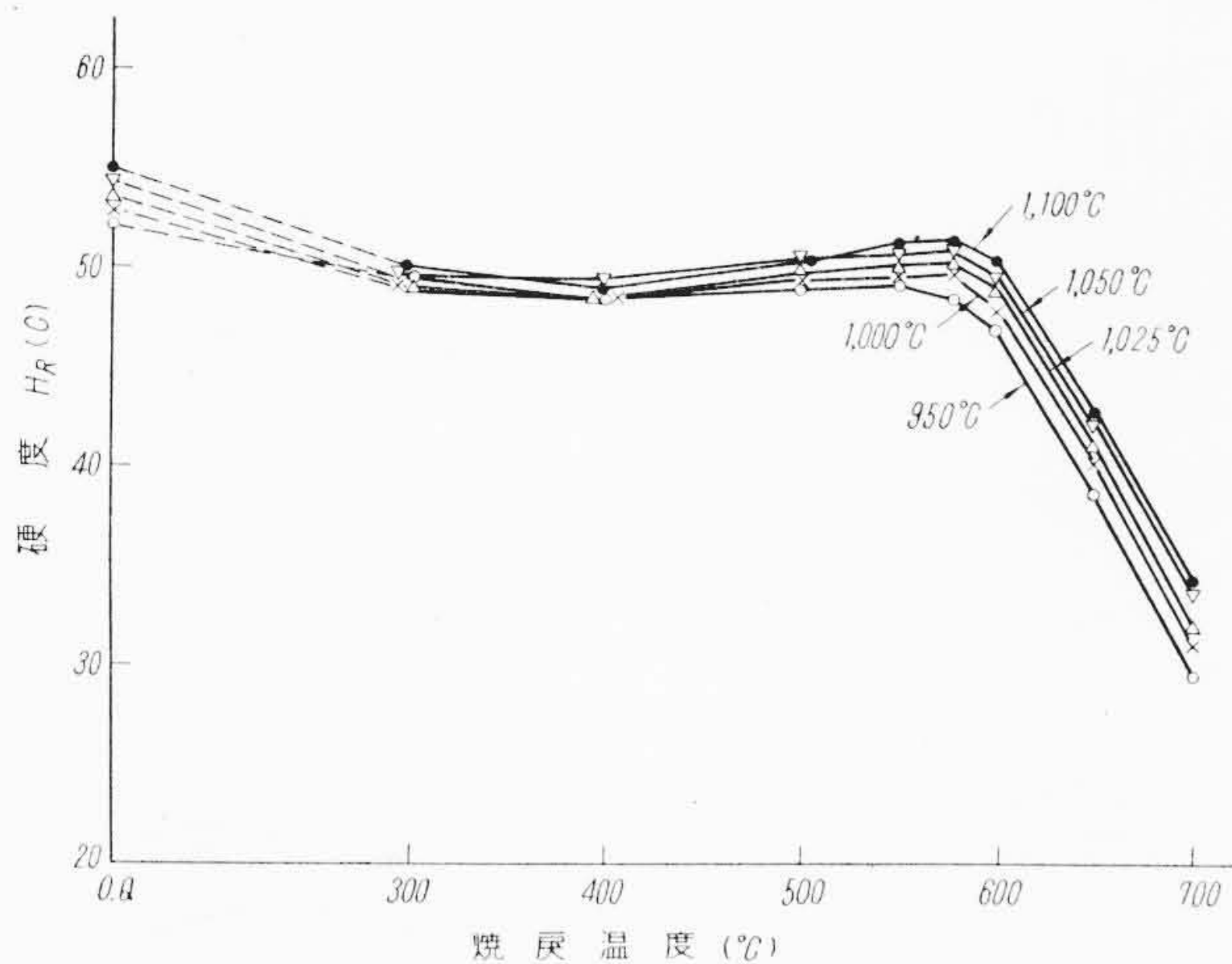


第 4 図 1,050°C 油焼入組織 (×420)

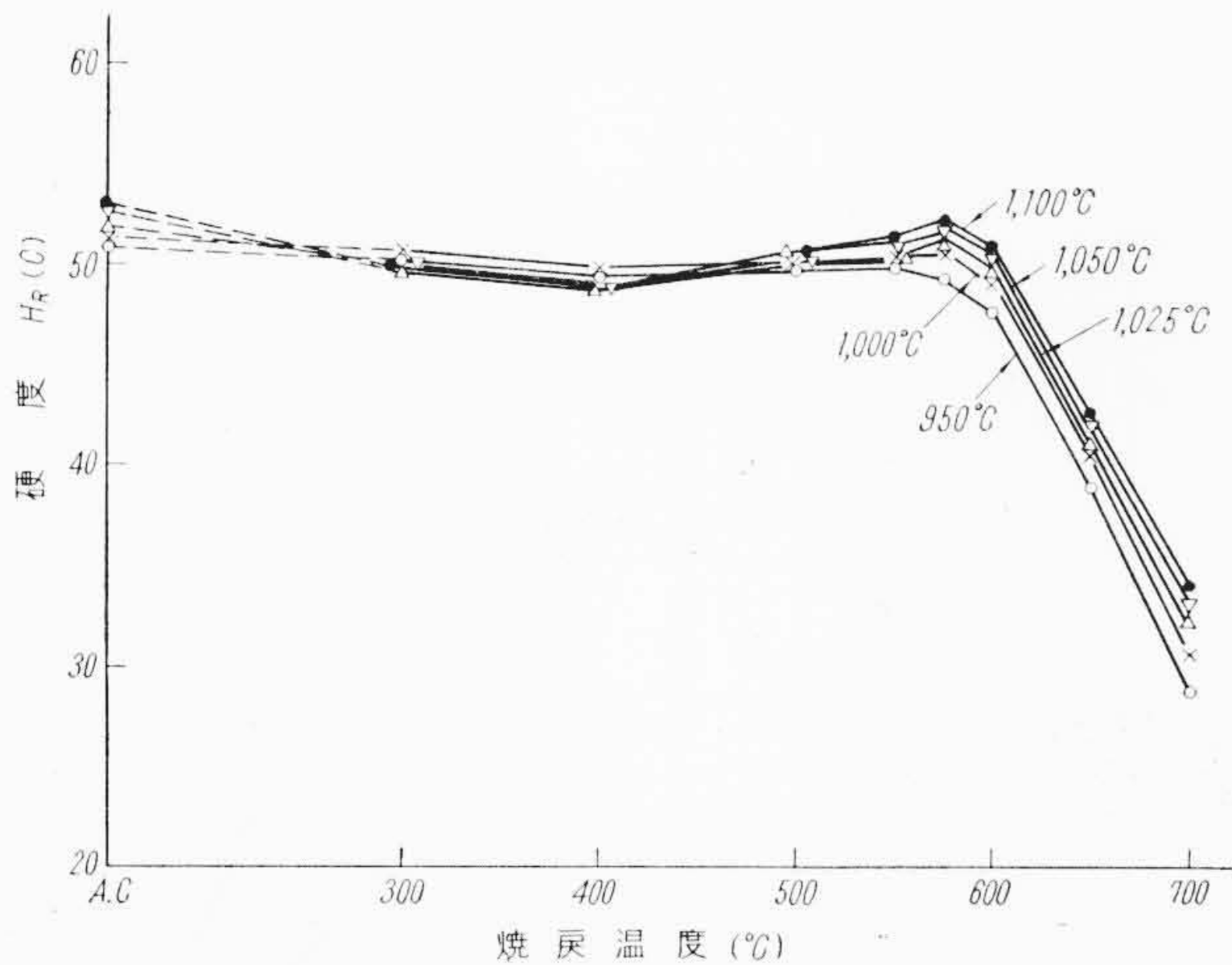


第 5 図 1,100°C 油焼入組織 (×420)

* 日立金属工業株式会社安来工場



第6図 焼戻温度と硬度の関係 (油焼入)



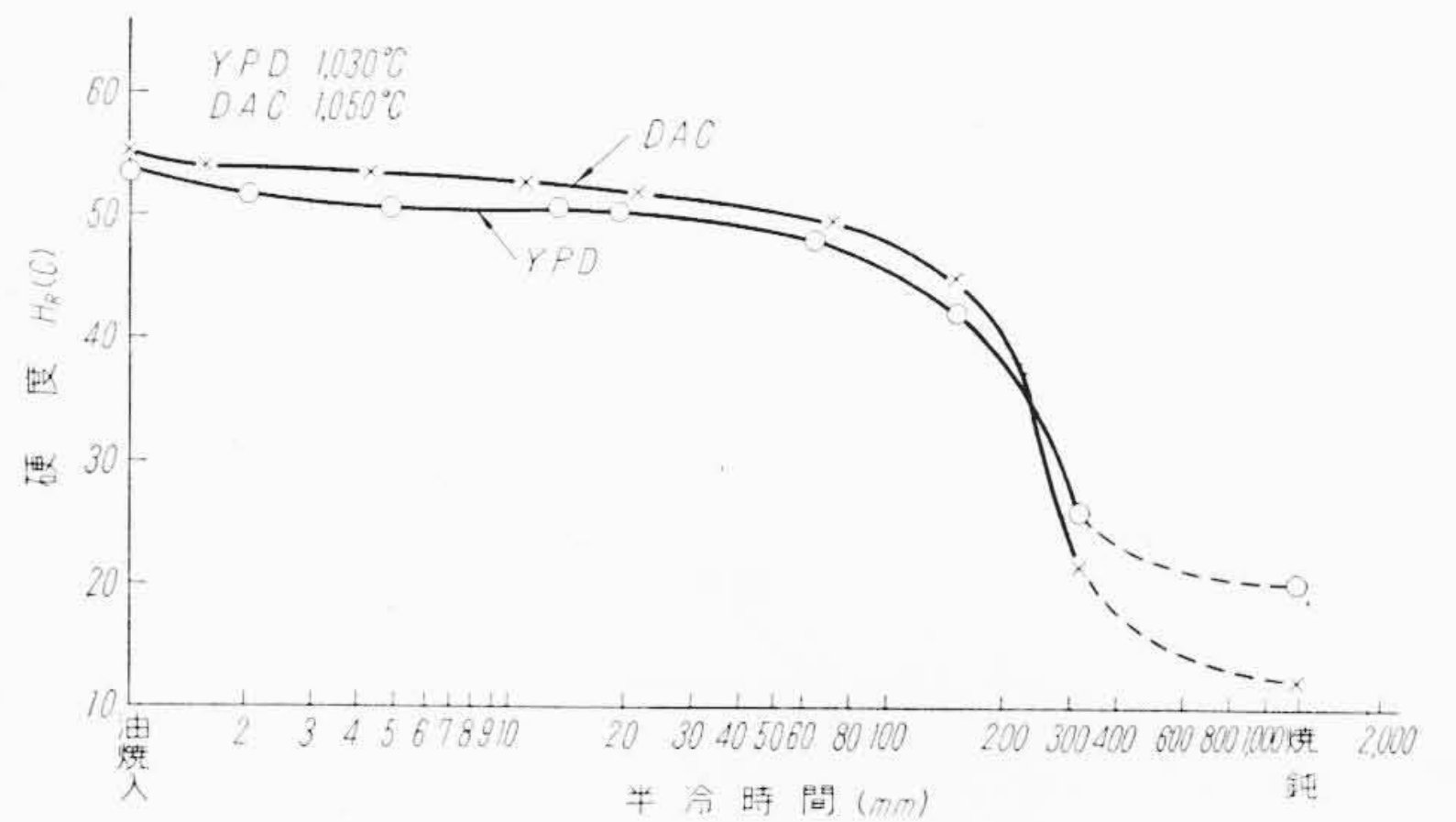
第7図 焼戻温度と硬度の関係 (空冷)

結果を示す。各試料とも焼戻温度400℃付近までは、焼戻温度の上昇に伴いその硬度をわずかに低下する傾向を示す。500～575℃にて焼戻したものは二次硬化現象を示し、その硬度を増す。しかし950℃焼入のものは575℃、さらに焼入温度の高い試料においては600℃以上の焼戻しにより硬度を低下する。

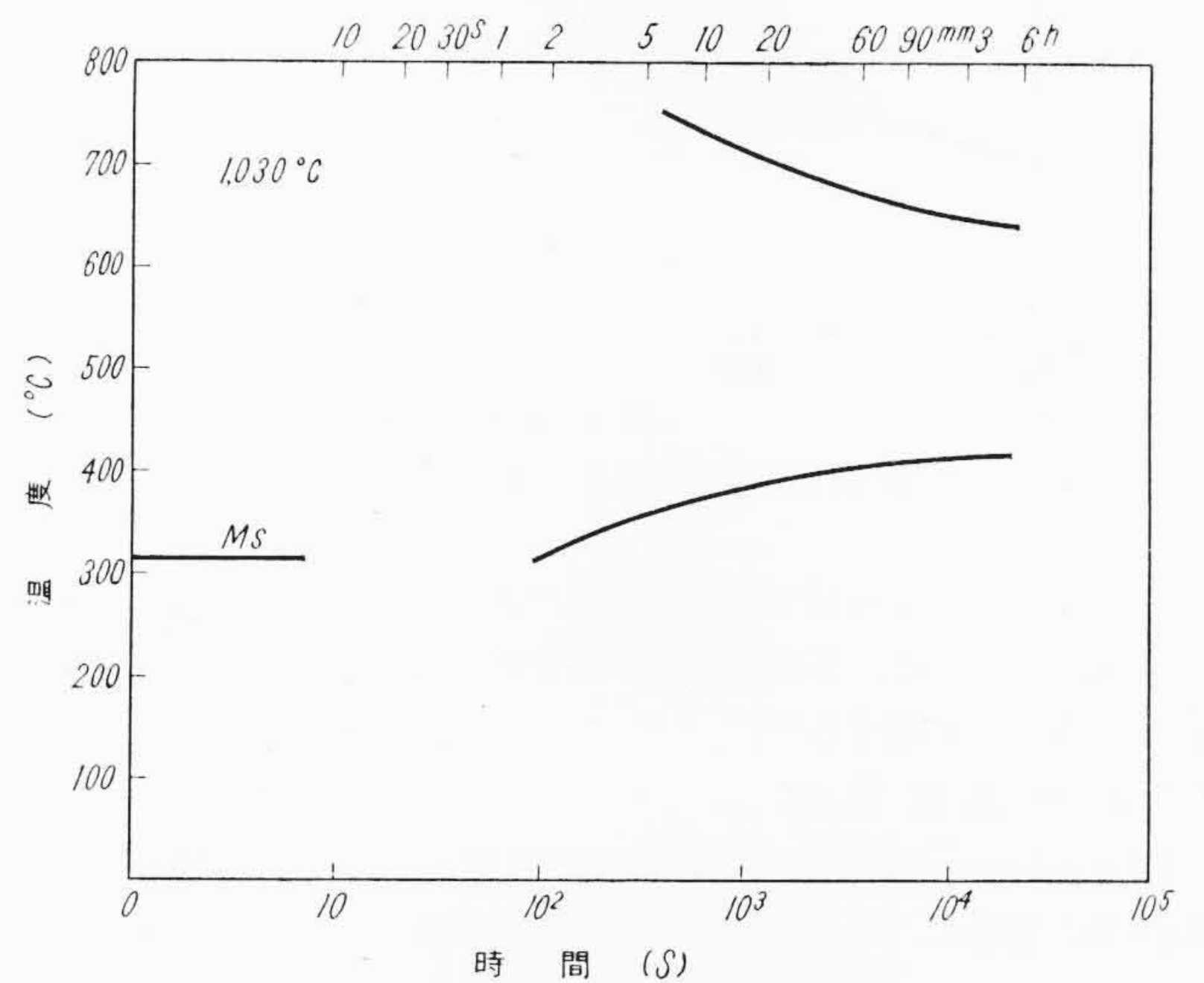
次に第7図は950～1,100℃より空冷したものの焼戻硬度試験結果であるが、前述の油焼入したものとほぼ同様な傾向を示す。

3.3 焼 入 性

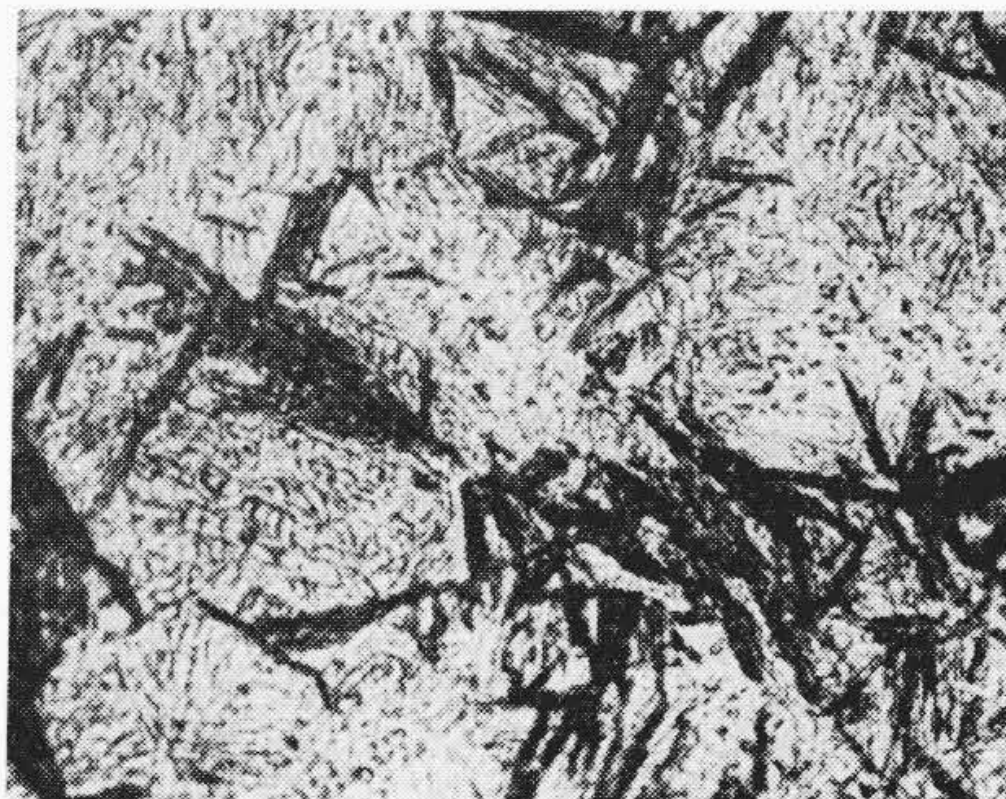
14φ×15mmの試料を用い、1,030℃にてオーステナイト化後空冷したもの、アスベスト中にて冷却したもの、イソライトレンガの容器中で冷却したもの、大、小の炉中で冷却したものなど各種の冷却速度で冷却し、その半冷時間と硬度の関係より焼入性を求めた⁽¹⁾。半冷時間の測定は試料の中央に3φ×6mmの穴をあけ、その中に熱電対をそう入し、冷却と同時に温度と時間の関係を求め、オーステナイト化温度と室温との差の1/2の温度まで冷却するに要する時間を求めた。第8図にその結果を示す。また同図には比較のために第1表に示すような化学成分の5% Cr-Mo-Vダイカスト用型鋼 DACを1,050℃にてオーステナイト化後同様に求めた結果を併記した。



第8図 半冷時間と硬度の関係



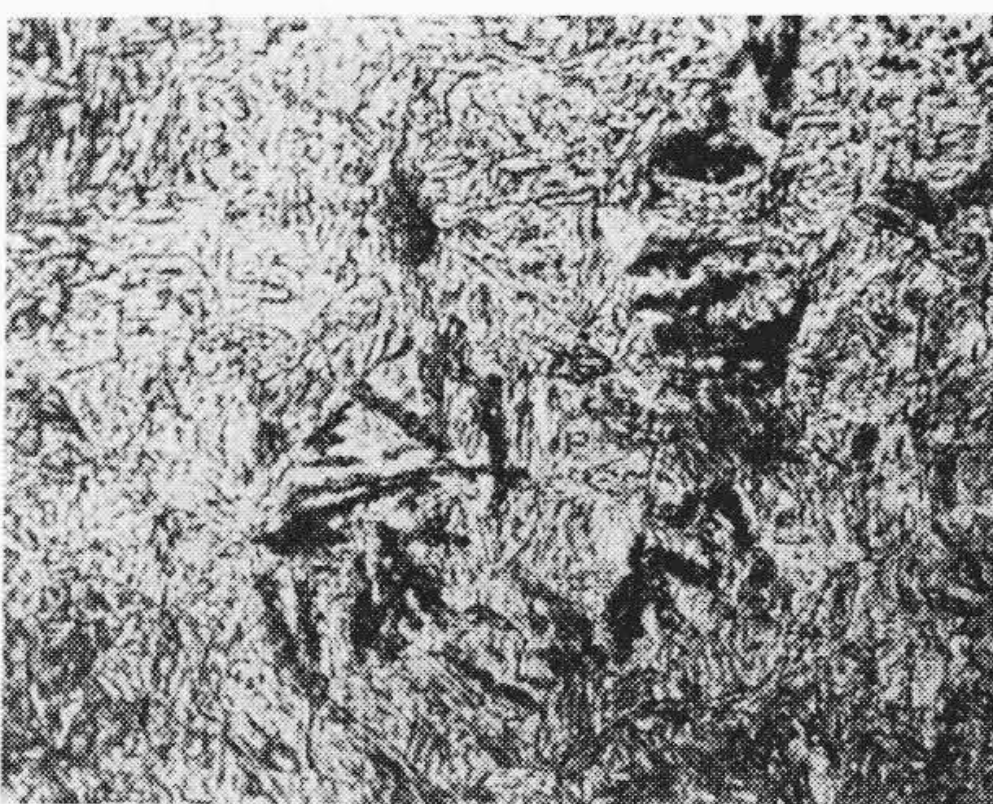
第9図 恒温変態図



第10図 350℃にて10分間恒温処理したものの組織 (×420)



第11図 350℃にて6時間恒温処理したものの組織 (×420)

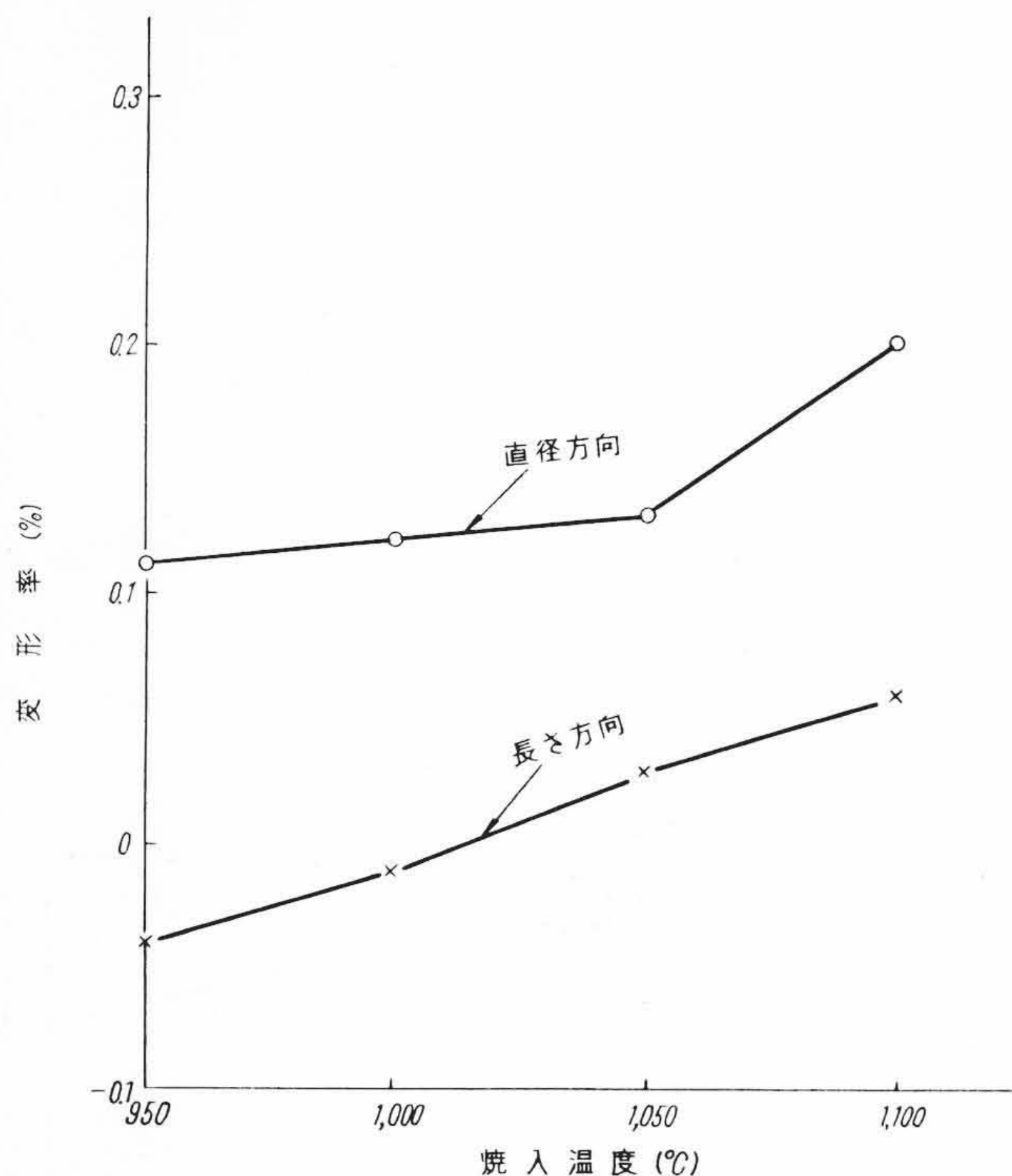


第12図 400℃にて60分間恒温処理したものの組織 (×420)



第13図 700℃にて6時間恒温処理したものの組織 (×420)

すなわち同図より、明らかなように YPD も DAC と同様にその焼入性は大きく、半冷時間約70分でも硬度の低下は少ない。すな



第 14 図 焼入温度と変形率の関係

わち、かなりの太物材でも焼入可能であることを示す。なお本結果の応用については、さきに小柴、清永氏らの研究により明らかにされているので省略する⁽²⁾。

3.4 恒温変態図

10φ×5 mm の試料を 1,030°C で 10 分間加熱後 350~750°C の各恒温浴中に急冷し、その温度に 10 秒~6 時間保持後水冷したものについて硬度および組織を調べ恒温変態図を作製した。第 9 図にその結果を示すがパーライト変態の開始線は、かなり長期間側にあり変態進行速度はおそく本実験のように恒温処理時間 6 時間においては、その変態は終了していない。また約 420~640°C にオーステナイトの準安定区間がある。Ms 点 (316°C) 以上約 420°C の温度区間においてはベイナイト変態を生ずるが、さきのパーライト変態と同様に恒温処理時間 6 時間においては変態は終了しない。

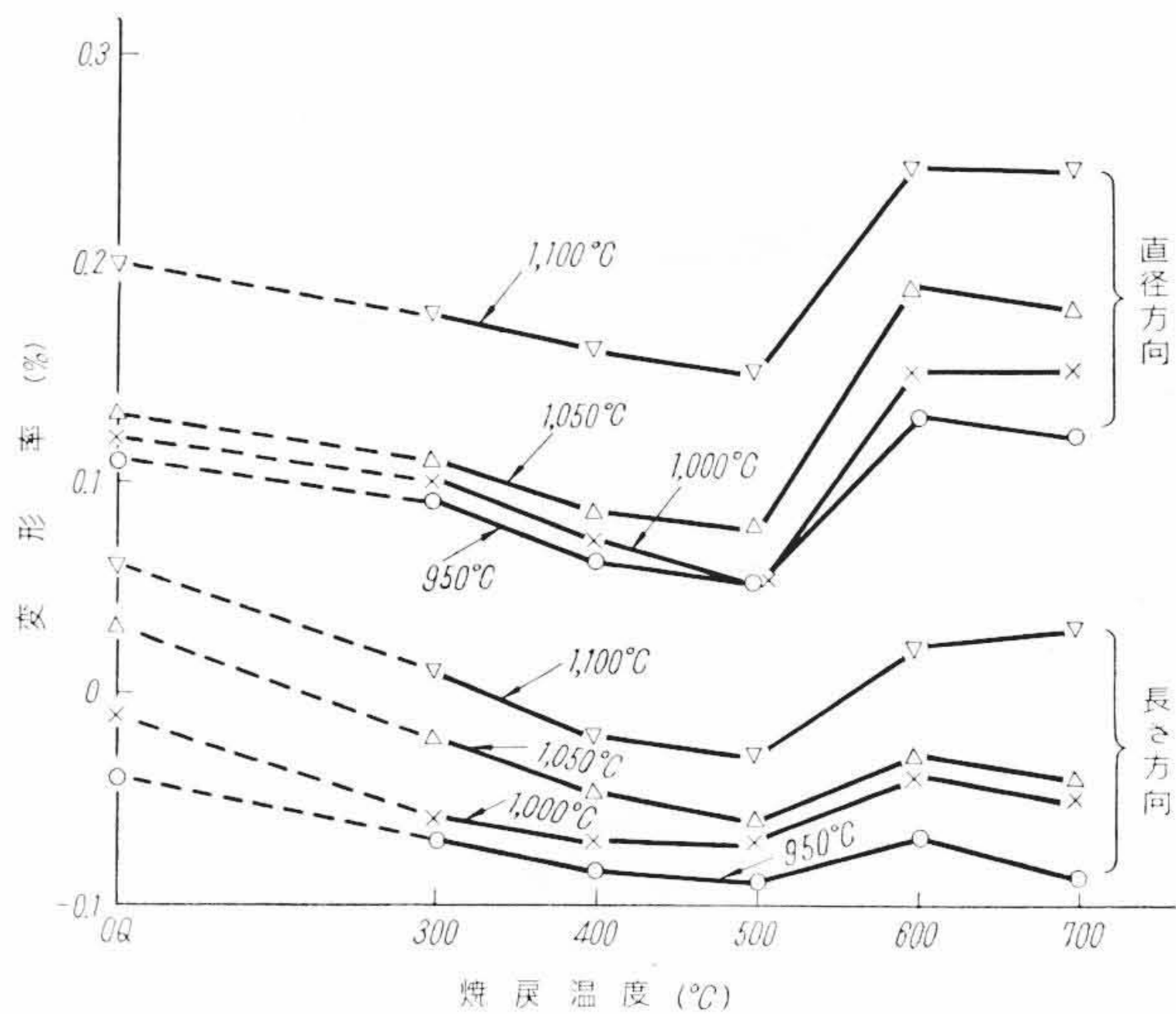
第 10 図は 350°C にて 10 分間恒温処理したものの組織を示すがベイナイト組織が現出しており変態の初期を示す。第 11 図は同じく 350°C にて 6 時間恒温処理したものの組織を示すが前者に比較して変態はかなり進行しており、白色の未変態部分が残存している。第 12 図は 400°C で 60 分間恒温処理したものの組織であり、さきの 350°C で 10 分間恒温処理したものに比較してベイナイト変態の進行は少ない。次に第 13 図は 700°C で 6 時間恒温処理したものの組織を示すが結晶粒界が明瞭に現れており、パーライト変態が一部進行していることを示す。

3.5 変形率

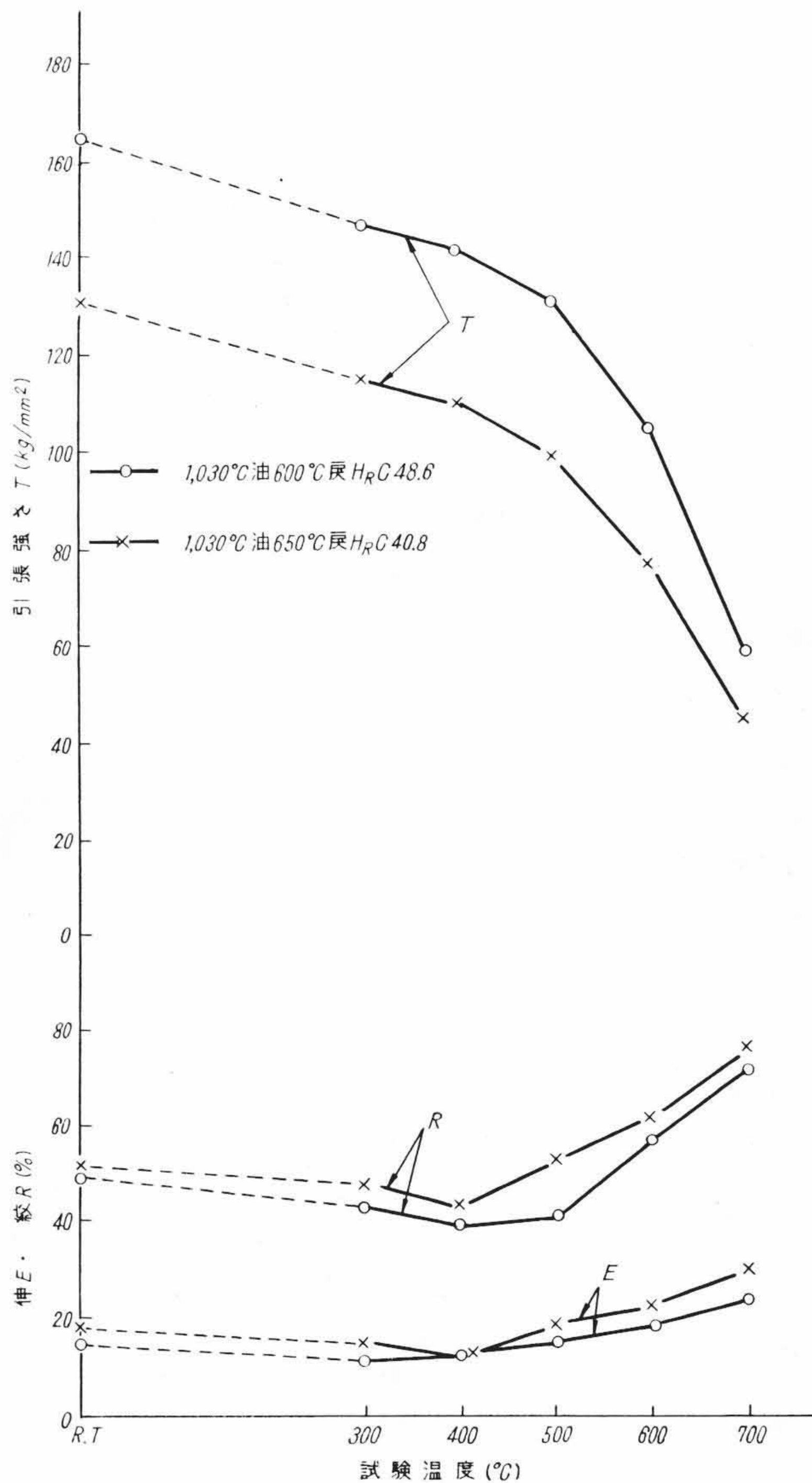
8φ×80 mm (長さ方向が鍛伸方向である) の試料を用い油焼入したもの、およびこれらを 300~700°C で焼戻したものについて直径および長さ方向の寸法をマイクロメータにより測定し焼鈍状態の寸法を基準として変形率を求めた。

第 14 図は 950~1,100°C より油焼入したものの変形率測定結果を示す。焼入温度 950~1,000°C においては直径方向は正の変形を示し、長さ方向は負の変形を示す。そして焼入温度の上昇とともにマルテンサイト化による膨張が著しく、直径および長さ方向ともに膨張するため 1,050~1,100°C より焼入したものは各方向ともに正の値を示す。

次に第 15 図は前述の試料を 300~700°C で焼戻し変形率を測定し



第 15 図 焼戻温度と変形率の関係

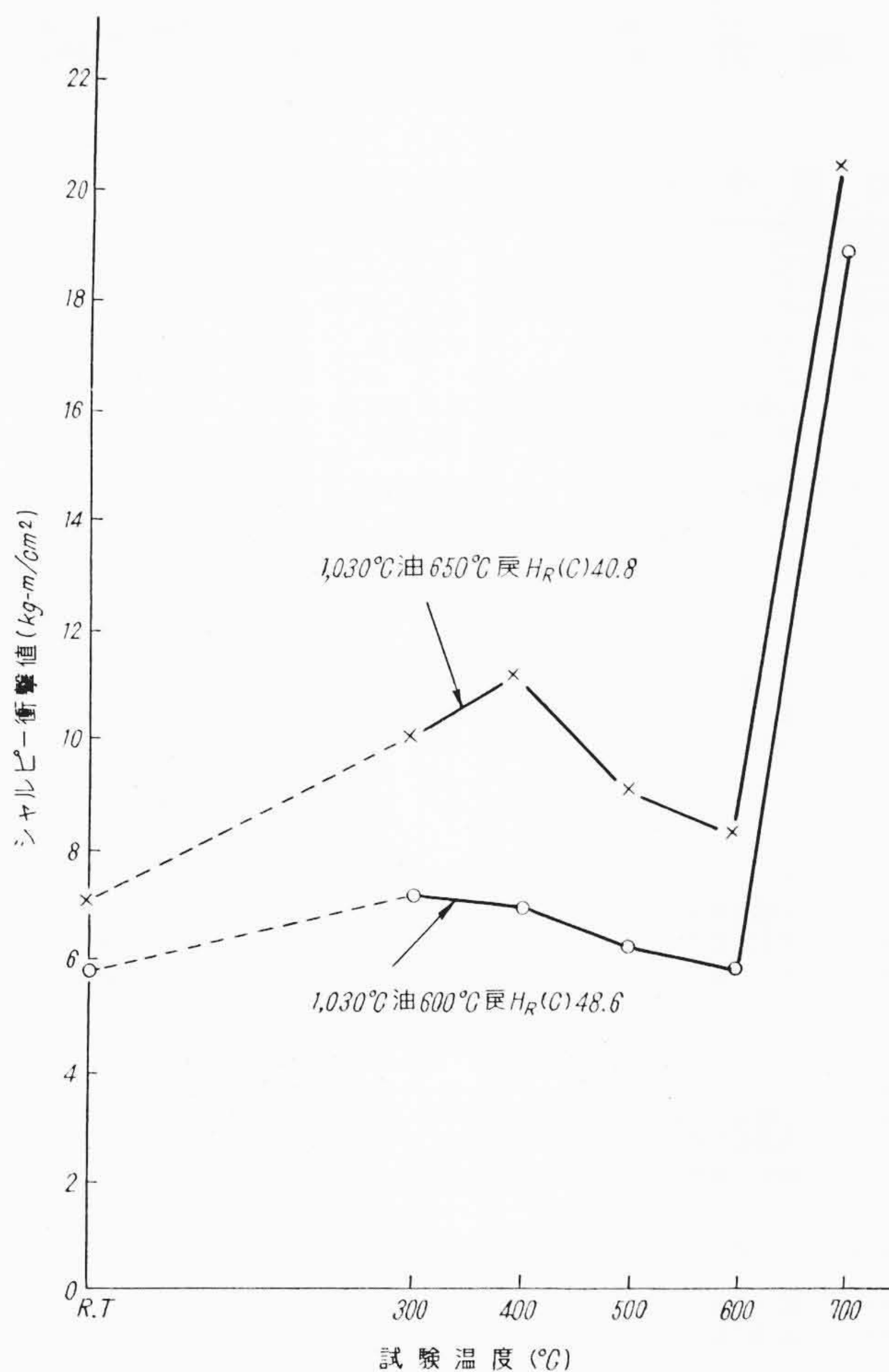


第 16 図 常温および熱間引張試験結果

た結果である。焼戻温度 300~500°C においては温度の高いものほど収縮する傾向を示す。600°C 付近で焼戻したものは残留オーステナイトのマルテンサイト化により急激な膨張を示す。

3.6 常温および熱間における機械的性質

引張試験片 (平行部の径 7.0 mmφ) およびシャルピー衝撃試験片

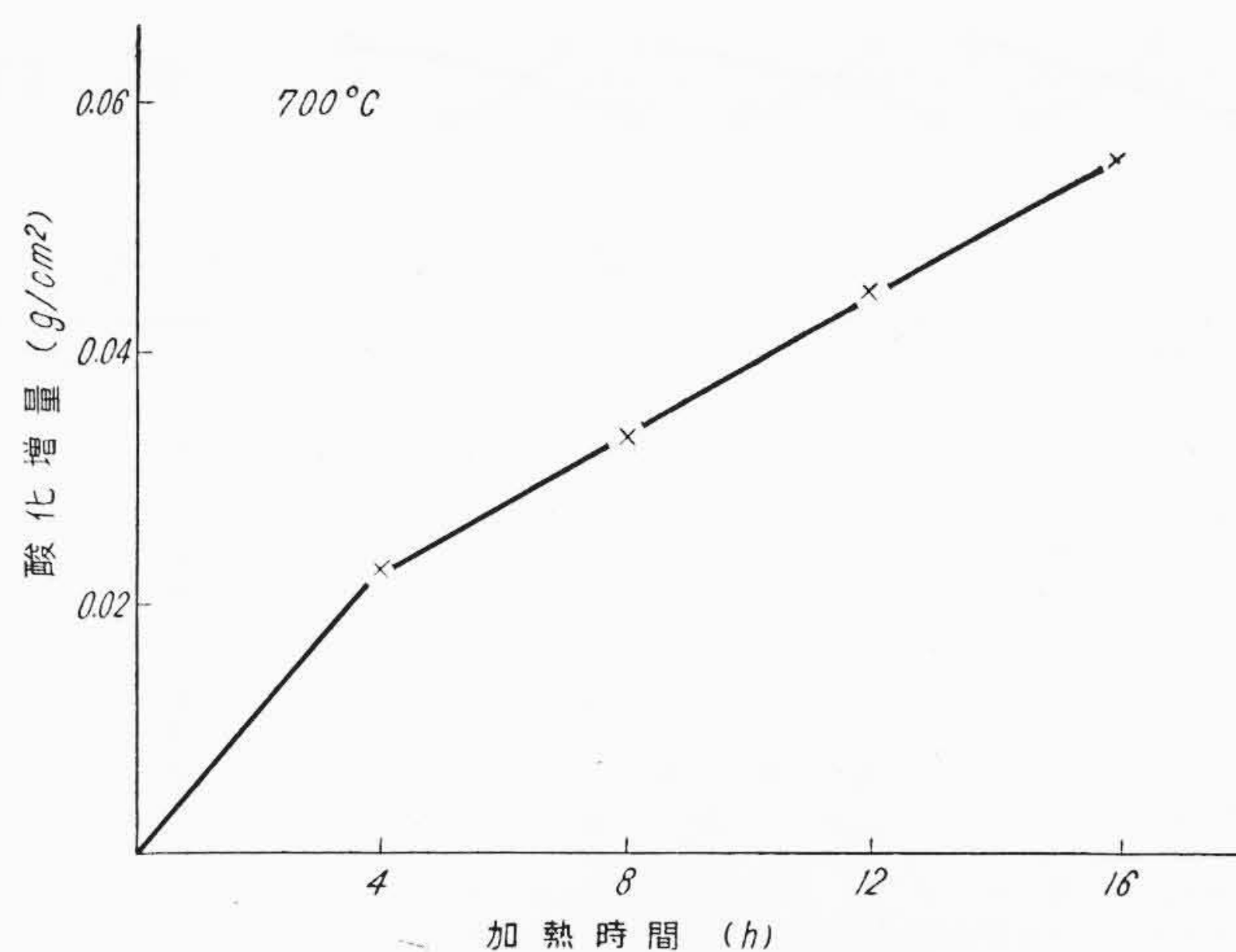


第 17 図 常温および熱間衝撃試験結果

を 1,030°C 油焼入後 600°C および 650°C に焼戻したものについて常温および 300~700°C の各温度で試験した。なお引張試験における加熱時間は 13 分間、衝撃試験においては 15 分間である。

第 16 図に引張試験結果を示す。引張強さは 600°C および 650°C 焼戻のものいずれも試験温度の高いものほど、その値を低下する。しかして 600°C で焼戻したほうが 650°C 焼戻のものに比較して、その引張強さは大きい。伸びおよび絞りはいずれも試験温度 400°C までは温度の高いものほど、その値をわずかに低下する傾向を示し、500°C 以上においてはその値を増す。また 600°C 戻しのものと 650°C 戻しのものを比較した場合伸び、絞りともに 650°C 戻しのもののほうが大きい。

次に第 17 図は同様にして衝撃試験を行なった結果を示す。600°C で焼戻したものは試験温度 300~600°C において温度の高いものほ



第 18 図 加熱時間と酸化増量の関係

ど、その値をわずかに低下し、700°C においては急激にその値を増す。次に 650°C で焼戻したものは試験温度 400°C までは、その値を増すが 500~600°C ではかえって低下する。そしてさきの 600°C 戻しのものと同様 700°C では急激にその値を増す。

3.7 耐酸化性試験

8φ×20 mm の試料を 1,030°C より油焼入し 600°C で焼戻後研摩紙で上仕上げし、ベンゾール、アルコールで脱脂した。

次いで 300°C で加熱し乾燥した磁性るつぽに試料を入れ、そのまま重量を測定し、その値を基準重量とし、電気炉中で 700°C に各 4 時間繰り返し加熱し、そのつど重量を測定し酸化重量を求めた。

第 18 図にその結果を示す。加熱時間を増すに従い、酸化重量は多くなるが、その値は小さい。またその表面にはち密な被膜が生じており、これのき裂あるいははく脱はきわめて少なく良好であった。

4. 結 言

熱間工具鋼 YPD の諸性質について調べた。

(1) 焼入温度としては 1,030°C 付近、焼戻温度は 600~650°C が適当である。焼入性は大きく DAC と同様かなりの太物材の熱処理が可能である。

(2) 焼入温度の高いものほど変形率は膨張を示し、600°C 付近の焼戻しにより膨張する。機械的性質は試験温度の上昇とともに引張強さを低下する。600°C 焼戻と 650°C 焼戻のものとを比較した場合前者のほうが引張強さは大きい、伸び、絞りおよび衝撃値は小さい。またすぐれた耐酸化性を示した。

参 考 文 献

- (1) 小柴：特殊鋼，46（昭 27-11，日立評論社）
- (2) 小柴，清永：鉄と鋼，44，487（1958）

特 許 の 紹 介

最 近 登 録 さ れ た 日 立 製 作 所 の 特 許

特許番号	名 称	氏 名	特許年月日	特許番号	名 称	氏 名	特許年月日
284672	両 方 向 雑 音 抑 圧 回 路	田 島 巖	36. 10. 5	285633	デ ィ ー ゼ ル 機 関 の 燃 焼 室	加 藤 孝 雄	36. 10. 25
284673	パラメトロンにおける発振信号極性制御装置	田 村 秋 雄	"	285634	水力機械用熔接ケーシングの据付法	藤 孝 一	"
284674	広帯域負性インピーダンス変換器	田 高 安 立	"	285635	直 流 電 磁 石	井 根 元	"
284675	広 角 度 比 率 計 器	田 藤 田 上 沢	"	285636	直通式と自動式の自動転換ブレーキ装置	田 上 八 十 次	"
284676	ス リ ッ ト 装 置	田 井 吉 渡	"	285637	軸 封 装 置 の 改 良	田 井 島	"
284677	背 圧 タ ー ビ ン 運 転 装 置	川 柳 正	"	285638	気柱の共振を利用した粉体輸送装置	相 大 武 夫	"
284679	放電管装置における電源電圧変動補償装置	柳 木 修 蔵	"	285639	昇 降 機 扉 開 閉 装 置	加 藤 清 次 郎	"
284680	デジタル形テレメータの送信装置	野 小 池 松	"	285640	多 軸 車 両	村 田 弘 太 正	"
284681	微 細 な 格 子 構 体 の 工 作 法	菊 比 良 藤 善 一 郎	"	285641	水 晶 発 振 器	小 増 村 逸 夫	"
284682	薄 板 溶 接 法	比 伊 平 中 竹 佐	"	285642	エ ス カ レ ー タ 安 全 装 置	原 二 見 二 郎	"
284683	熱 電 装 置	井 野 本 藤 猛	"	285643	電 磁 石 装 置	井 上 昌 俊	"
284684	電 気 絶 縁 塗 料	渡 朝 重 忠 知	"	285644	チ ッ プ	若 井 神 昌 史	"
284685	出 中 継 線 装 置	平 井 石 正 国	"	285645	エ ア ブ ッ シ ャ	西 岡 富 夫	"
284686	高周波併用交流アーク熔接装置	光 井 昌 治	"	285646	粉 体 供 給 装 置	金 井 好 延	"
284687	電 気 集 じん	中 古 賀 喜 正 泰	"	285647	大電流用開閉器の可動橋絡接触子支持装置	木 村 子 三	36. 11. 4
284688	射 出 成 形 用 組 成 物	吉 川 信 幹	"	400048	電子流またはイオン電流の照射装置	益 田 五 郎	36. 11. 8
284689	合 成 樹 脂 積 層 板	元 早 木 典 夫	"	286659	洗 濯 機 給 水 装 置	林 村 沢	"
284690	非異方性亜鉄酸塩永久磁石	横 千 海 安	"	286660	洗 濯 機	橋 木 村 塚	"
284691	歯 車 軸 受 装 置	是 江 中 大 田	"	286661	機 械 的 電 気 ろ 波 器	鎌 田 裕 之 孝	"
284692	車 両 用 安 定 装 置	前 谷 木 山 木 川 田	"	286662	電 子 顕 微 鏡 の 電 子 レ ン ズ 系	岡 田 裕 之 孝	"
284693	接 地 相 選 別 継 電 方 式	石 福 小 滝 奥 磯 北 之 寺	"	286663	全階単一呼鉤を有する自動エレベータの並列運転方式	片 桐 信 二 郎	"
284694	水 銀 整 流 器 制 御 装 置	寺 田 進	"	286664	輪 転 印 刷 機 に お け る 方 向 自 在 な 三 角 板 装 置	坂 部 山 柳 清 典	"
284695	ダムを越して生魚をポンプにより降下させる装置	寺 田 進	"	286665	長 巻 多 色 輪 転 印 刷 機	吉 早 田 本 谷	"
284696	静 電 塗 装 法	横 千 海 安	"	286666	電 子 顕 微 鏡 な ど の 軸 調 整 装 置	大 宮 下 島 井	"
284697	電 気 集 じん 器 の 保 護 装 置	内 田 直 中 実	"	286667	電 弧 熔 接 機 の 電 撃 防 止 装 置	高 木 村 延 春	"
284698	鋼板の巻取、巻出用ドラム	和 藤 弥 太 郎	"	286668	原 子 炉 の 黒 鉛 反 射 体 置 置	保 木 江 江 中	"
285317	局 間 中 継 線 障 害 監 視 方 式	安 石 森 村 野 島 川 田	36. 10. 25	286669	電 気 集 じん 装 置	江 中 滝 浜	"
285318	負性インピーダンス両方向端末中継器	是 江 中 大 田	"	286670	静 電 塗 装 装 置	松 守 本 田	"
285319	パルスによる自動制御装置	前 谷 木 山 木 川 田	"	286671	脈 動 流 体 用 熱 交 換 器 置 置	松 守 本 田	"
285320	同 期 変 調 装 置	阿 部 善 右 衛 門	"	286672	真 空 ポ ン プ の 過 負 荷 防 止 装 置	松 守 本 田	"
285321	信 号 受 信 器	吉 建 脇 良 喜 健 一 郎	"	286673	試 液 発 色 装 置	松 守 本 田	"
285322	マイクログ波固体増幅器	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286674	流 体 阻 止 弁	松 守 本 田	"
285323	グランビー形ダンブカーの転傾装置	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286675	回 転 電 機 の 電 機 子 線 輪	松 守 本 田	"
285324	磁 気 的 時 延 装 置	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286676	歯 車 歯 面 の 強 化 成 形 寸 法	松 守 本 田	"
285325	ダ ン プ コ ン デ ン サ	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	236677	原 子 炉	江 中 滝 浜	"
285326	X 線 回 転 断 層 撮 影 装 置	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286678	原 子 炉	江 中 滝 浜	"
285327	永久磁石励磁電子レンズ系	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286679	車 両 用 停 車 検 出 装 置	江 中 滝 浜	"
285328	きわめて薄いPnPまたはnPN接合の製造法	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286680	原 子 炉 用 燃 料 要 素	江 中 滝 浜	"
285329	大気放射能汚染度測定方法	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286681	過 熱 部 を 有 す る 原 子 炉	江 中 滝 浜	"
285330	台 車	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286682	原 子 炉	江 中 滝 浜	"
285331	車 両 用 台 車	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286683	内 燃 機 関 用 始 動 装 置	江 中 滝 浜	"
285332	鉄 道 車 両 用 台 車	田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286684	直 流 電 動 機 の 速 度 制 御 装 置	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286685	沸 騰 水 形 原 子 炉 の 運 転 停 止 法	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286686	鉄 心 入 線 輪	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286687	過 熱 部 を 内 蔵 す る 原 子 炉	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286688	過 熱 部 を 内 蔵 す る 沸 騰 水 形 原 子 炉	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286689	原 子 炉 用 燃 料 要 素	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286690	パ ル ス 発 生 装 置	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286691	湿 式 電 気 集 じん 器	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286692	交 流 電 気 車 の 発 電 制 動 方 式	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286693	し ゅ う 動 弁 式 気 化 器	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286694	過 熱 部 内 蔵 形 原 子 炉	江 中 滝 浜	"
		田 脇 良 喜 健 一 郎	"	286695	電 動 機 の 過 負 荷 表 示 装 置	江 中 滝 浜	"