

# JIS 耐熱鋼 SEH 1, SEH 2 および SEH 3 の熱処理と高温強度について

On the Heat Treatment and the Strength at High Temperature  
of the Heat Resisting Steel "SEH 1, SEH 2 and SEH 3"

Listed by JIS

小柴 定雄\* 九重 常男\*\*

Sadao Koshiba

Tsuneco Kuno

## 内 容 梗 概

JIS 耐熱鋼のうちフェライト系に属する SEH 1, SEH 2 および SEH 3 の熱処理硬度, 常温および高温機械的性質ならびにラプチャー強度を測定して使用上の参考に供した。なお Jessop H 46 耐熱鋼, 強靱構造用耐熱部品に使用される DAC および DBC 鋼の高温機械的性質およびラプチャー強度の比較を行った。

## 〔I〕 緒 言

近年における耐熱材料の研究はめざましいものがあり, Super Alloy と呼ばれる耐熱材料の出現をみている。一方最近の傾向として Super Alloy の研究と平行して, 600°C 以下の温度で使用される耐熱鋼の研究も盛んになされている。これはスチームタービン, ガスタービンなどの原価低減のため耐熱材料を適材適所に使用するためであり, 筆者らも Super Alloy の研究と同時に 600°C 以下の比較的低温で使用する耐熱鋼の研究を行っているが, 今回は JIS 耐熱鋼のうちフェライト系に属する SEH 1, SEH 2 および SEH 3 の熱処理と高温機械的性質およびラプチャー強度を測定し使用上の参考に供した。なお 13% Cr 系の Jessop H46, 5% Cr-Mo-V 系の DAC および DBC 鋼の高温における諸性質を併記し, JIS 耐熱鋼との比較を行った。

## 〔II〕 実 験 方 法

おのこの試料はすべて 15 mm 角に鍛伸し, 850°C にて 1 時間焼鈍を行ったのち, 硬度試料は 15×15×15 mm として所定の熱処理を行って硬度を測定した。常温および高温機械的性質は平行部 7 mm 丸の抗張試験片を製作し, アムスラー引張試験機にて試験を行った。ラプチャー試験は平行部 5 mm 丸の試験片を製作しラプチャー試験機にて 100 時間のラプチャー強度を求めた。

## 〔III〕 実 験 結 果

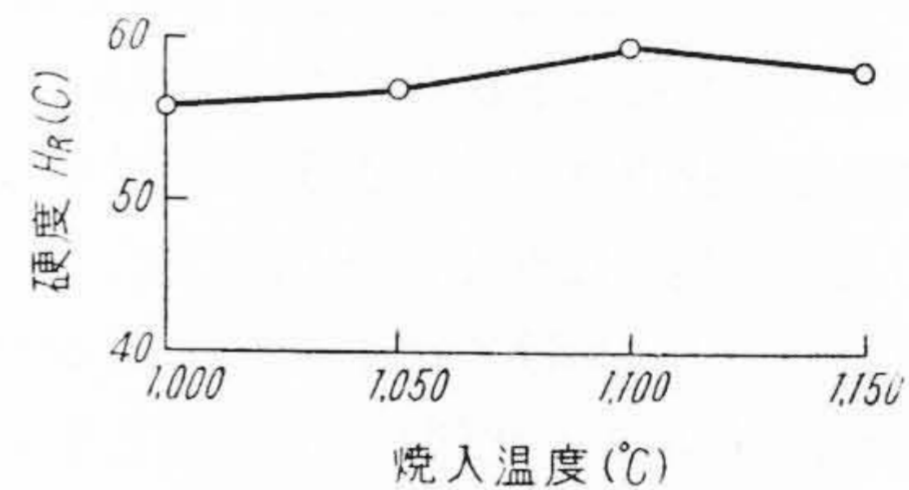
### (1) SEH 1

#### (a) 試料の化学成分

試料の化学成分を第 1 表に示す。なお SEH 2 および SEH 3 の化学成分も同表に記した。SEH 1 は Si 3.0~3.5%, Cr 7.5~9.5% の Si-Cr 耐熱鋼である。

第 1 表 試料の化学成分 (%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SEH 1	0.44	3.36	0.45	0.024	0.010	0.12	8.41	—
SEH 2	0.36	2.62	0.36	0.020	0.008	0.24	13.32	—
SEH 3	0.40	1.77	0.43	0.020	0.015	0.23	10.84	0.96



第 1 図 SEH 1 の焼入温度と硬度との関係

#### (b) 焼入硬度

第 1 図に油焼入温度と硬度との関係を示す。なお各焼入温度における保持時間は 30 分間とした。焼入温度約 1,100°C で最高硬度を示す。

#### (c) 焼戻硬度

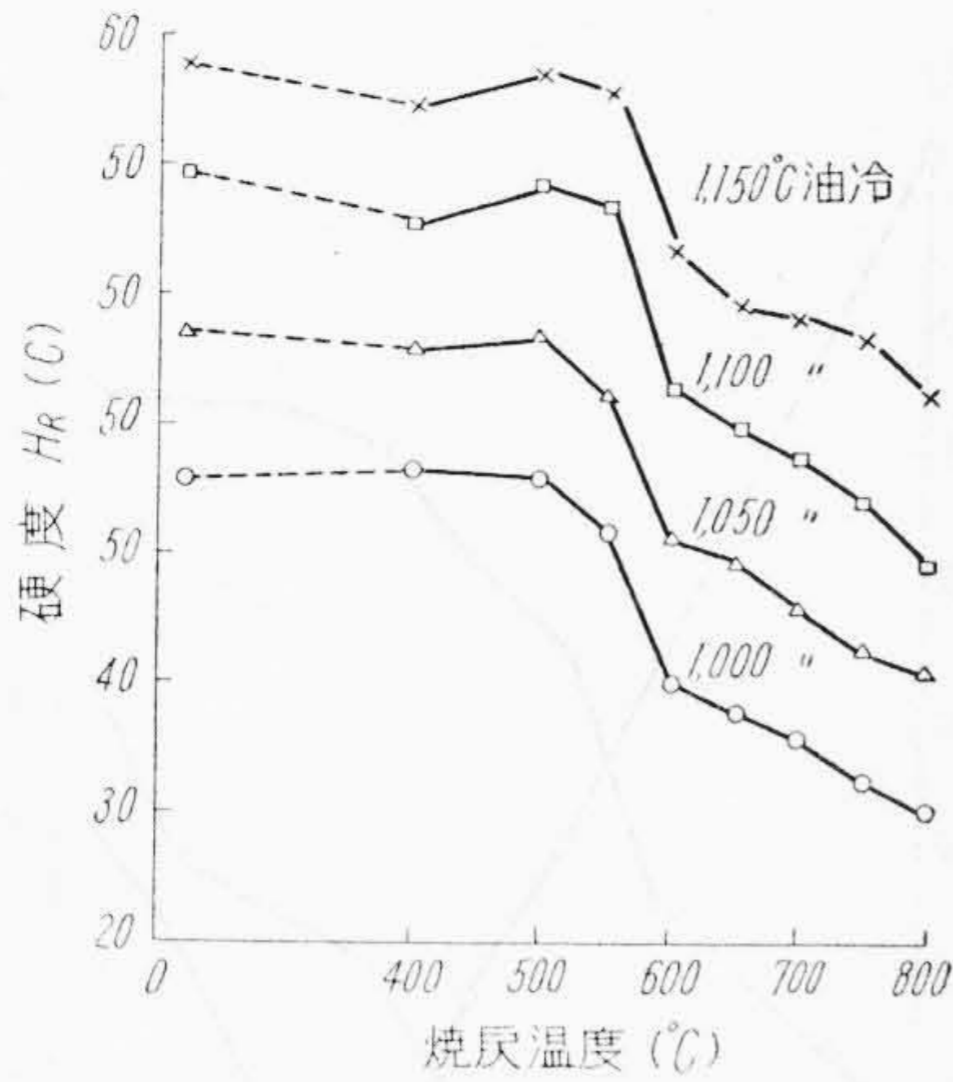
焼入温度を 1,000~1,150°C に変え 400~800°C に各 1 時間焼戻を行って硬度を測定した。その結果を第 2 図に示す。図に示すように各焼入温度とも焼戻温度 600°C 以上上昇すると急激に硬度を減少する。また焼入温度の上昇に従い 500°C における二次硬化は著しく, 焼戻軟化抵抗も大きい。

#### (d) 常温機械的性質

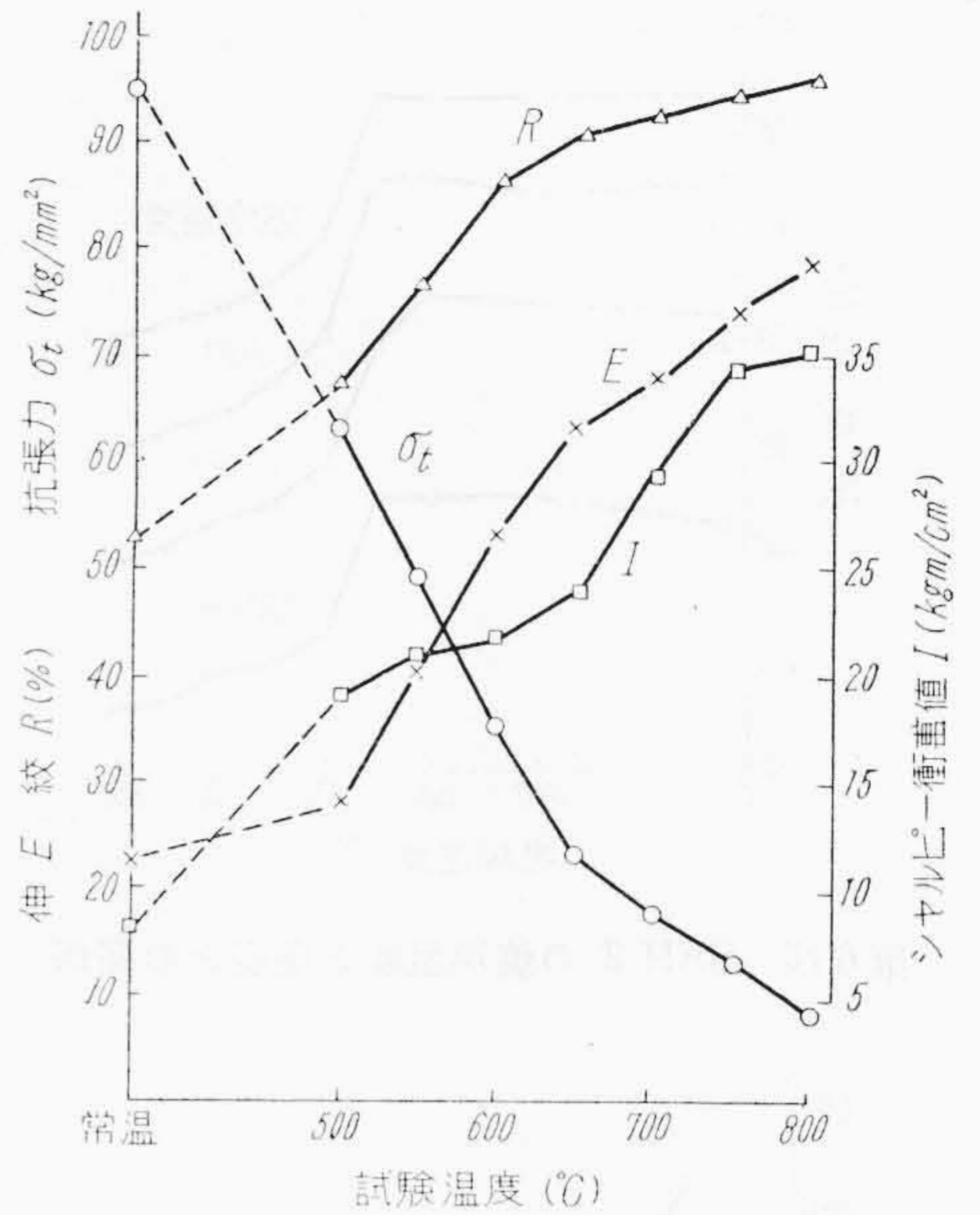
試料は 1,080°C に油焼入後 550~800°C に各 1 時間焼戻を行って抗張試験を行った。その結果を第 3 図に示す。抗張力は焼戻温度の上昇にしたがい減少する。伸びおよび絞り抗張力と逆の傾向を示す。衝撃値は焼戻温度 650°C で一度減少するが, 700°C 以上焼戻温度の上昇にしたがい増大する。

\* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

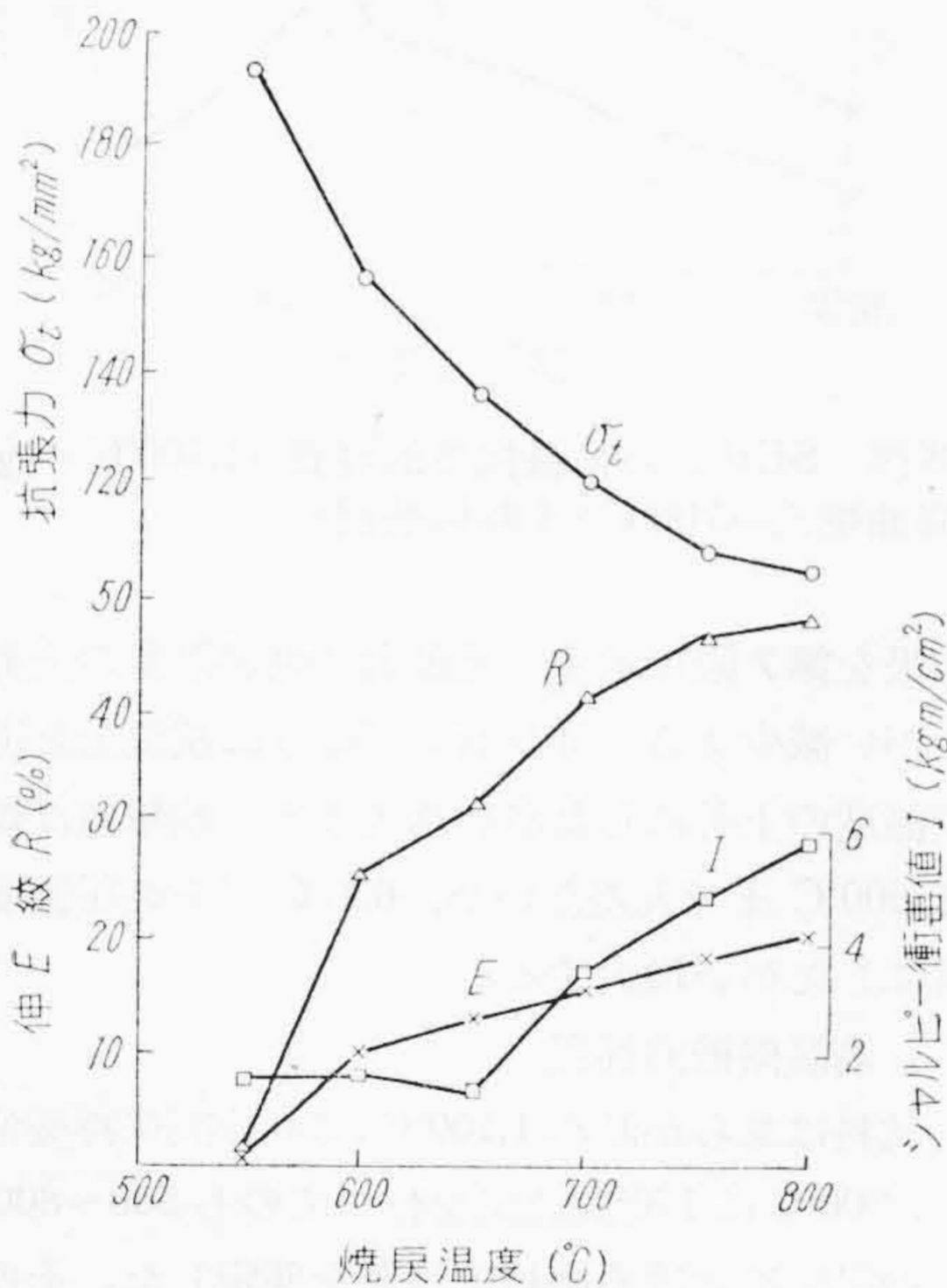
\*\* 日立金属工業株式会社安来工場



第2図 SEH 1 の焼戻温度と硬度との関係



第4図 SEH 1 の高温機械的性質 (1080°C×1/2時間油焼入→850°C×1時間焼戻)



第3図 SEH 1 の焼戻温度と機械的性質との関係

(e) 高温機械的性質

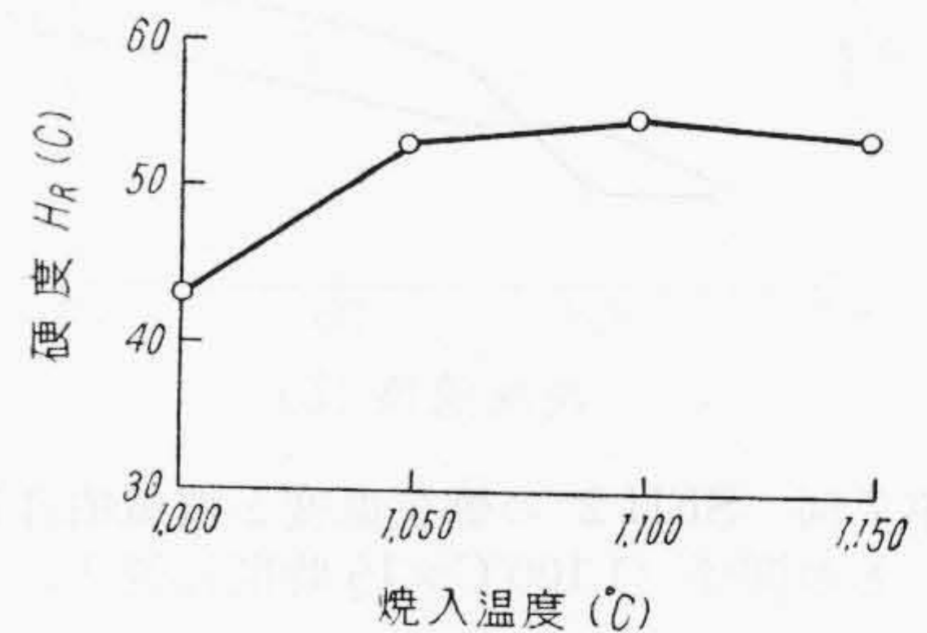
1,080°Cに30分間保持後油焼入し、850°Cに1時間焼戻を行つて500~800°Cの試験温度における機械的性質を測定した。その結果を第4図に示す。抗張力は試験温度の上昇にしたがい減少する。伸び、絞りおよび衝撃値は抗張力と逆に試験温度の上昇にしたがい増大する。

(f) ラプチャー強度

600°Cおよび650°Cにおける100時間のラプチャー強度を測定した。その結果を第2表に示す。なお試験前の熱処理は前述のとおりである。また同表にSEH 2およびSEH 3のラプチャー強度を併記した。

第2表 SEH 1, SEH 2およびSEH 3のラプチャー強度 (kg/mm<sup>2</sup>) (100時間)

試料	温度 (°C)	
	600	650
SEH 1	11.2	6.5
SEH 2	13.8	9.2
SEH 3	13.3	8.8



第5図 SEH 2 の焼入温度と硬度との関係

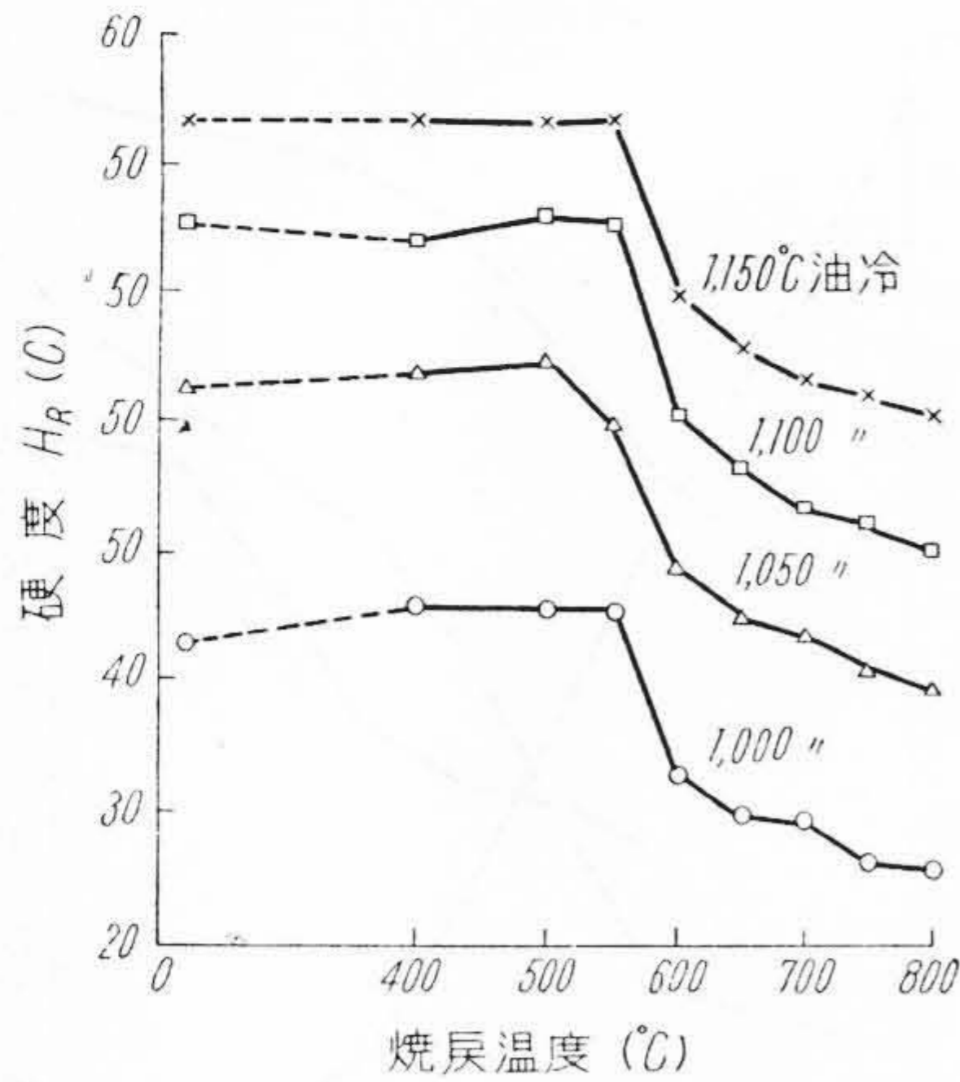
(2) SEH 2

(a) 試料の化学成分

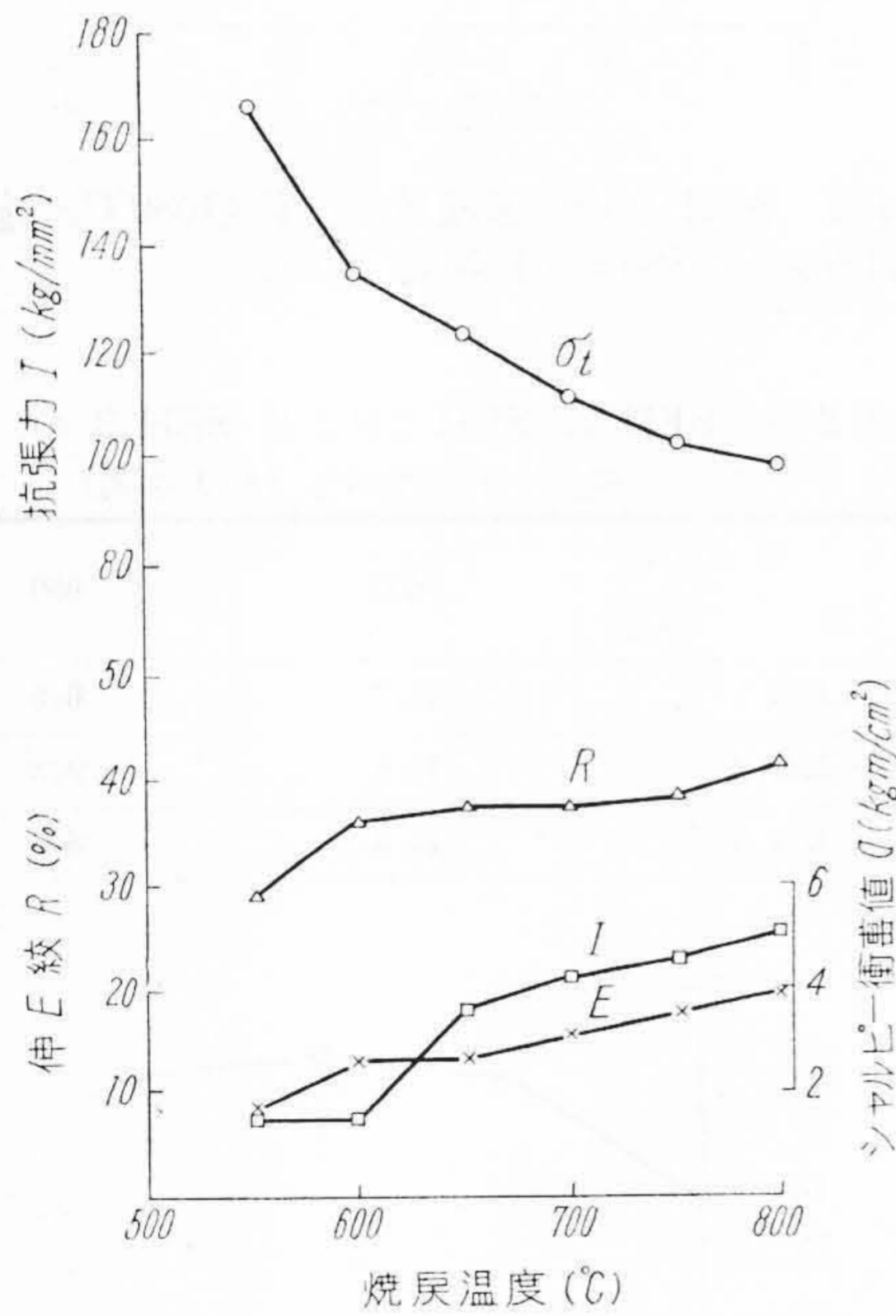
試料の化学成分を前記第1表に示す。SEH 2はSi 2.0~2.8%, Cr 12.0~15.0%のSi-Cr耐熱鋼でSEH 1よりSiはやや低い、Crは高い。

(b) 焼入硬度

1,000~1,150°Cの焼入温度にそれぞれ30分間保持後油冷して硬度の変化を調べた。その結果を第5図に示す。図に示すように焼入温度1,100度で最高硬



第6図 SEH 2 の焼戻温度と硬度との関係



第7図 SEH 2 の焼戻温度と機械的性質との関係 (1,100°C×1/2時間油焼入)

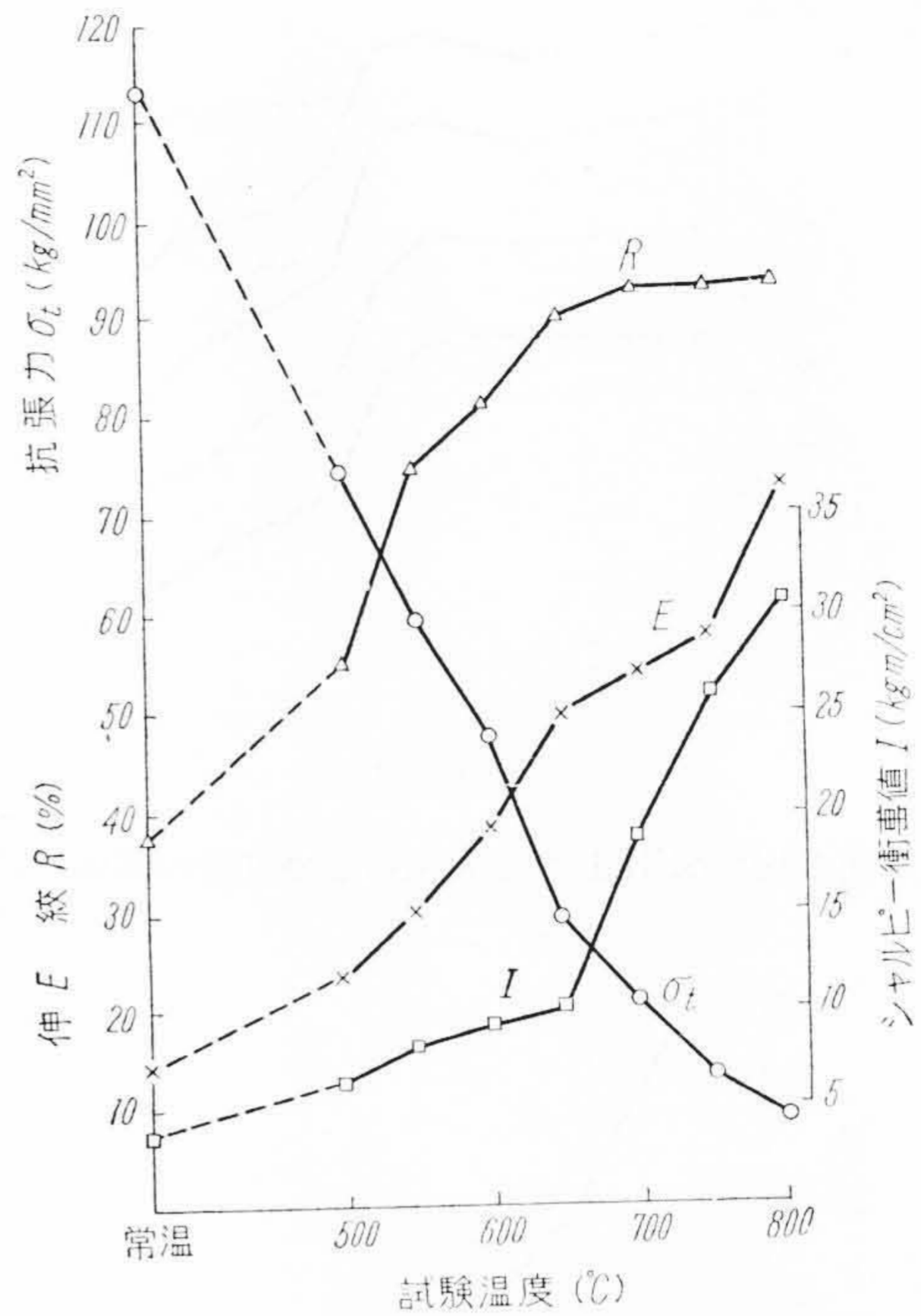
度を示す。

(c) 焼戻硬度

1,000~1,150°Cに油焼入後 400~800°Cに各1時間焼戻を行つて硬度の変化を調べた。その結果を第6図に示す。各焼入温度とも焼戻温度 600°C以上上昇すると急激に硬度を減少する。なお焼入温度 1,000°Cの場合は十分な焼戻硬度は得られない。また焼入温度の高いほど焼戻硬度は高く軟化抵抗も大きい。

(d) 常温機械的性質

1,100°Cに30分間保持後油焼入して 550~800°Cに各1時間焼戻して常温機械的性質を測定した。その



第8図 SEH 2 の高温機械的性質 (1,100°C×1/2時間油焼入→700°C×1時間焼戻)

結果を第7図に示す。抗張力は焼戻温度の上昇にしたがい減少する。伸びおよび絞りは抗張力と逆に焼戻温度の上昇にしたがい増大する。衝撃値は焼戻温度 600°Cまで大差ないが、650°C以上焼戻温度の上昇にしたがい増大する。

(e) 高温機械的性質

試料はあらかじめ 1,100°Cに30分間保持後油焼入し、700°Cに1時間焼戻を行つてのち 500~800°Cの試験温度における機械的性質を測定した。その結果を第8図に示す。抗張力は試験温度の上昇に従い減少する。伸び、絞りおよび衝撃値は抗張力と逆に試験温度の上昇に従い増大する。

(f) ラプチャー強度

前述と同様 600°Cおよび 650°Cにおける 100時間のラプチャー強度を測定した。その結果を前記第2表に示す。なお試験前の熱処理は前述のとおりである。

(3) SEH 3

(a) 試料の化学成分

試料の化学成分を前記第1表に示す。SEH 3は Si 1.8~2.5%, Cr 10.0~13.0%の Si-Cr 鋼に Mo 0.7~1.3%を含む耐熱鋼である。

(b) 焼戻硬度

1,000~1,150°Cの焼戻温度におのおの30分間保持

後油冷して硬度の変化を調べた。その結果を第9図に示す。図に示すよう焼入温度約 1,100°C で最高硬度を示す。

(c) 焼戻硬度

前述と同様 1,000~1,150°C に油焼入後 400~800°C に各 1 時間焼戻を行つて硬度の変化を調べた。その結果を第10図に示す。図に示すように焼入温度 1,100°C までは、焼戻温度 550°C より急激に硬度を減少する。1,150°C 油焼入の場合は焼戻温度 550°C で二次硬化し、600°C より急激に硬度を減少する。しかして焼入温度の高いほど焼戻硬度は高くかつ軟化抵抗も大きい。

(d) 常温機械的性質

1,080°C に 30 分間保持後油焼入して 550~800°C に各 1 時間焼戻して常温機械的性質を測定した。その結果を第11図に示す。抗張力は焼戻温度の上昇にしたがい減少し、伸び、絞りおよび衝撃値は焼戻温度の上昇にしたがい増大する。なお衝撃値は焼戻温度 500~600°C ではあまり大差ない。

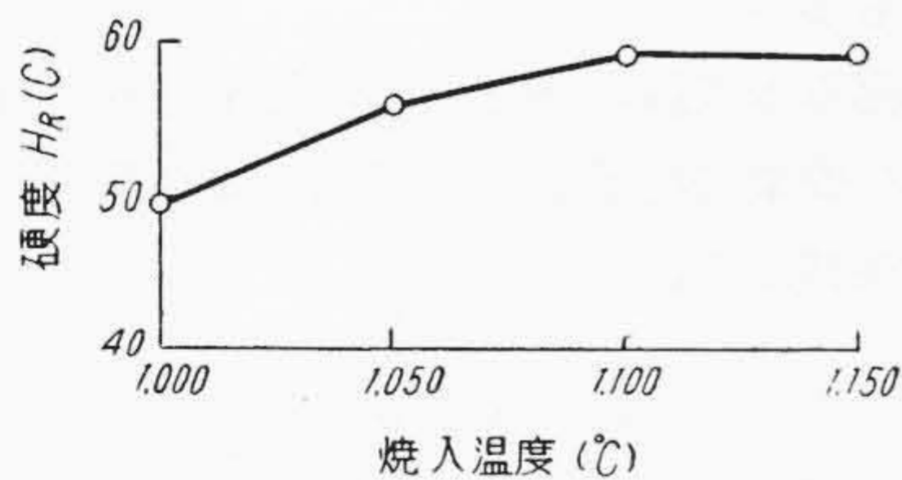
(e) 高温機械的性質

1,080°C に油焼入後 700°C に 1 時間焼戻を行つてのち 500~800°C の試験温度における機械的性質を測定した。その結果を第12図に示す。図に示すように抗張力は温度の上昇にしたがい減少する。伸び、絞

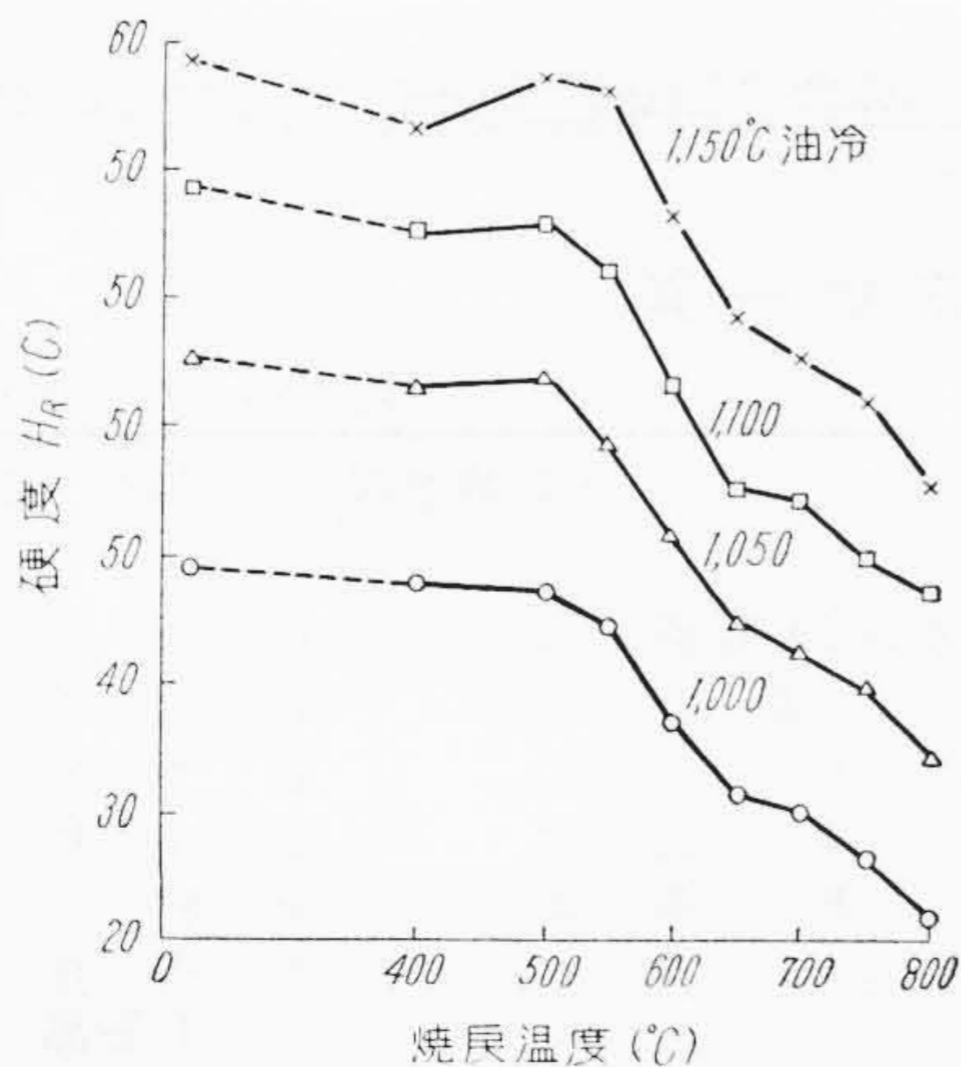
りおよび衝撃値は逆に試験温度の上昇に従い増大する。

(f) ラプチャー強度

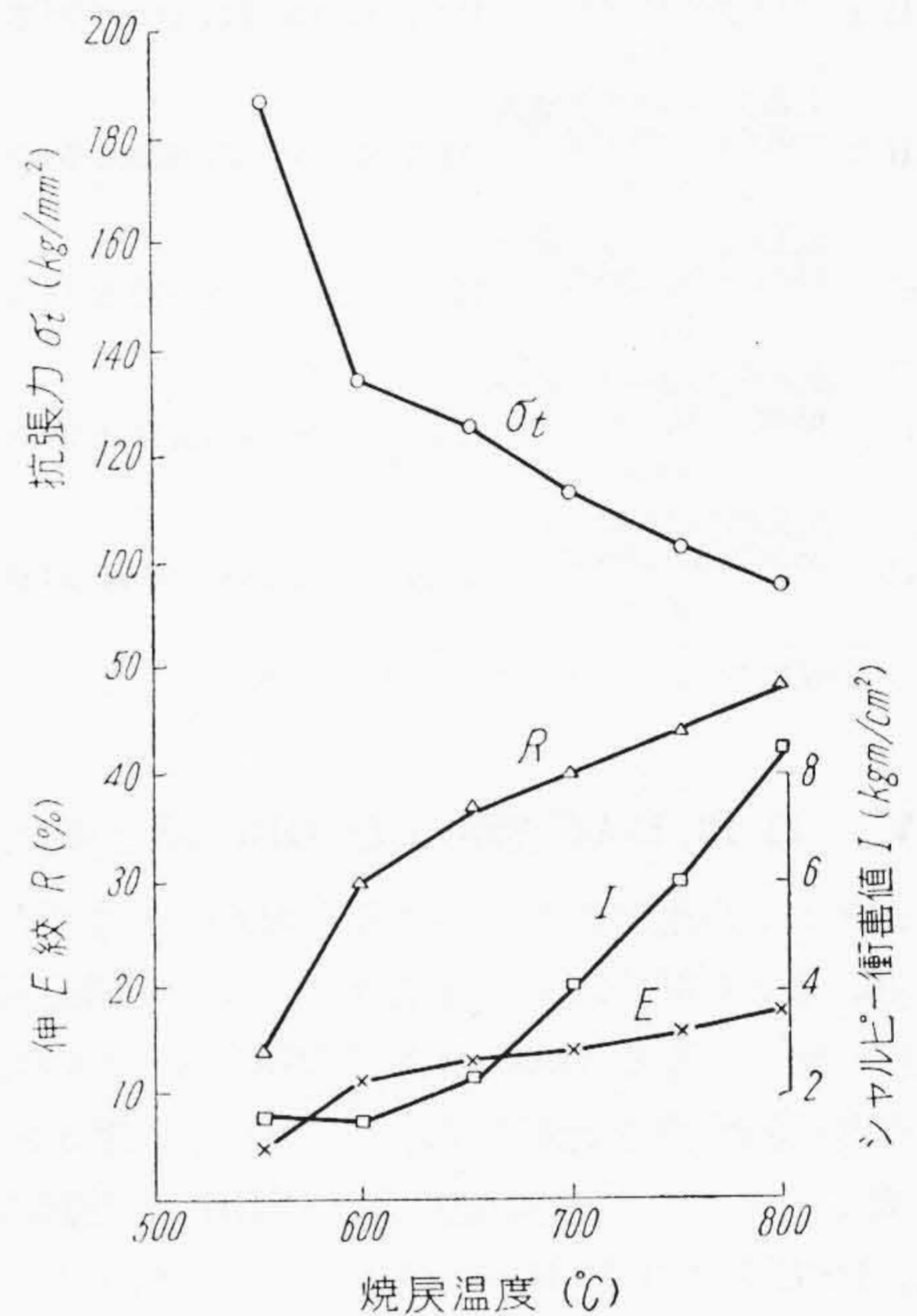
前述と同様の熱処理を行つてのち、600°C および 650°C の 100 時間のラプチャー強度を測定した。その結果を前記第2表に示す。



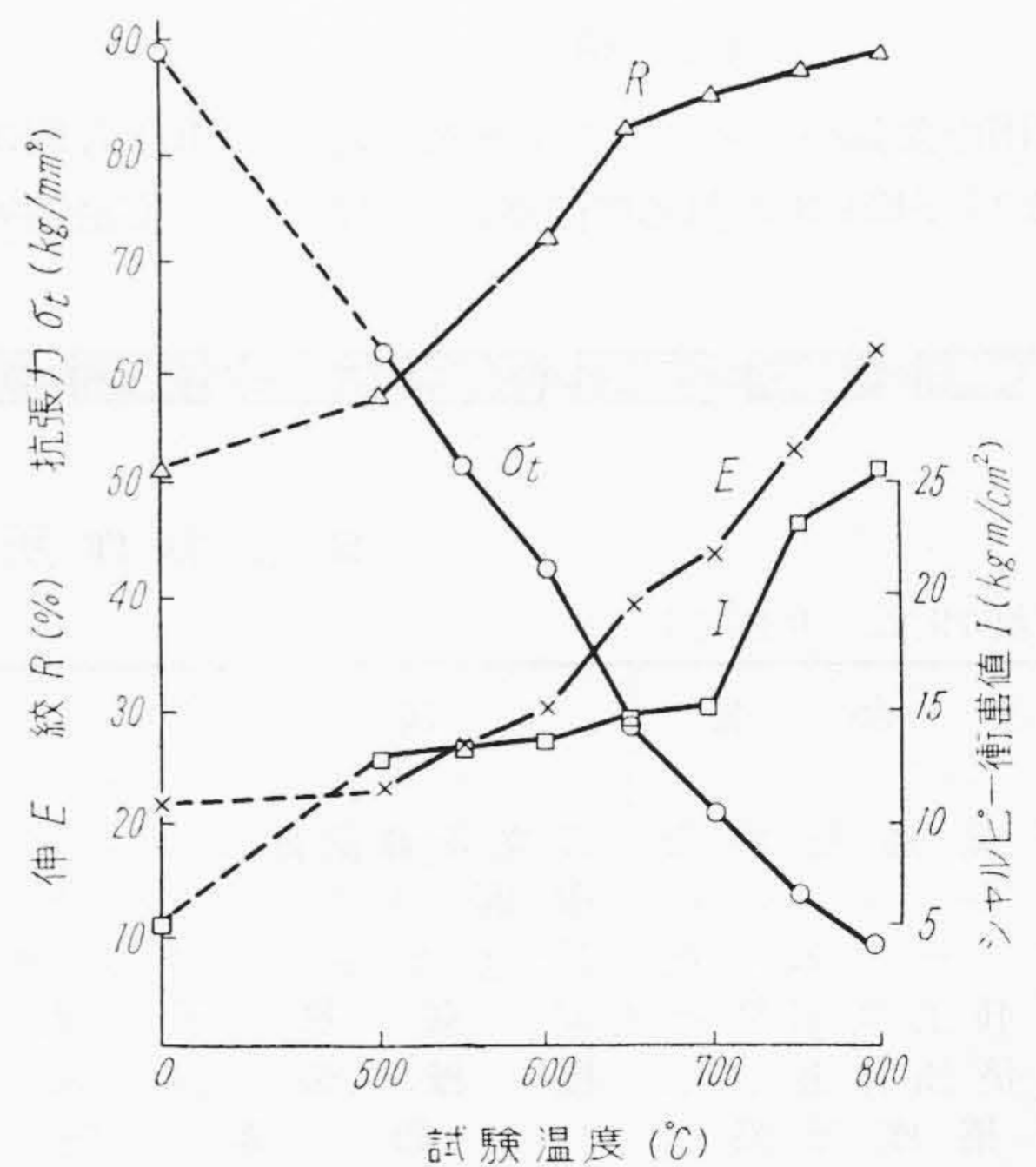
第9図 SEH 3 の焼入温度と硬度との関係



第10図 SEH 3 の焼戻温度と硬度との関係



第11図 SEH 3 の焼戻温度と機械的性質との関係 (1,080°C × 1/2 時間油焼入)



第12図 SEH 3 の高温機械的性質 (1,080°C × 1/2 時間油焼入 → 700°C × 1 時間焼戻)

第3表 SEH 1, SEH 2, SEH 3, DAC, DBC および H46 の高温機械的性質

	試験前熱処理 硬度 HR (c)	機 械 的 性 質*												ラプチャー強度 (kg/mm <sup>2</sup> ) (100時間)		備 考
		常 温			500°C			550°C			600°C			600°C	650°C	
		σ <sub>t</sub>	E	R	σ <sub>t</sub>	E	R	σ <sub>t</sub>	E	R	σ <sub>t</sub>	E	R			
SEH 1	1,080°C×1/2時間油焼入 →850°C×1時間焼戻 25.2	95.7	23.6	53.8	63.6	28.8	68.2	49.6	41.0	77.2	35.6	53.0	87.3	11.2	6.5	化学成分前記
SEH 2	1,100°C×1/2時間油焼入 →700°C×1時間焼戻 34.0	113.7	14.4	38.1	74.1	23.0	55.8	59.8	31.4	75.0	47.5	35.6	81.8	13.8	9.2	化学成分前記
SEH 3	1,080°C×1/2時間油焼入 →700°C×1時間焼戻 32.7	88.7	22.0	51.9	61.6	23.2	58.7	42.5	30.4	72.8	29.6	40.8	87.4	13.3	8.8	化学成分前記
H 46	1,150°C×1時間空冷→ 650°C×1時間焼戻 33.1	115.9	14.0	43.4	83.5	12.5	44.9	68.4	10.9	43.1	63.2	10.0	40.6	33.0	20.1	C Cr Mo V Cb 0.15 10.9 0.54 0.77 0.61
DAC	1,050°C×1時間空冷→ 650°C×3時間焼戻 40.1	120.5	14.4	46.0	88.4	17.4	58.9	79.1	19.2	63.3	63.9	23.8	71.5	35.7	18.3	C Cr Mo V 0.37 5.10 1.53 1.02
DBC	1,050°C×1時間空冷→ 650°C×3時間焼戻 40.9	126.4	12.4	35.6	89.3	16.4	53.9	78.2	22.0	67.4	67.6	23.8	69.0	20.2	12.4	C Cr Mo V W 0.38 4.97 1.41 0.50 1.48

\* σ<sub>t</sub>→抗張力 kg/mm<sup>2</sup>, E→伸び %, R→絞り %

〔IV〕 H 46, DAC 鋼および DBC 鋼との比較

フェライト系耐熱鋼のなかで最も耐熱性のすぐれている H 46, また600°C以下で航空機そのほかの構造用耐熱鋼として使用しうる DAC および DBC 鋼<sup>(1)</sup>との高温における機械的性質を比較した。この結果を第3表に示す。表に示すように常温抗張力は SEH 耐熱鋼に比し DAC, DBC および H 46 が大きい。高温抗張力およびラプチャー強度も DAC, DBC および H 46 が大きい。伸びおよび絞りは常温および高温とも JIS SEH 耐熱鋼が大きい。

性質およびラプチャー強度を測定し使用上の参考に供した。

- (1) 常温および高温抗張力は SEH 2 が最も大きく, SEH 3 が一番小さい。
- (2) 伸びおよび絞りは SEH 1 が最も大きく, ついで SEH 3, SEH 2 の順になる。
- (3) ラプチャー強度は SEH 2 が最も大きく, SEH 1 が最も小さい。

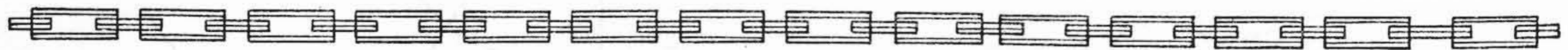
終りに臨み本実験に終始熱心に従事された日立金属工業株式会社安来工場冶金研究所田中康平所員および山根吉長君に深甚なる謝意を表す。

〔V〕 結 言

JIS耐熱鋼のうちフェライト系に属するSEH 1, SEH 2 および SEH 3 の熱処理硬度, 常温ならびに高温機械的

参 考 文 献

- (1) 小柴, 九重: 日本鉄鋼協会広島大会に講演 (昭31-10)



日立製作所社員社外寄稿一覧

(第79頁より続く)

(昭和32年9月受付分)

寄 稿 先	題 目	執筆者所属	執 筆 者
電気通信協会	日立3通話路トランジスタ通信線搬送端局装置	本 社	渡 辺 剛 造
セールス社	顧客の苦情をどう防いでいるか	本 社	備 前 良 助
オーム社	日立ヒューズフリー遮断器について	本 社	千 原 錦 吾
日刊工業新聞社	東京原子力産業懇談会	本 社	中 村 日出雄
経済団体連合会	機械装置の経済的寿命	本 社	村 川 武 雄
産業機械協会	長 距 離 空 気 輸 送 機	本 社	青 島 初 馬 長谷部 卓
オーム社	新鋭火力発電所における制御および保安装置	本 社	岩 田 隼