

## シャープブレード用 Ni-Cr-Mo 鋼および Cr-Mo 鋼の 熱処理による諸性質について

### On the Various Properties Due to Heat Treatment of Ni-Cr-Mo Steel and Cr-Mo Steel for Shear Blade Use

小柴定雄\* 田中和夫\*\* 稲田朝雄\*\*  
Sadao Koshiba Kazuo Tanaka Asao Inata

#### 内 容 梗 概

シャープブレード用 Ni-Cr-Mo 鋼 (安来工場記号 SPK 3) および Cr-Mo 鋼 (安来工場記号 CRM 1) につき確性試験を行った。

その結果恒温変態図において SPK 3 は 650~700°C 間および 300°C 附近にノーズがあり、約 400~550°C の温度区間においてオーステナイトは準安定状態を示す。CRM 1 は 650°C および 450°C 附近にノーズをあらわす。また、いずれもマルクエンチせるものが油焼入のものに比し低温焼戻の場合、等硬度における衝撃値が高い。特に CRM 1 はオーステンパーによりいちじるしく靱性を増す。

#### 〔I〕 緒 言

従来当工場はオースターブレード、シャープブレードなどの特殊双物用鋼として各種成分のものを製造しているが、今回某双物業者の依頼により両者協議の上シャープブレード用鋼として新しく Ni-Cr-Mo 鋼 (安来工場記号 SPK 3) を試作した。また一方従前の Cr-Mo 鋼に比しさらに C 量を増したもの (安来工場記号 CRM 1) をも製造している。本研究ではこれらについて確性試験を行い使用上の参考に資した。

#### 〔II〕 試料および実験方法

試料はいずれも 5 t 弧光電気炉にて熔製後 400 kg 鋼塊に鑄造した。第 1 表にこれらの化学成分を示す。

つぎに SPK 3 は 11 mm φ および 18 mm φ, CRM 1 は 12, 18 mm φ に圧延した後 SPK 3 は 1,000°C にて 30 分焼準後 800°C にて 1.5 時間焼鈍し, CRM 1 は 750°C にて 1.5 時間焼鈍後それぞれ各種試験片に機械加工した。

##### (1) 変態点の測定

7 mm φ × 70 mm の試料を用い本多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 SPK 3 は 950°C, CRM 1 は 850°C とした。

##### (2) 恒温変態図

10 mm φ × 5 mm の試料を用い SPK 3 は 930°C, CRM 1 は 850°C にてそれぞれ 10 分加熱後 200~750°C の各恒温浴に急冷し、その温度で 10 秒~6 時間の各時間恒温処理後 15°C の水中に急冷し硬度および顕微鏡組織を検討した。特に 350°C 以下の温度の場合は熱膨脹計 (試料 5 mm φ × 70 mm) を併用し、これらの総合結果より恒温変態図を作製した。なお恒温浴槽としては 200°C は種油、

第 1 表 試料の化学成分 (%)

試 料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
SPK 3	0.96	0.30	0.57	0.018	0.005	0.73	5.13	0.65	0.15	0.10
CRM 1	0.99	0.24	0.36	0.020	0.005	0.14	0.92	0.18	0.13	0.19

250~550°C は錫浴、600~750°C は鉛浴を用いた。

また Ms 点は本多式熱膨脹計を用い空冷により測定したが、特に CRM 1 においては 250°C 附近まで急冷 (石英管の上より注水) 後空冷した。なお学振法により結晶粒度を測定した。

##### (3) 焼入、焼戻温度と硬度との関係

15 mm φ × 12 mm 試料を用い SPK 3 は 850~1,000°C, CRM 1 は 750~900°C の各温度に 10 分保持後水、油および空冷せるものと、それぞれの油焼入せるものにつき 100~700°C の各温度にて 1 時間焼戻しロックウエル硬度を測定した。

##### (4) 曲げ試験

10 t アムスラ試験機により 5 mm φ × 70 mm の試料を用いスパン 50 mm にて試験を行った。しかして単位面積当りの破断荷重をもつて抗折力とした。

なお各種機械試験片 (抗張試験片および衝撃試験片) はいずれも正規寸法より 0.2 mm 大きく仕上げたものをケース中に、C が 0.99% のドライ粉とともに封入して加熱し、各種熱処理終了後正規寸法に仕上げ試験を行った。

#### 〔III〕 実 験 結 果

##### (1) 変態点生起状況

第 2 表にこれが測定結果を示す。

SPK 3 は CRM 1 に比し加熱変態温度は高いが冷却変態温度はいずれも低い。なお空冷の場合 SPK 3 は Ar'' 変態, CRM 1 は Ar' 変態を生起する。

##### (2) 恒温変態図

第 1 図は SPK 3 の恒温変態図を示すが、図よりあき

\* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

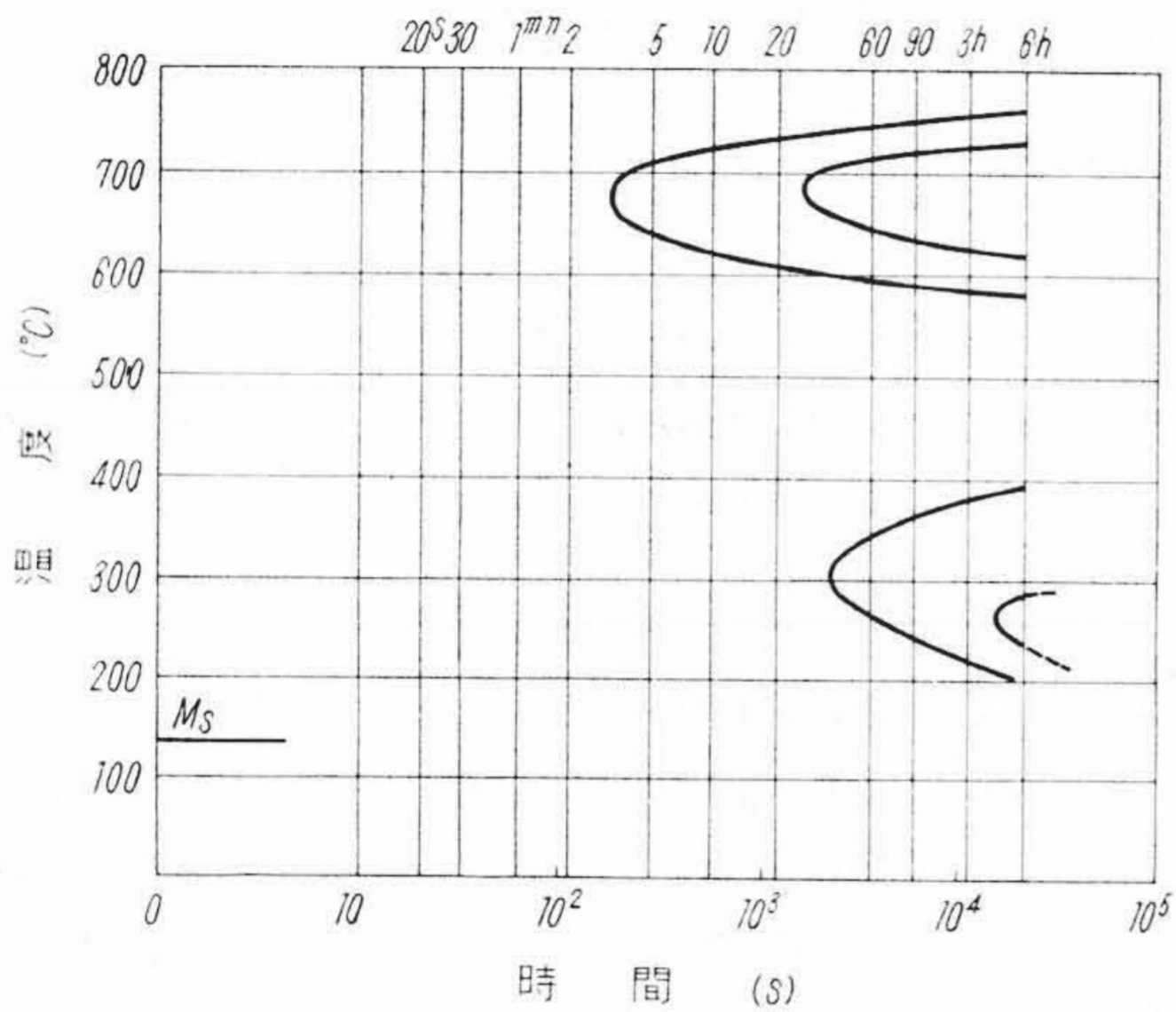
\*\* 日立金属工業株式会社安来工場



らかなように 650~700°C 間および 300°C 附近にノーズがあり、また 400~550°C の各温度においては 6 時間にも変態を生起せずオーステナイトの準安定区間を生じている。

第 2 表 変態点測定結果 (°C)

試 料	加熱変態 (°C)		冷却変態 (°C)			
	開始	終了	炉 冷		空 冷	
			開始	終了	開始	終了
S P K 3	780	814	668	644	138	—
C R M 1	754	791	718	696	478	393

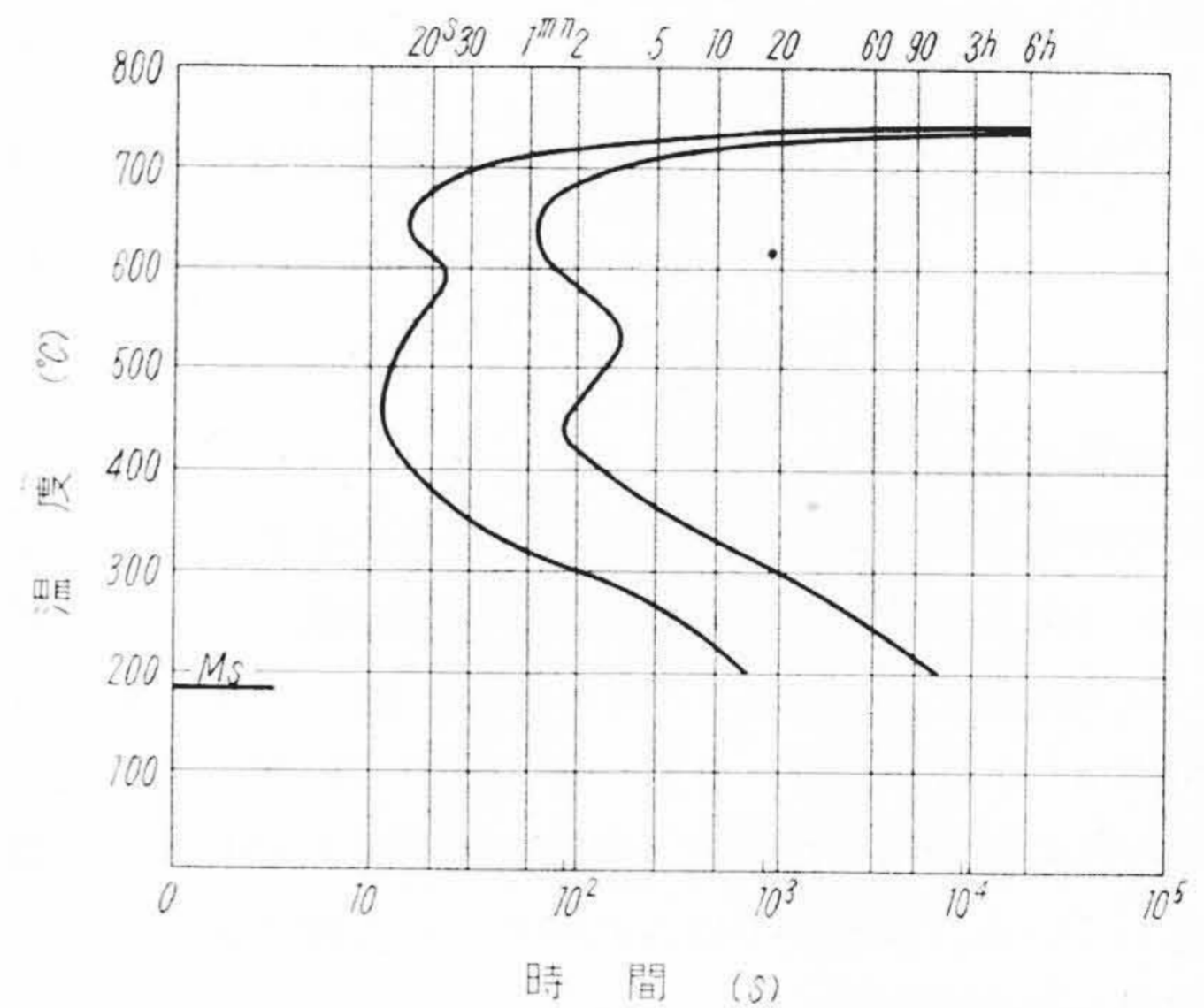


第 1 図 SPK 3 の恒温変態図 (最高加熱温度 930°C, 結晶粒度 Gg 6.0)

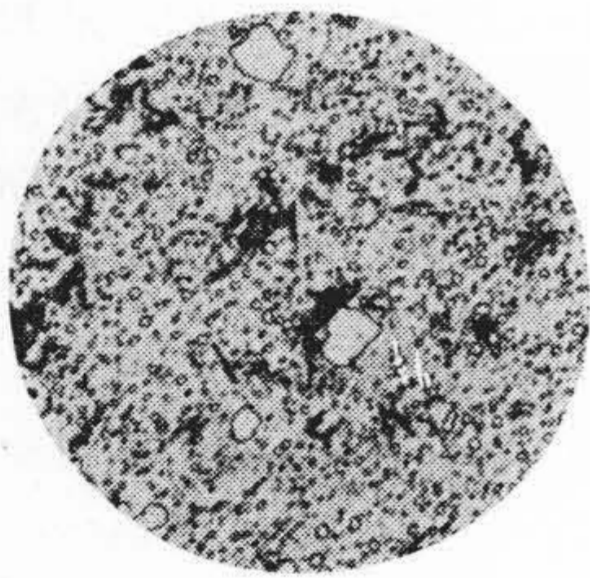
第 2 図および第 3 図は SPK3 の 300°C にて 60 分および 6 時間, 第 4 図および第 5 図は 700°C にて 10 分および 60 分それぞれ恒温処理せるものの組織を示す。

つぎに第 6 図は CRM 1 の恒温変態図を示すが、650°C および 450°C 附近の各温度にてノーズを示す。すなわちこれは Cr, Mo などの元素を含むためであり、前者は複炭化物、後者は Fe<sub>3</sub>C の析出によるものである。

第 7 図, 第 8 図および第 9 図は CRM 1 の 300°C にて 5 分, 450°C にて 20 秒および 650°C にて 1 分, それぞれ恒温処理せるものの組織を示す。

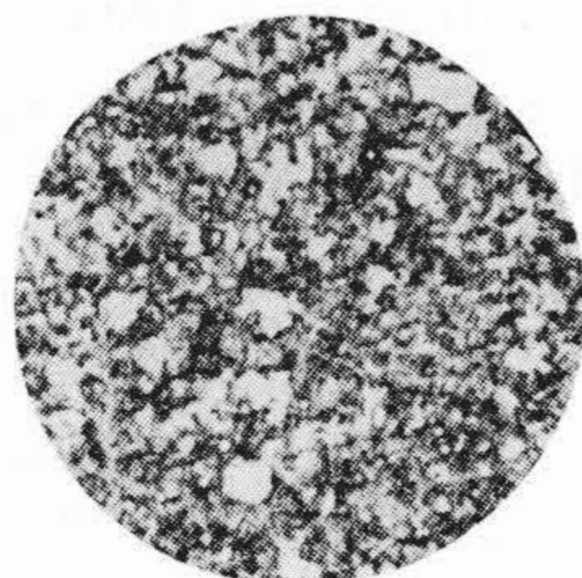


第 6 図 CRM 1 の恒温変態図 (最高加熱温度 850°C, 結晶粒度 Gg 6.5)



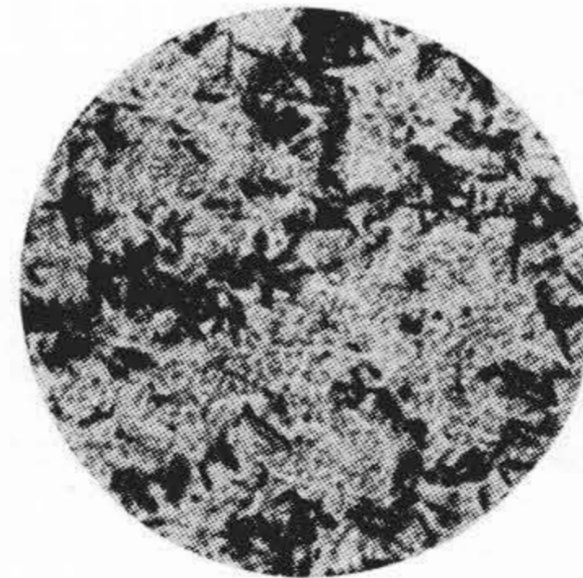
×420

第 2 図 SPK 3 の 300°C にて 60 分恒温処理せるものの組織



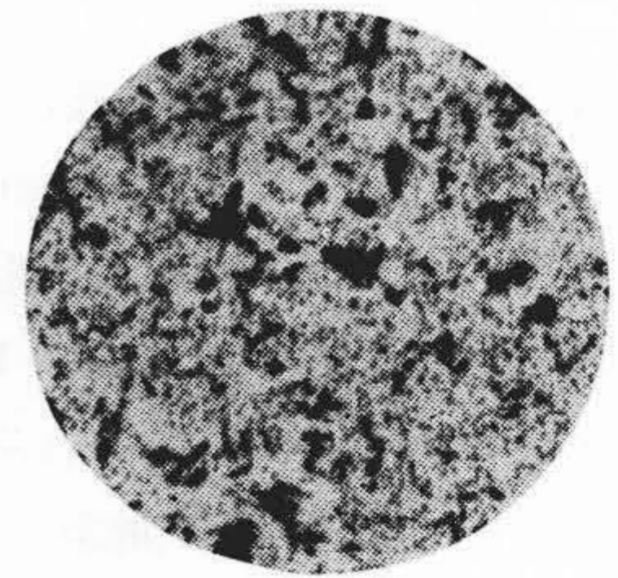
×420

第 3 図 SPK 3 の 300°C にて 6 時間恒温処理せるものの組織



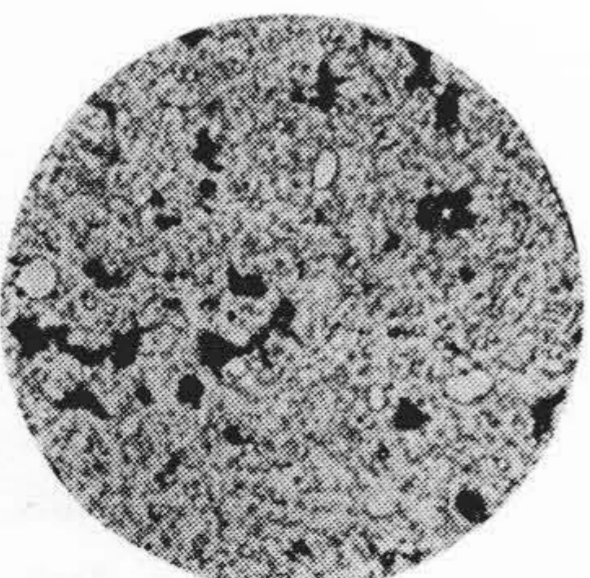
×420

第 7 図 CRM 1 の 300°C にて 5 分恒温処理せるものの組織



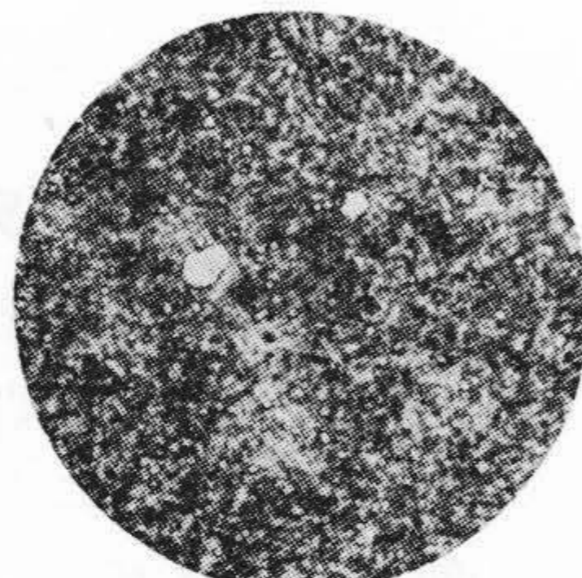
×420

第 8 図 CRM 1 の 450°C にて 20 秒恒温処理せるものの組織



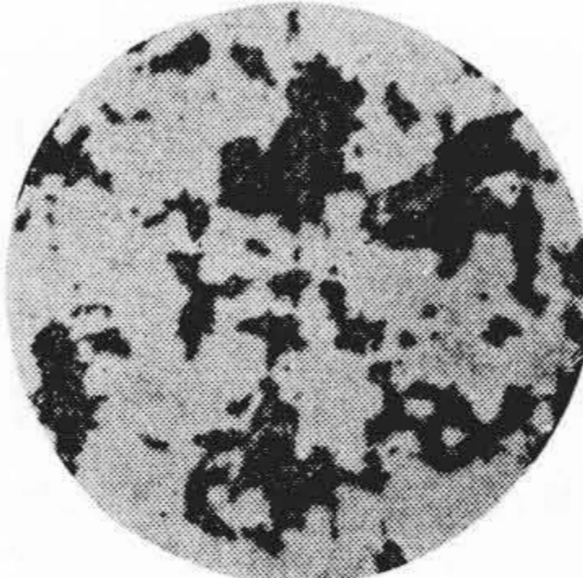
×420

第 4 図 SPK 3 の 700°C にて 10 分恒温処理せるものの組織



×420

第 5 図 SPK 3 の 700°C にて 60 分恒温処理せるものの組織



×420

第 9 図 CRM 1 の 650°C にて 1 分恒温処理せるものの組織



また第 10 図および第 11 図に SPK 3 および CRM1 のそれぞれ恒温処理せるものの硬度測定結果を示す。

(3) 焼入, 焼戻温度と硬度との関係

SPK 3 の焼入試験結果を第 12 図に示すが, 図よりあきらかなるよう空冷の場合は 950°C 附近, 油冷の場合は 925°C 附近の温度においていずれも最高硬度を示し, それ以上の温度においてはかえつて硬度を低下する傾向を示す。第 13 図および第 14 図は 925°C 油冷および 950°C より空冷せるものの組織を示す。

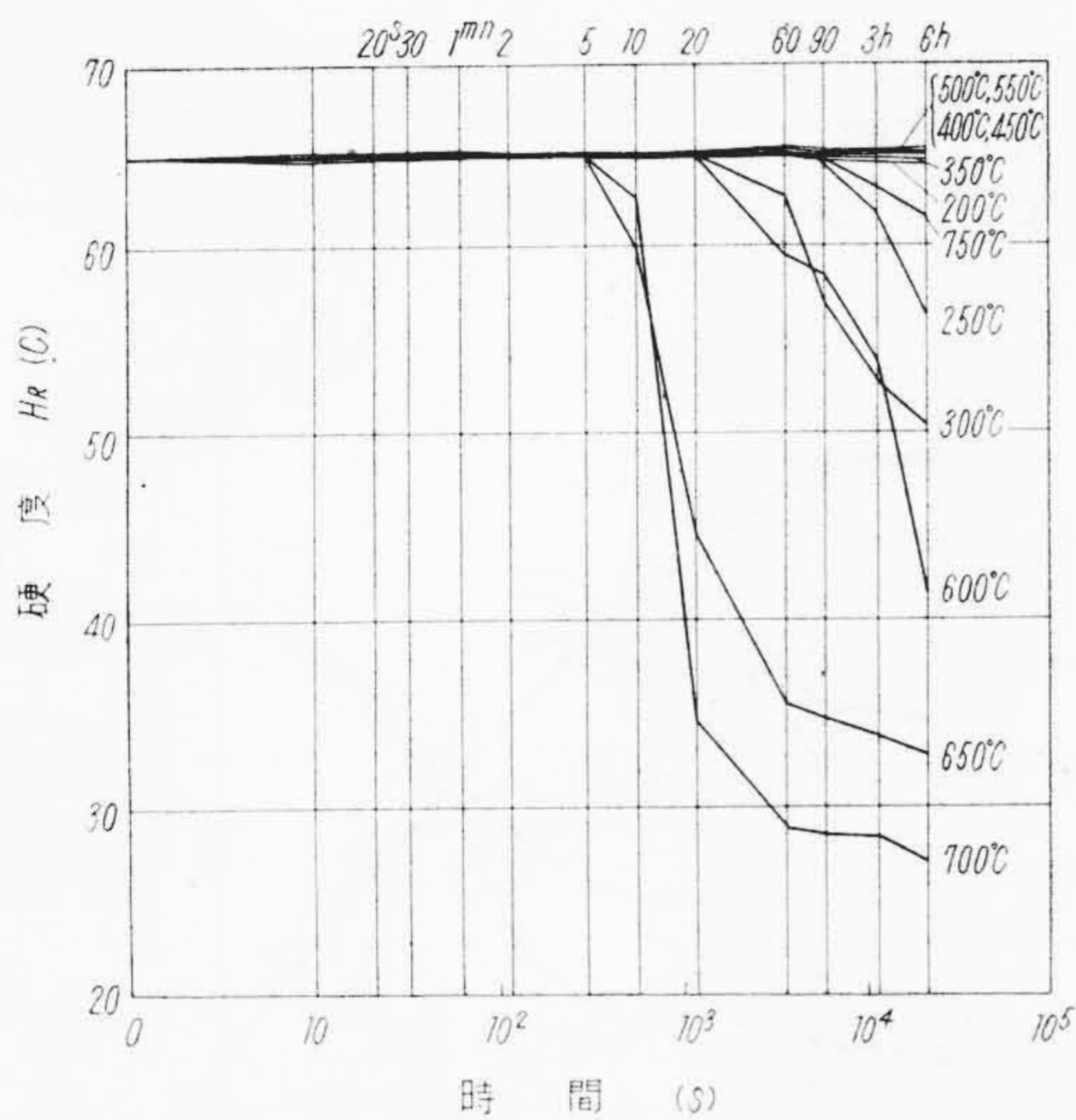
第 15 図は CRM1 における結果を示す。

すなわち水冷の場合は 825°C 附近, 油冷の場合は 850°C

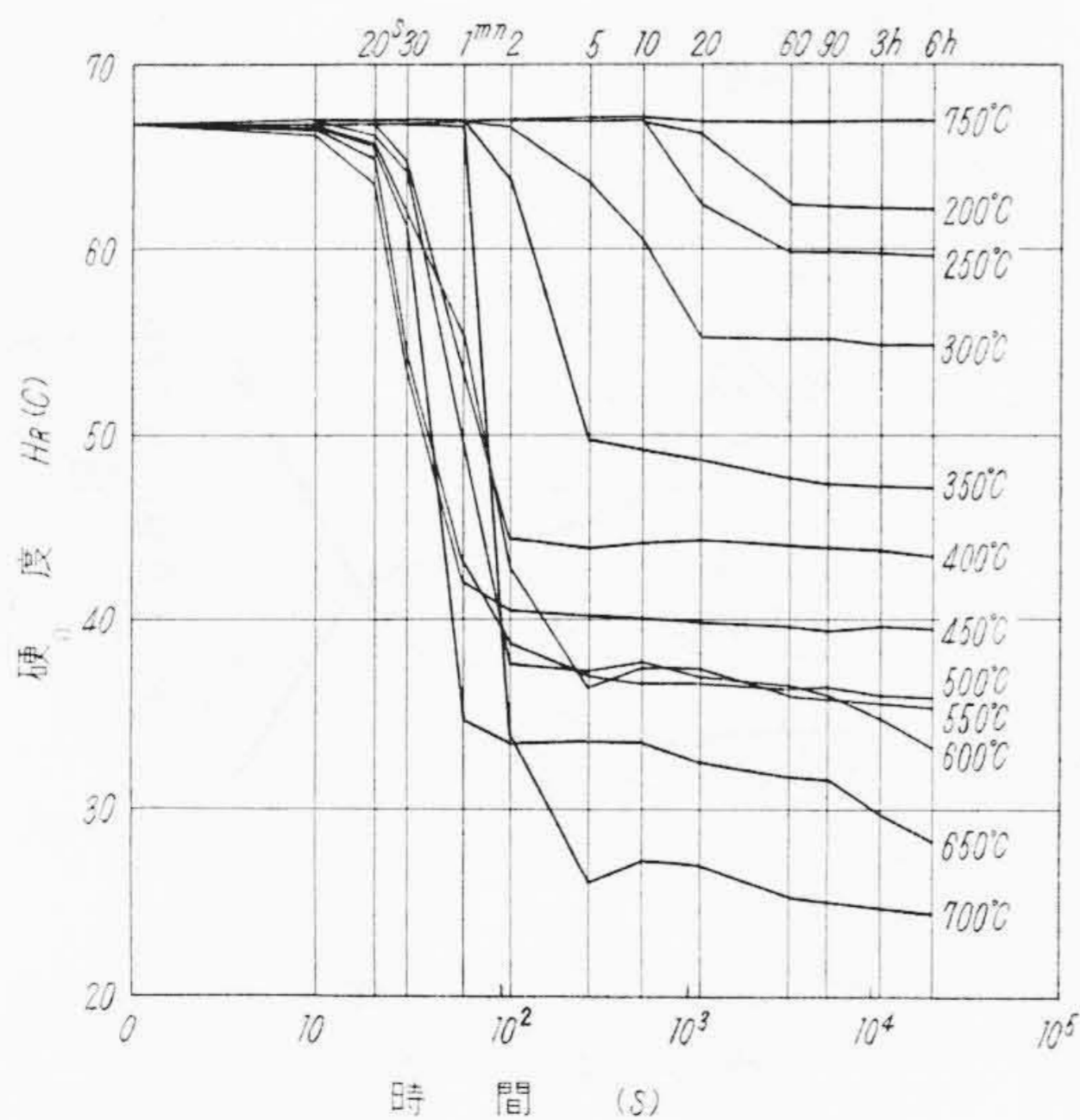
附近の温度においていずれも最高硬度を示し, それ以上の温度においてはわずかながら硬度を低下する。空冷の場合は本実験の温度範囲内においては次第に硬度を増大するも前述の両処理せるものに比してその硬度は著しく低い。また油冷の場合焼入温度 850°C のものは球状セメンタイトが微細に分布せるマルテンサイト組織を示すが, 900°C のものは針状組織を示す。

第 16, 17 図はそれぞれの油焼入せるものにおける焼戻硬度試験結果を示す。

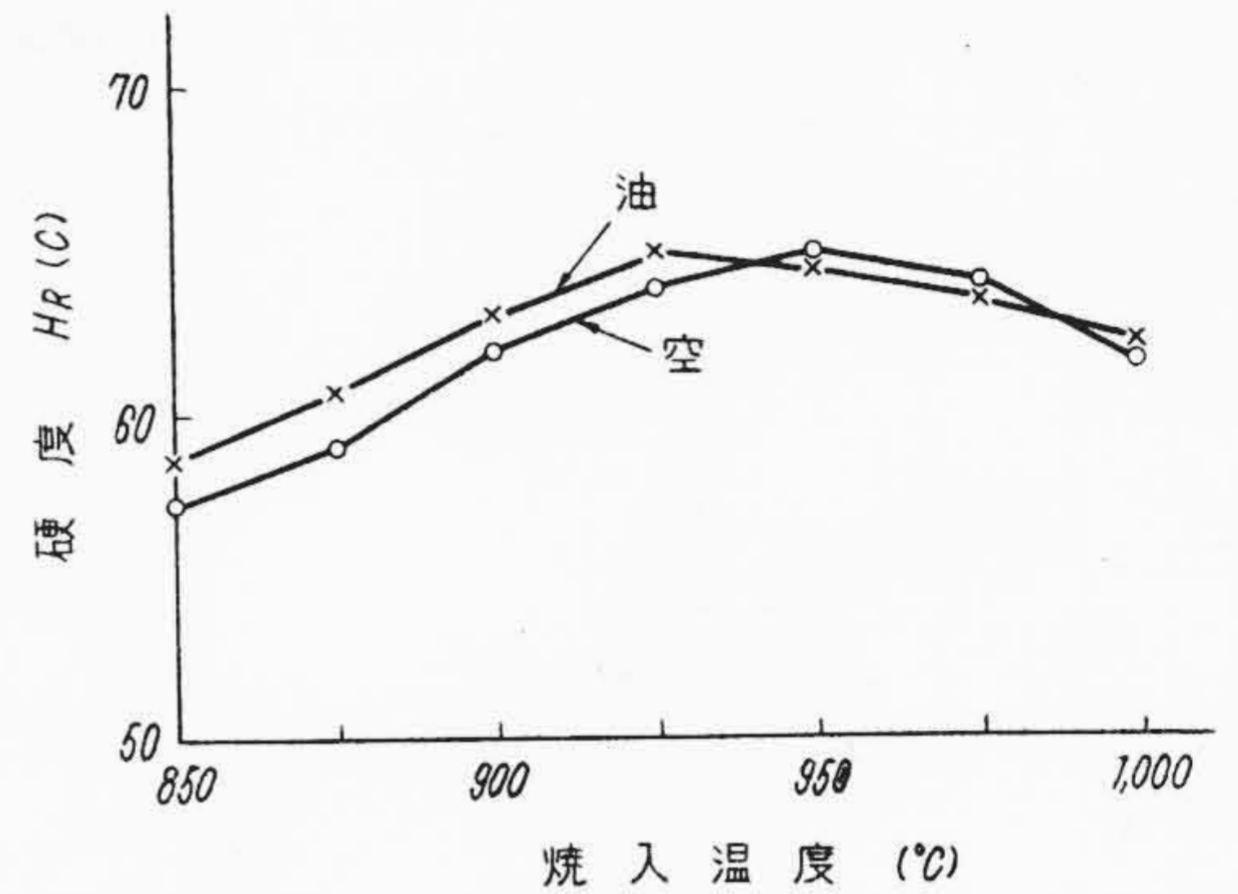
SPK 3 の場合焼戻温度 300~525°C 附近までは焼戻軟化抵抗が大きく特に 1,000°C 焼入のものは二次硬化現象



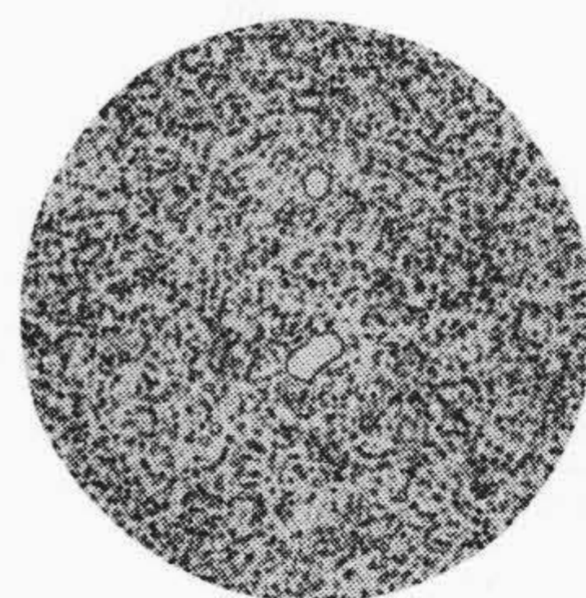
第 10 図 SPK 3 の各熱浴における保持時間と硬度との関係 (最高加熱温度 930°C)



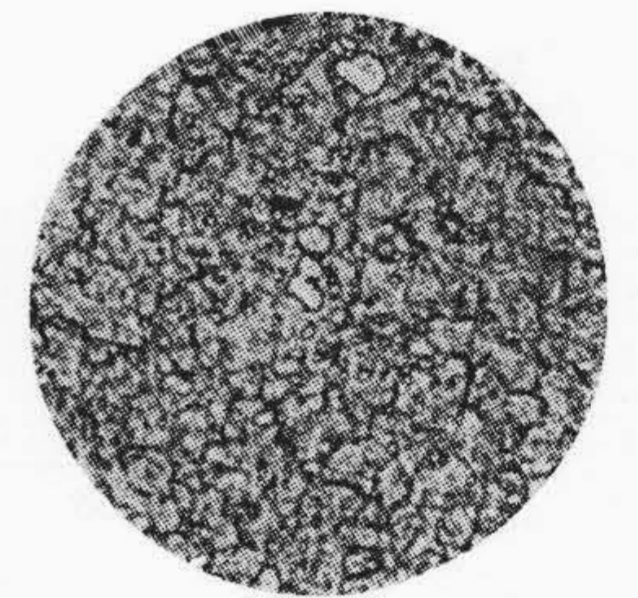
第 11 図 CRM1 の各熱浴における保持時間と硬度との関係 (最高加熱温度 850°C)



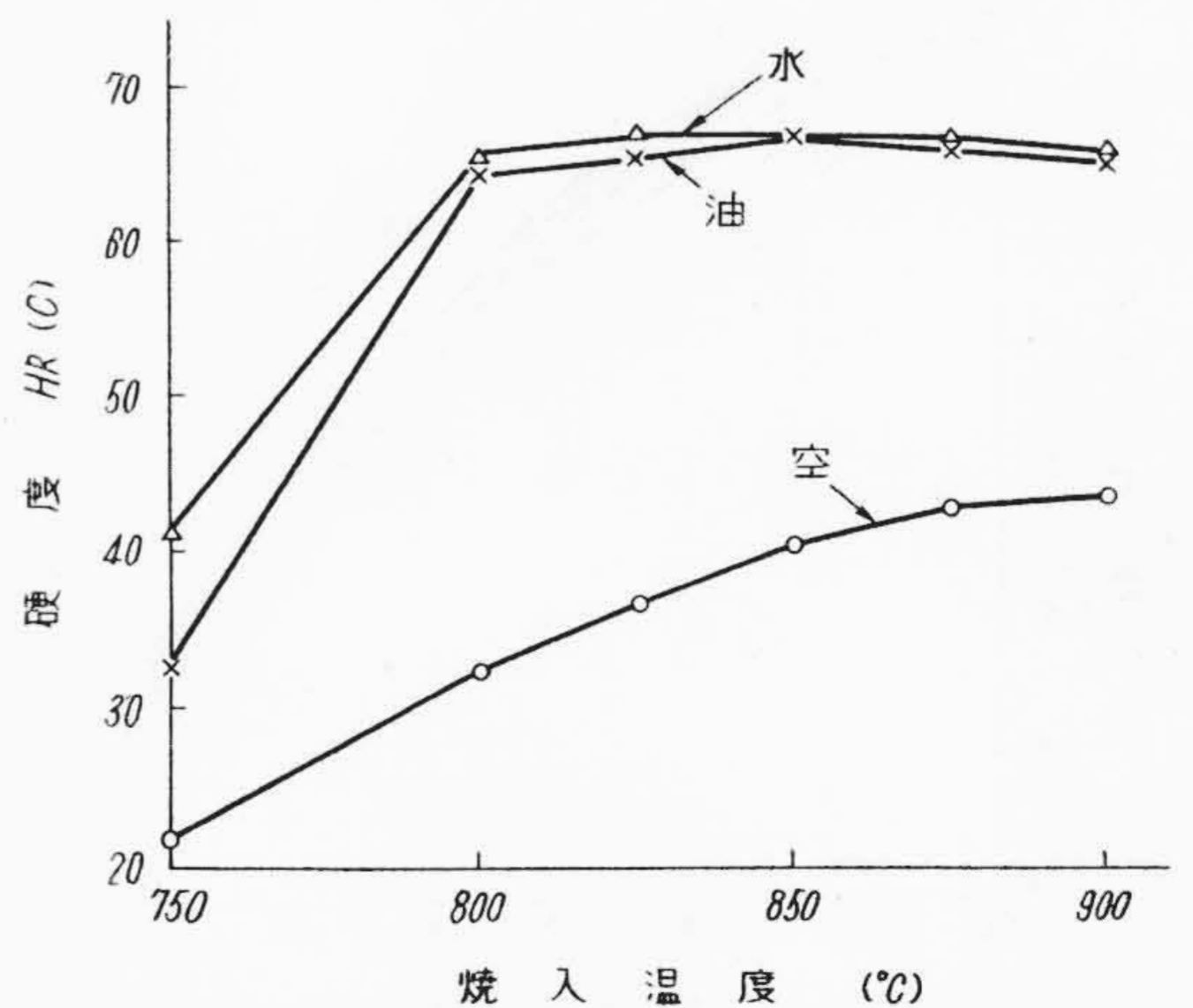
第 12 図 SPK 3 の焼入温度と硬度との関係



第 13 図 SPK 3 の 925°C 油焼入組織



第 14 図 SPK 3 の 950°C 空冷組織



第 15 図 CRM1 の焼入温度と硬度の関係



を示す。

つぎに CRM1 は焼戻温度の上昇とともにいちじるしく硬度を低下し前者に比し焼戻軟化抵抗が小さい。

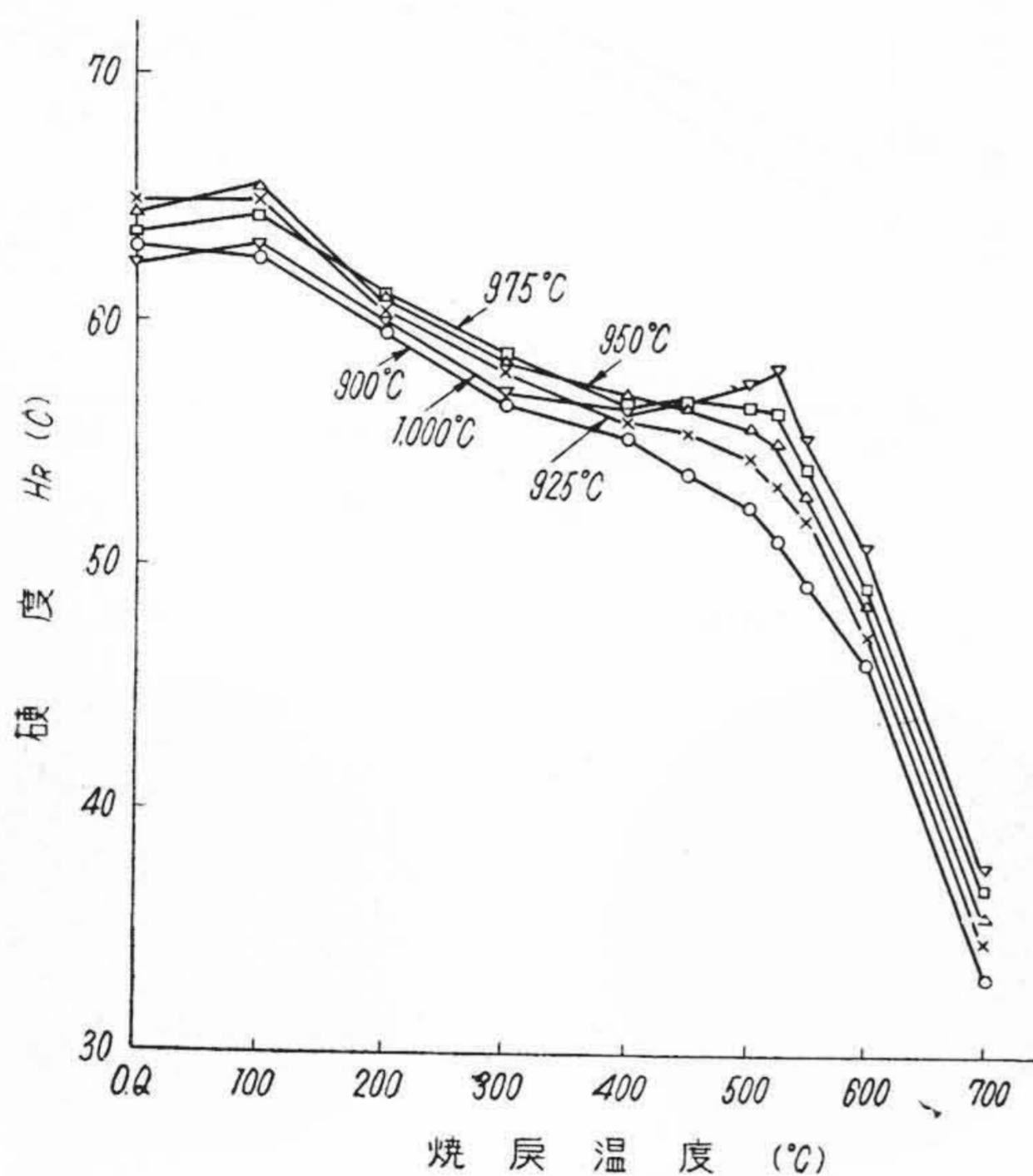
(4) 衝撃, 抗折力試験

SPK3 は 930°C, CRM1 は 850°C より油焼入せるものと各々同一温度より 200°C の熱浴に 5 分恒温保持後空冷し, いわゆるマルクエンチ処理せるものにつき 0~600°C の各温度に焼戻後硬度, 衝撃値および抗折力を測定せる結果を第 18, 19 図に示すが, 両鋼種共油焼入, マルクエンチにより硬度はほとんど大差ないが, SPK3 は 500°C 附近, CRM1 は 400°C 附近以下の焼戻において油焼入のものに比しマルクエンチせるものの方が衝撃値が高く, それ以上の焼戻温度においてはほとんど大差

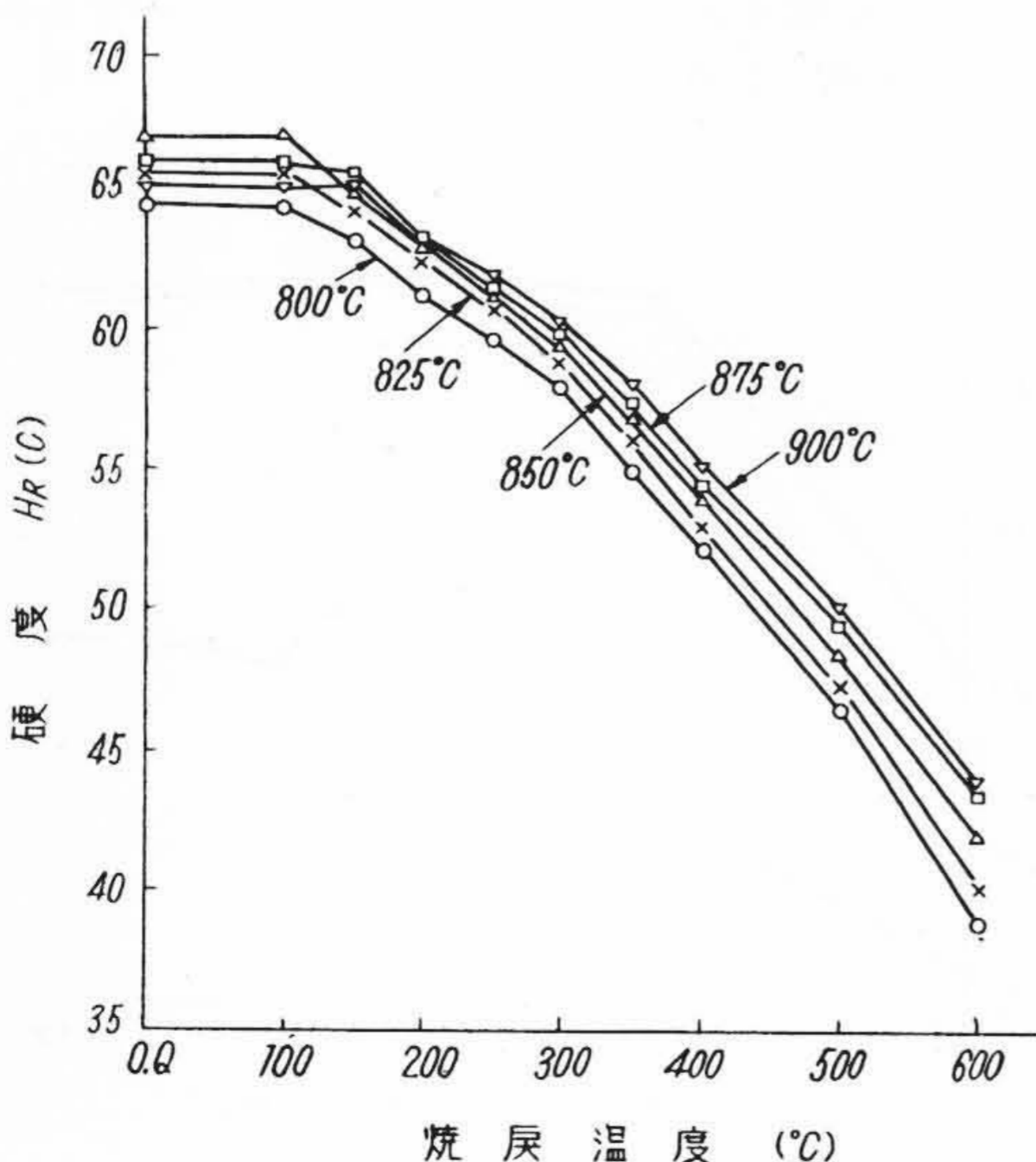
ない。またいずれの場合においても両鋼種共焼戻温度 250°C 附近においてやや脆性を示す。なお抗折力試験は測定の関係上低温焼戻の場合についてのみ行つたが, 前述の衝撃試験の場合とほぼ同様の傾向を示す。

つぎに第 20 図は SPK3 を 930°C より熱浴温度 300°C に 60~360 分恒温処理せるものの結果を示すが, 処理時間の長い方が硬度を低下し衝撃値, 抗折力を増す傾向を示す。第 21 図は CRM1 を 850°C より 200~350°C の各恒温浴中にてオーステンパーせるものの試験結果を示す。すなわち温度の上昇とともに硬度を低下するが衝撃値, 抗折力を増大し特に 250°C 以上の温度においていちじるしい。

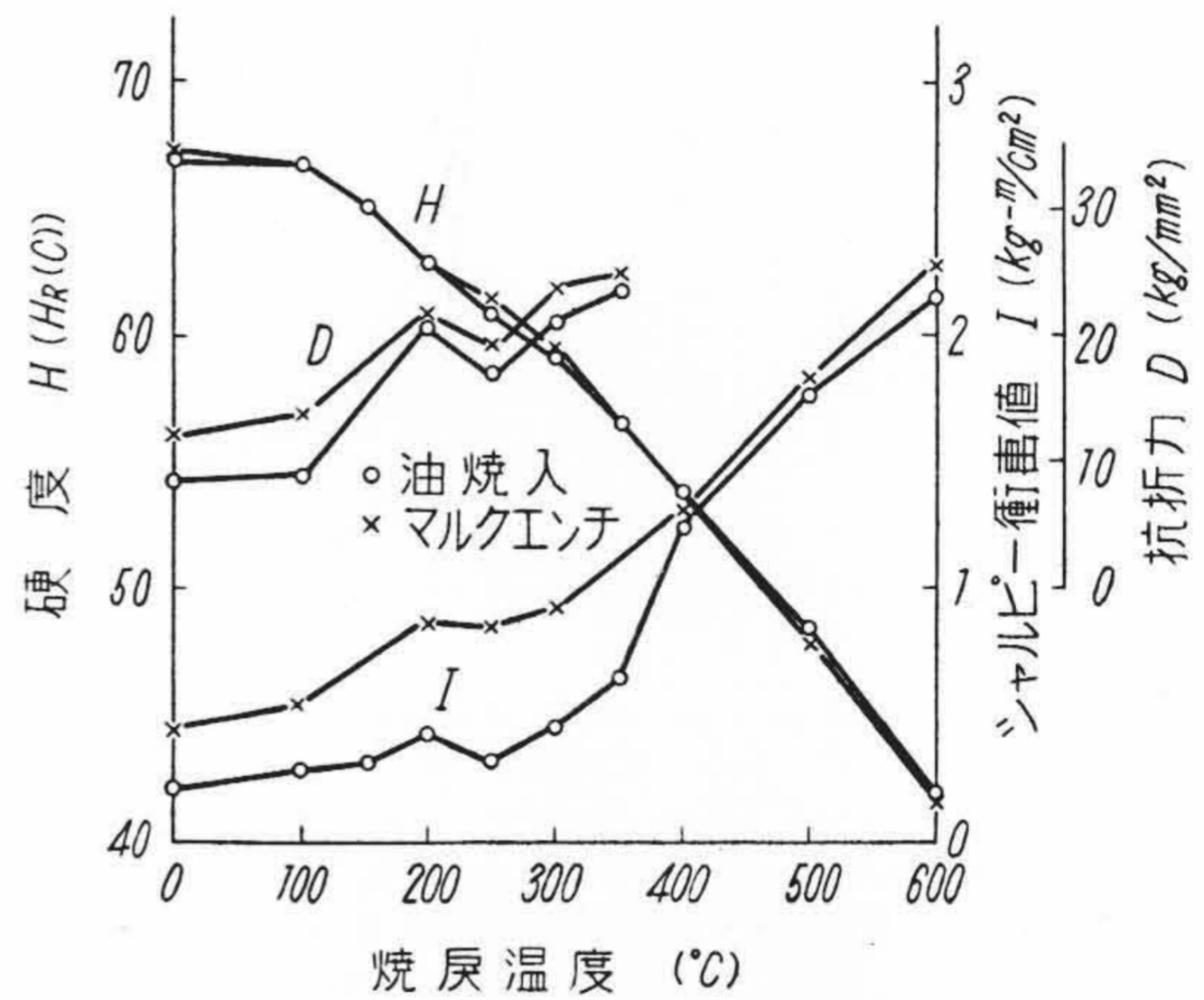
第 22 図は SPK3 の 930°C 油焼入後 500°C 焼戻第 23, 24 図は CRM1 を 850°C 油焼入後 350°C 焼戻および 850°C より 300°C にて 60 分保持しオーステンパーセ



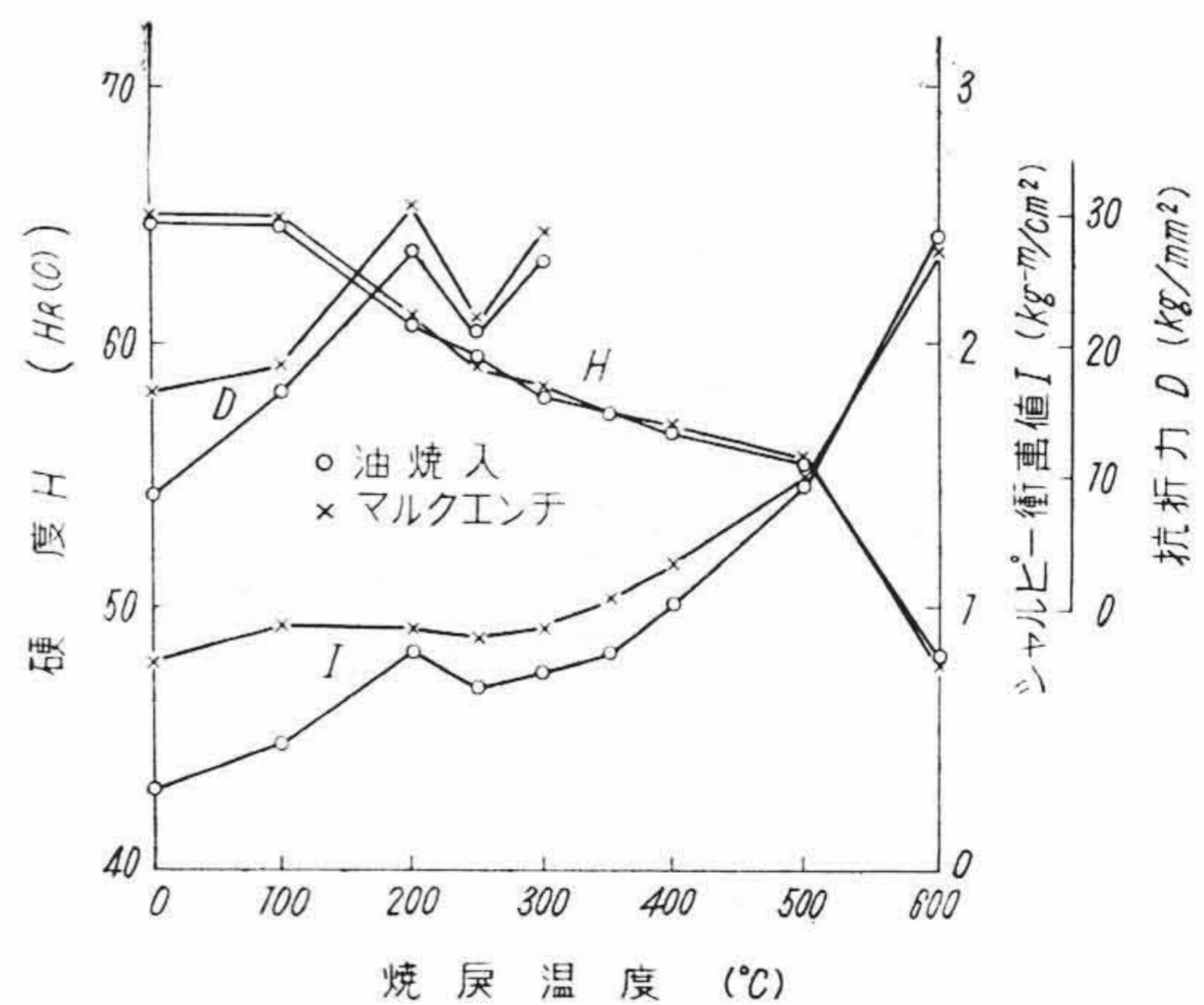
第 16 図 SPK3 の焼戻温度と硬度の関係



第 17 図 CRM1 の焼戻温度と硬度の関係



第 18 図 SPK3 の油焼入およびマルクエンチ処理せるものの焼戻温度と硬度, 衝撃値および抗折力の関係



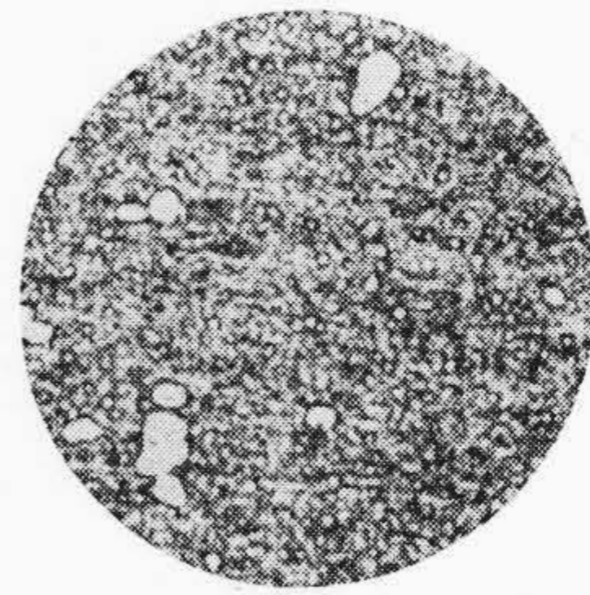
第 19 図 CRM1 の油焼入およびマルクエンチ処理せるものの焼戻温度と硬度, 衝撃値および抗折力の関係



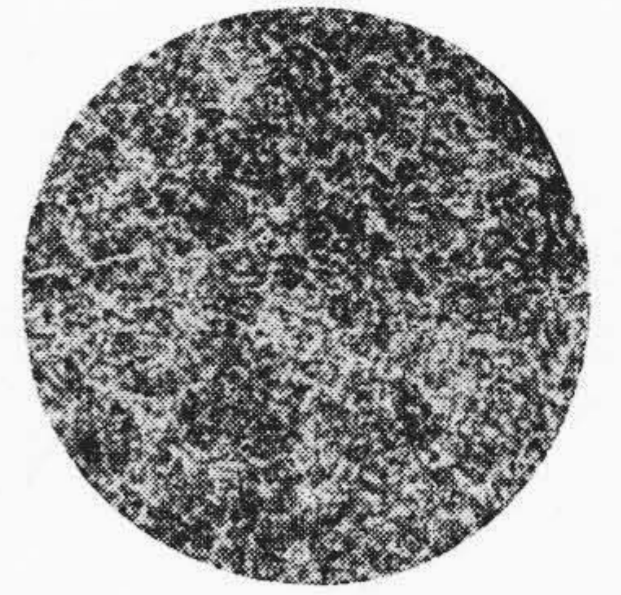
るものの組織を示す。

(5) 熱間抗張, 衝撃試験

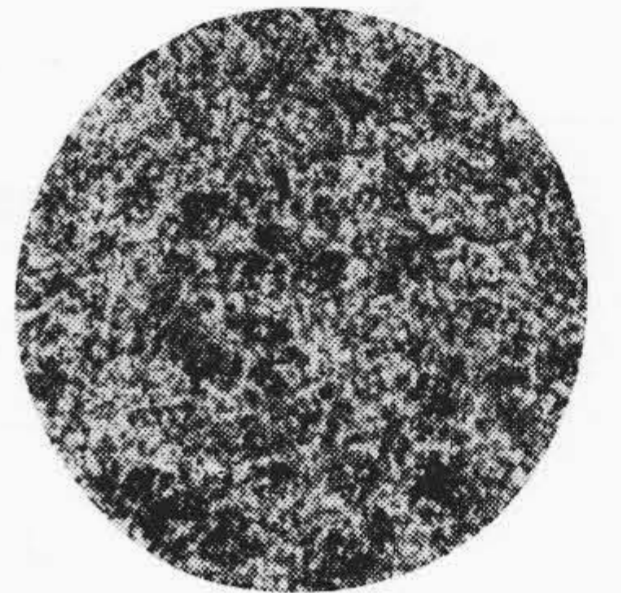
第 25 図は SPK 3 の 930°C 油焼入後 500°C 焼戻せるものの熱間衝撃試験結果を示す。同図よりあきらかなように試験温度の上昇とともに約 400°C 付近までは衝撃値を増大するが 500°C 付近においていちじるしい脆性を示す。また第 26 図は CRM 1 の 850°C 油焼入後 350°C 焼戻せるものの熱間における抗張, 衝撃試験結果を示すが, 試験温度 200°C 付近より抗張力をいちじるしく低下し, 伸びおよび絞りを増大する。しかして衝撃試験においては 400°C 付近に脆性を生ずるが, SPK 3 に比しあまりいちじるしくない。



第 22 図 SPK 3 の 930°C 油焼入 500°C 焼戻組織



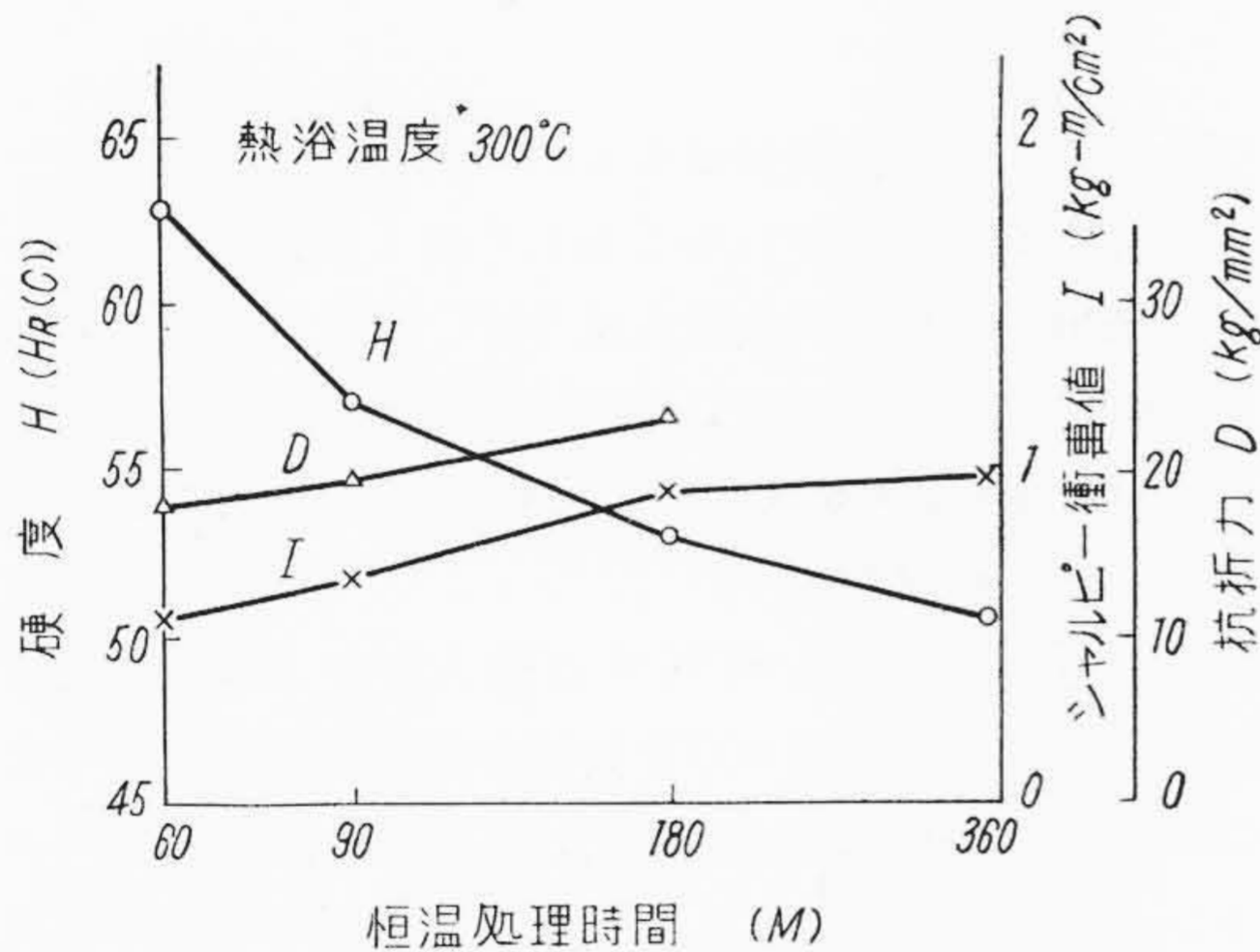
第 23 図 CRM 1 の 850°C 油焼入 350°C 焼戻組織



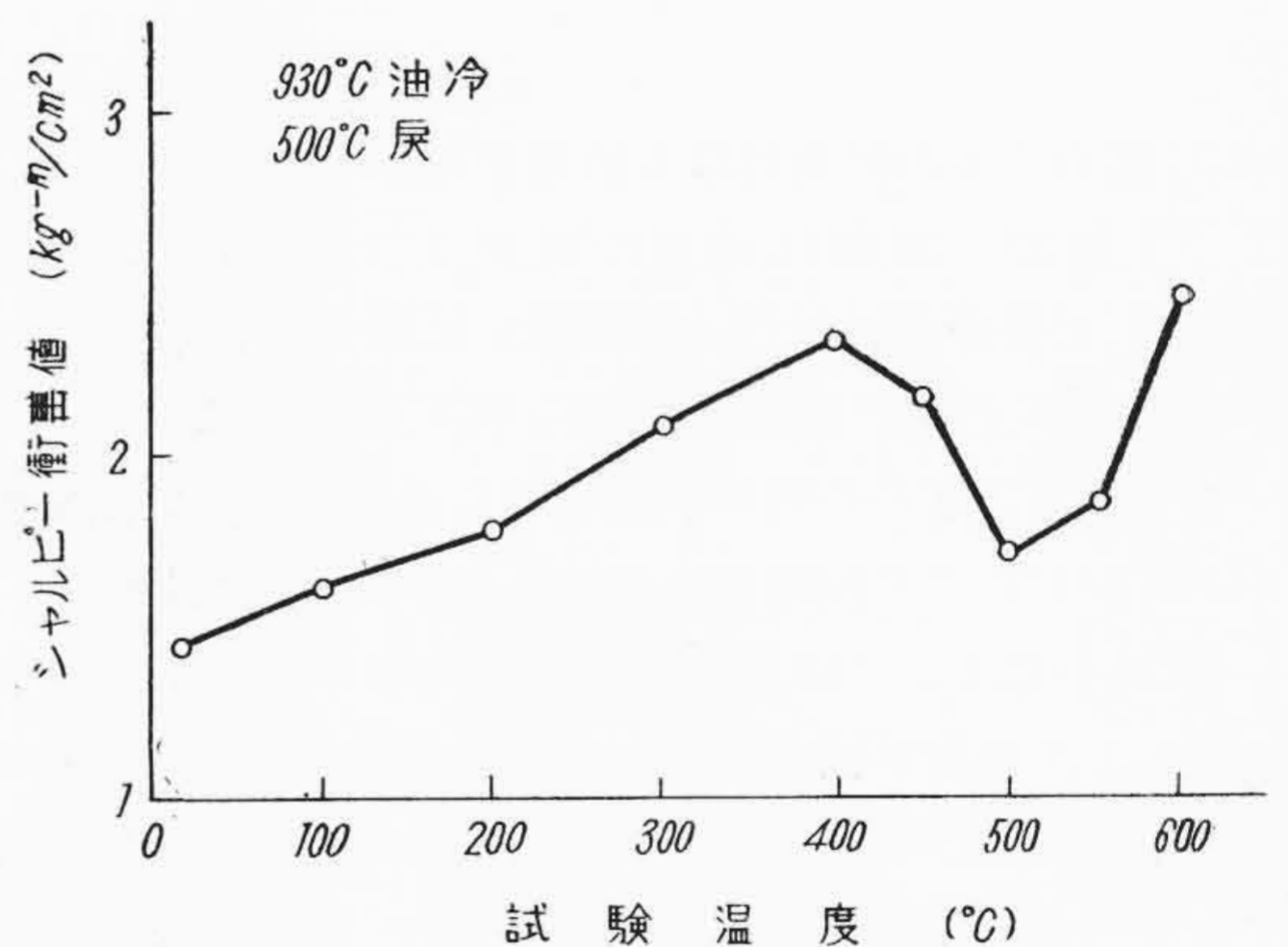
第 24 図 CRM 1 の 300°C オーステンパー組織

[VI] 結果に対する考察

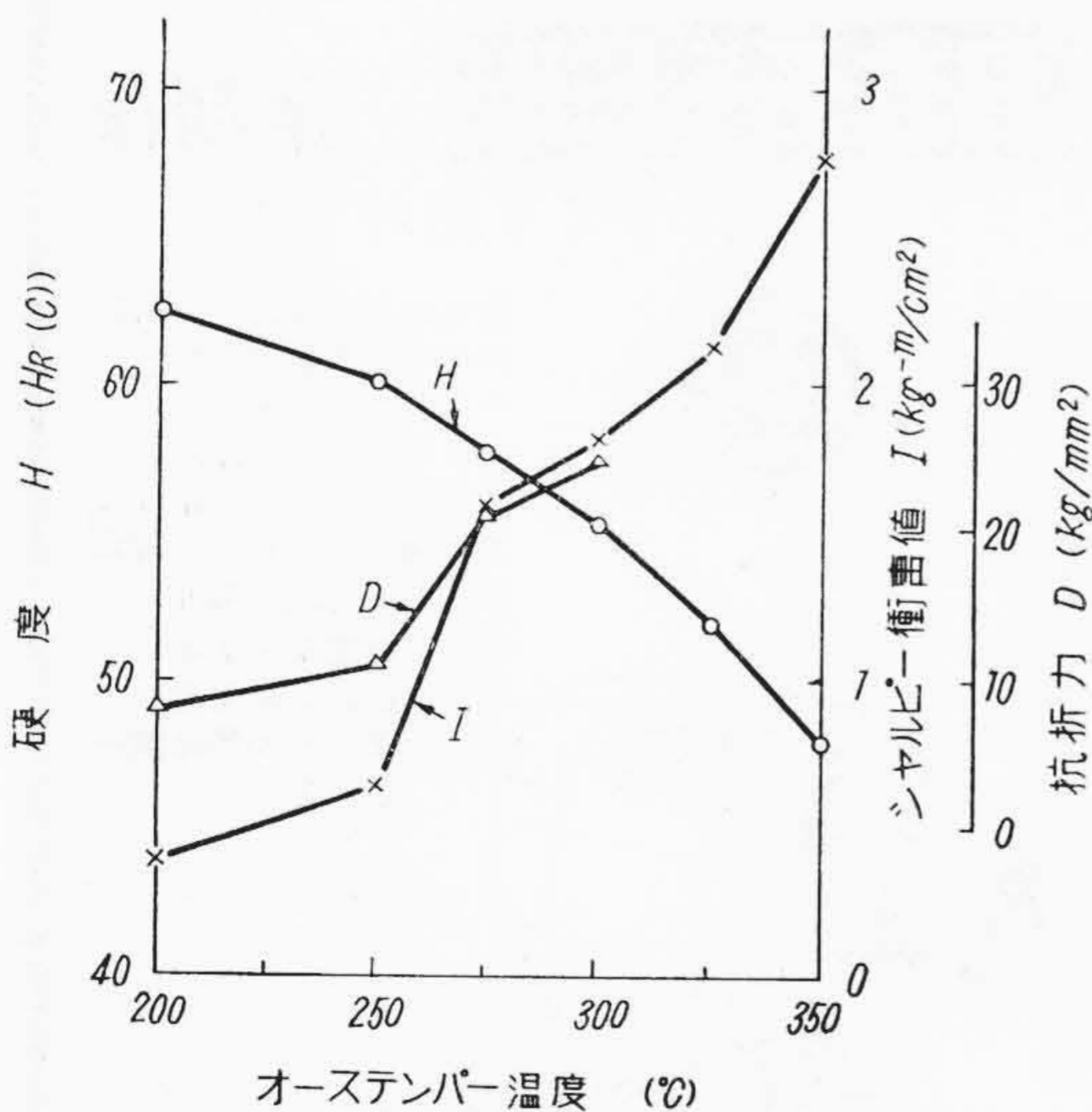
従来シャープレード用鋼は使用硬度 SH 75 [HR (C)]



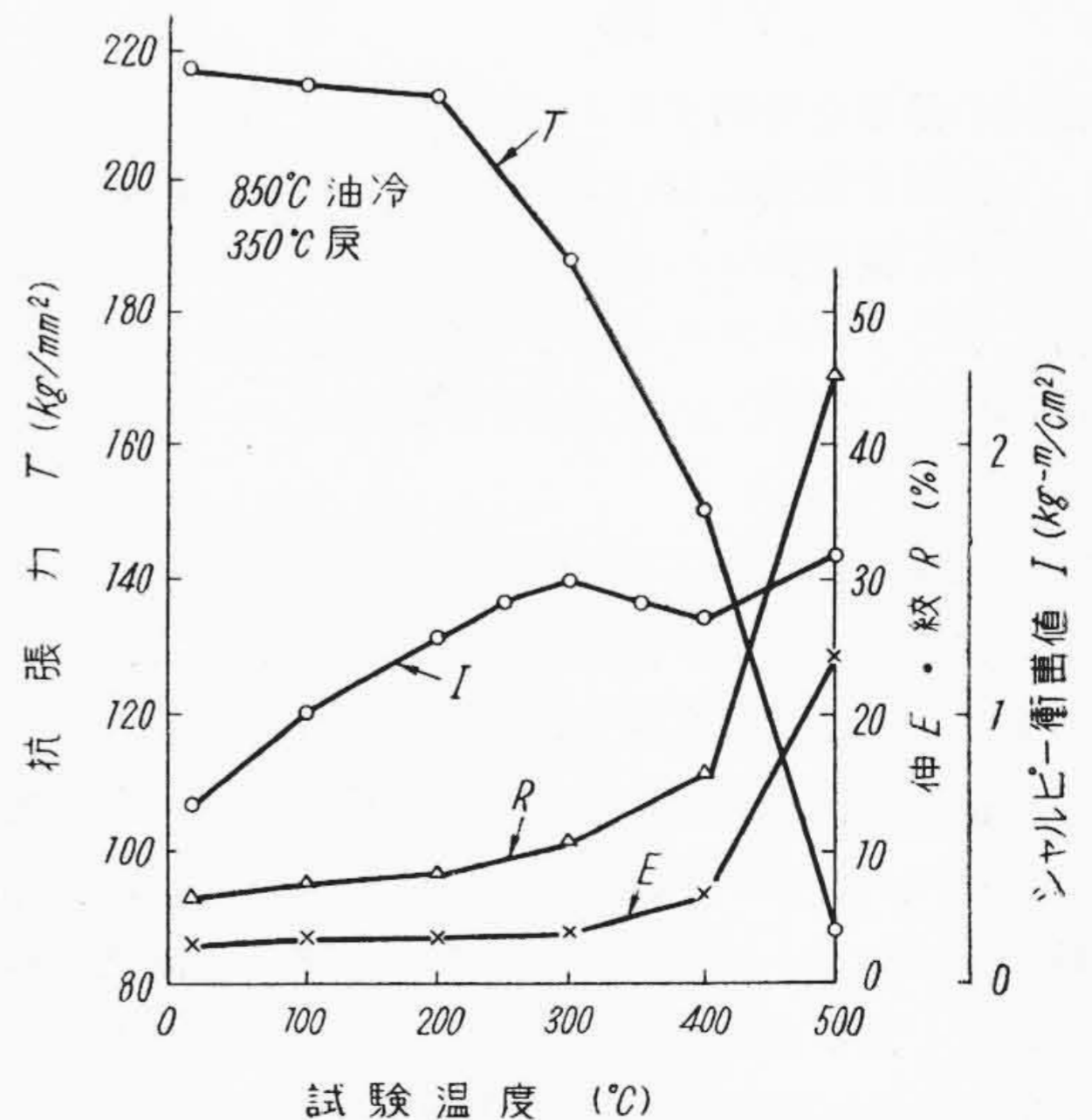
第 20 図 SPK 3 の恒温処理時間と硬度, 衝撃値および抗折力の関係



第 25 図 SPK 3 の熱間衝撃試験結果

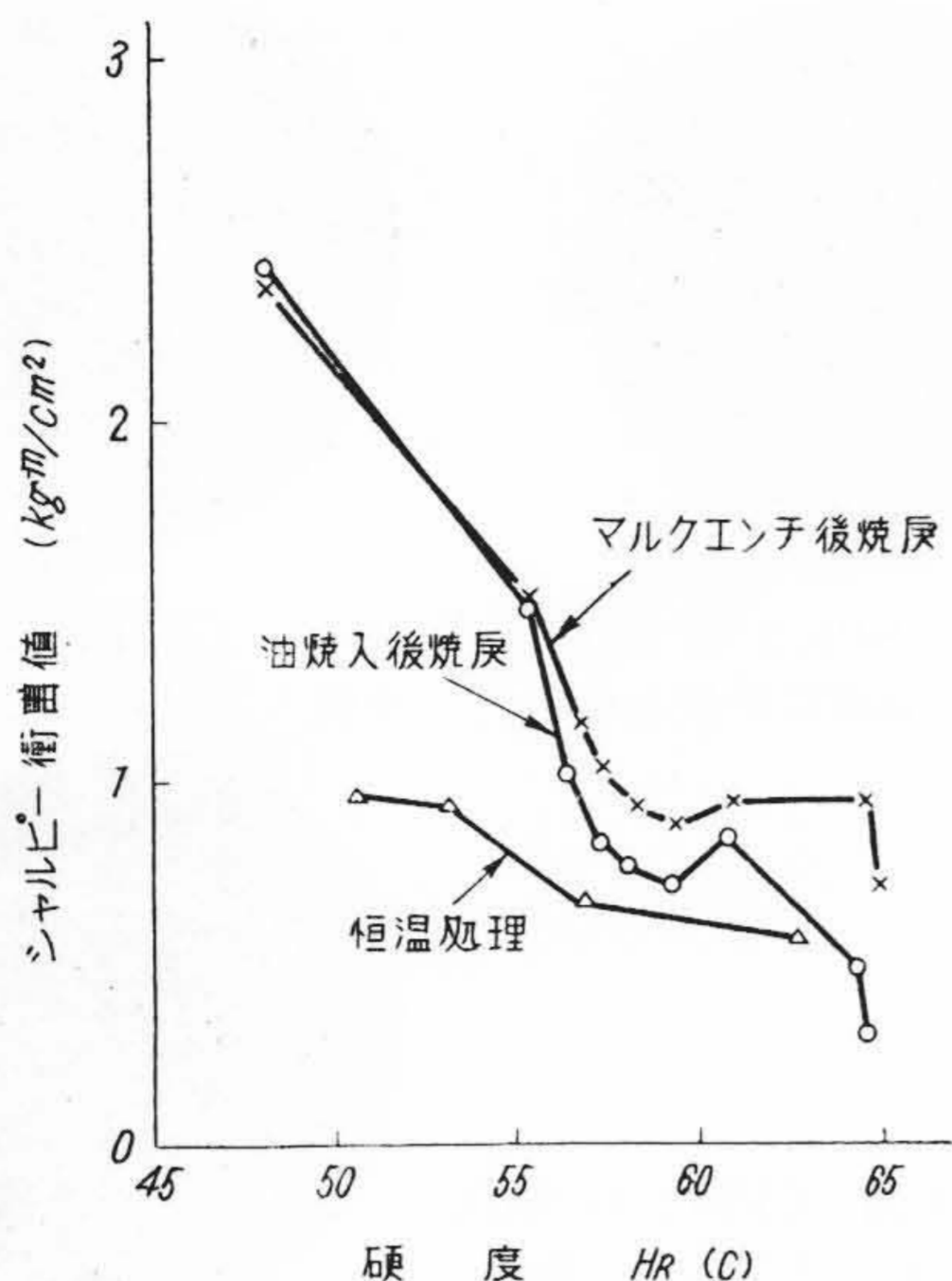


第 21 図 CRM 1 のオーステンパー温度と硬度, 衝撃値および抗折力の関係



第 26 図 CRM 1 の熱間機械的性質





第 27 図 SPK 3 の各処理せるものの硬度と衝撃値の関係

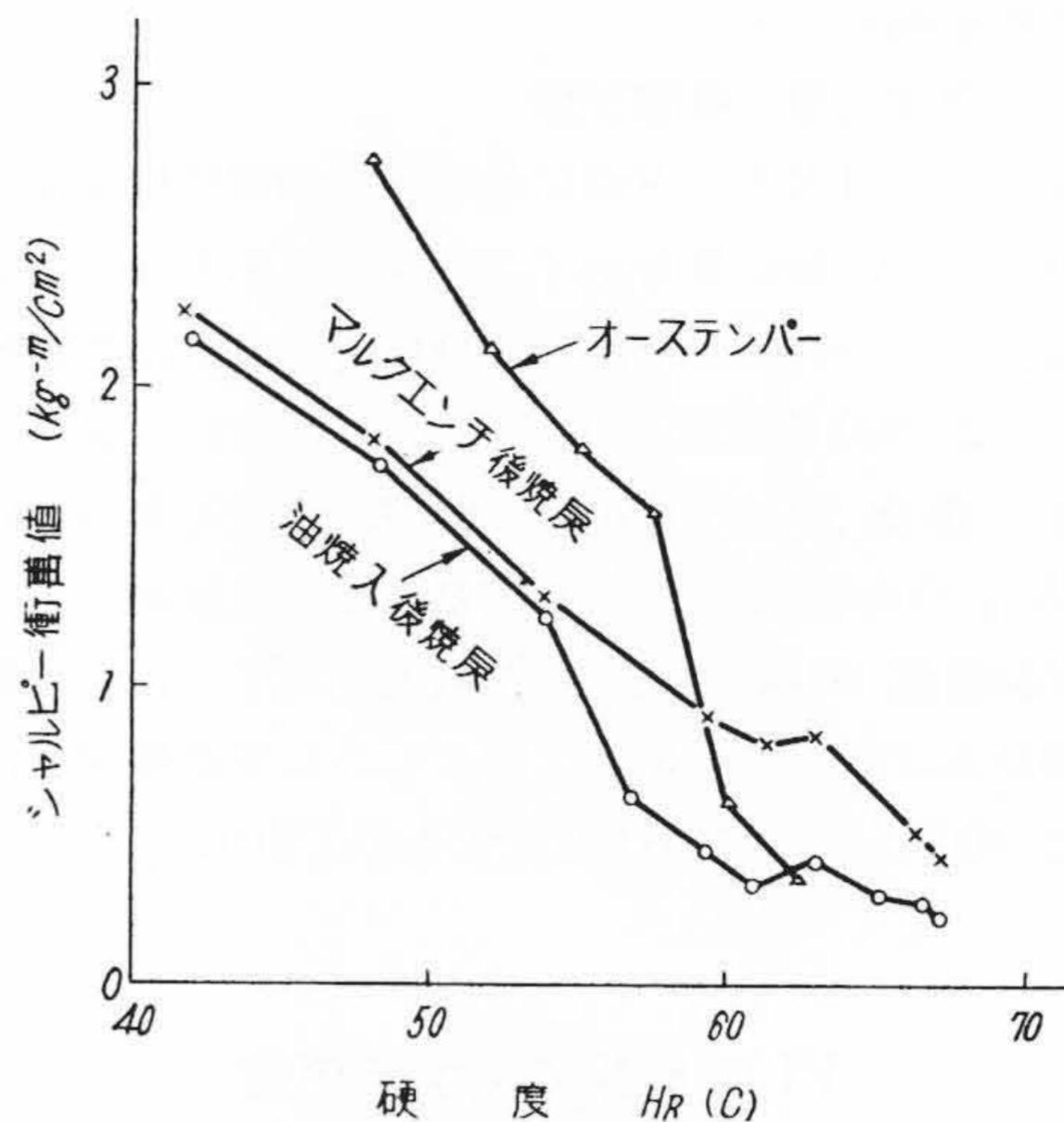
56.3] 附近のものが良好なる結果を示すといわれている。よつて第 27, 28 図は前述の結果より SPK 3 および CRM 1 の等硬度における衝撃値を比較せるものであるが、SPK 3 の場合硬度約 Hr(C) 55.0 以上ではマルクエンチ処理せるものの方が油焼入のものに比し高い衝撃値を示す。しかして恒温処理せるものは両者に比し低い。

CRM 1 においては硬度約 Hr(C) 54.0 以上においてマルクエンチの方が油焼入のものより衝撃値が高く良好なる結果を示し、オーステンパーせるものは前述の両処理のものに比し硬度約 Hr(C) 59.0 以下において衝撃値をいちじるしく増大する。

[V] 結 言

前述の結果を要約するとつぎの通りである。

- (1) 恒温変態図において SPK 3 は 650~700°C 間および 300°C 附近にノーズがあり約 400~550°C の温度区間においてオーステナイトは準安定状態を示す。また CRM 1 は 650°C および 450°C 附近にノーズをあらわす。
- (2) SPK 3 は 930°C, CRM 1 は 850°C より油焼入あるいはマルクエンチ後焼戻せるものにおいては、いずれも焼戻温度 250°C 附近において脆性を示す。
- (3) 衝撃、抗折力試験結果より SPK 3 の場合油焼入およびマルクエンチ後焼戻せるものにおいては硬度約 Hr(C) 55.0 以上においてマルクエンチの方油焼入のものに比し衝撃値高く、恒温処理せるものは両者に比しいちじるしく低い。また CRM 1 においては硬度約 Hr(C) 59.0 以下における等硬度の衝撃値は油焼入およ




第 28 図 CRM 1 の各処理せるものの硬度と衝撃値の関係

びマルクエンチ後焼戻せるものに比しオーステンパー処理せるものの方がいちじるしく高く靱性大である。

- (4) SPK 3 の 930°C 油焼入後 500°C 焼戻および CRM 1 は 850°C 油焼入後 350°C 焼戻せるものにおいて SPK 3 は 500°C 附近, CRM 1 は 400°C 附近の温度においてもろくなる傾向を示す。
- (5) 上述の結果より SPK 3 は焼入温度 930°C 附近を選びマルクエンチ後 500°C 附近の温度に焼戻し、また CRM 1 は 850°C 附近の温度より 300°C 附近にオーステンパー処理することにより焼入、焼戻せるものに比して良好なる結果が得られるものと思考する。

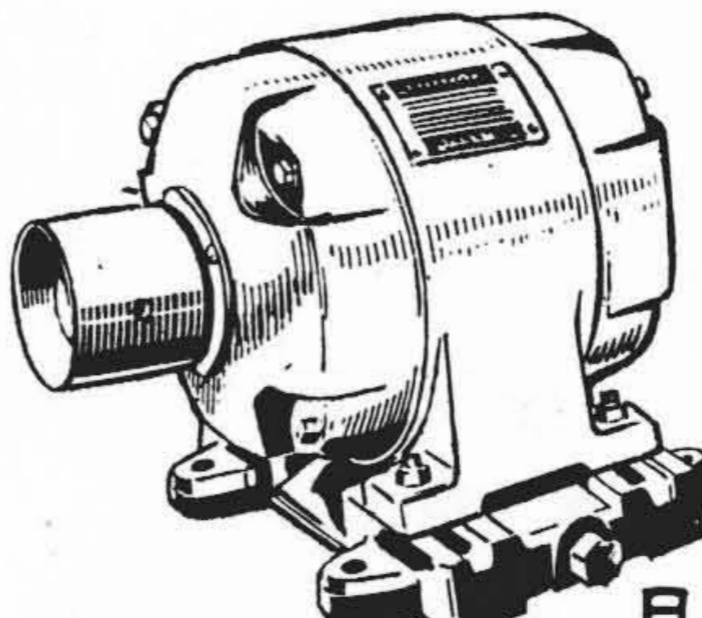
## 日立モートルの評判は

どこへ行つても絶対です。



日立モートルは各方面に於ける愛用者の方々へのゆきとどいたサービスと共に独特の一貫作業により安心して使つて頂ける力の強いそして寿命の永い優秀品であります

日立モートルの生産高と販売高がモートル界の第一位にある事によつてもその評判はわかりでしょう



日立製作所