

新しいバルブ鋼 21-4N (高クロム— 高窒素 (マンガン含有)) の諸性質について

On the Various Properties of New Valve Steel 21-4N (High Cr—High N (Mn Contents))

小 柴 定 雄* 九 重 常 男**
Sadao Koshiba Tsuneo Kuno

内 容 梗 概

自動車用新バルブ鋼，高 Cr-高 N (Mn 含有) オーステナイト系 21-4N の熱処理硬度，常温および高温機械的性質，ラプチャー強度，耐酸化性，加工硬化および顕微鏡組織を調べ使用上の参考に供した。また従来のバルブ鋼 SEH 2, SEH 3, SEH 4 および SEH 5 と高温における諸性質を比較し，21-4N の優秀性を確めた。

第1表 試料の化学成分および規格

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Cu
規 格	0.45~0.55 0.55~0.65	0.15 ~0.35	8.00 10.00	<0.030	<0.030	3.50 ~4.50	20.00 ~22.00	0.35 ~0.45	
試 料	0.60	0.35	9.52	0.020	0.013	3.79	21.99	0.38	0.03

1. 緒 言

自動車エンジンは近時高圧縮比の高オクタン価ガソリンが使用され，エンジンはいっそう高温で駆動され

るようになり，乗用車では 700°C が常用温度であり，トラックの場合はときに 870°C にも達するといわれる。したがって従来のバルブ鋼では高温における耐蝕性，強度の点で寿命がはなはだ短く，高級なバルブ鋼が強く要望されるにいたった。最近この要望にこたえるため米国において 21-4N という高 Cr-高 N (Mn 含有) バルブ鋼が発表され好評を博しており，わが国においても広く使用される傾向にある。そこで 21-4N 鋼を試作し熱処理硬度，常温，高温機械的性質，ラプチャー強度，耐酸化性などを調べ使用上の参考に供した。

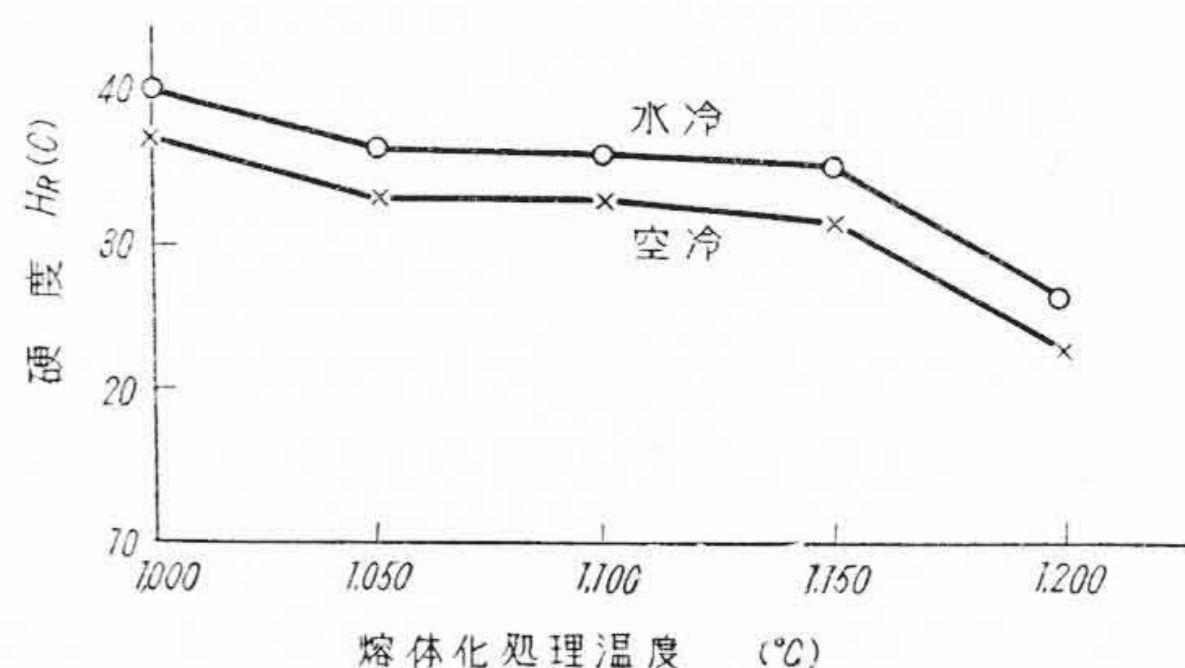
2. 試料の熔製および化学成分

本鋼は N0.35~0.45% を含有しているが，これは窒化フェロクロム (N 約 1.6%) より十分添加することができる。試料は高周波電気炉を使用して熔製した 100kg 鋼塊を鍛造圧延により 11mmφ とし用いた。試料の化学成分および成分規格を第1表に示す。なお C の規格は多少の変動がある。21-4N は Ni を低め，代りに Mn を高めてオーステナイトにすると同時に N の固溶度を増加せしめている。

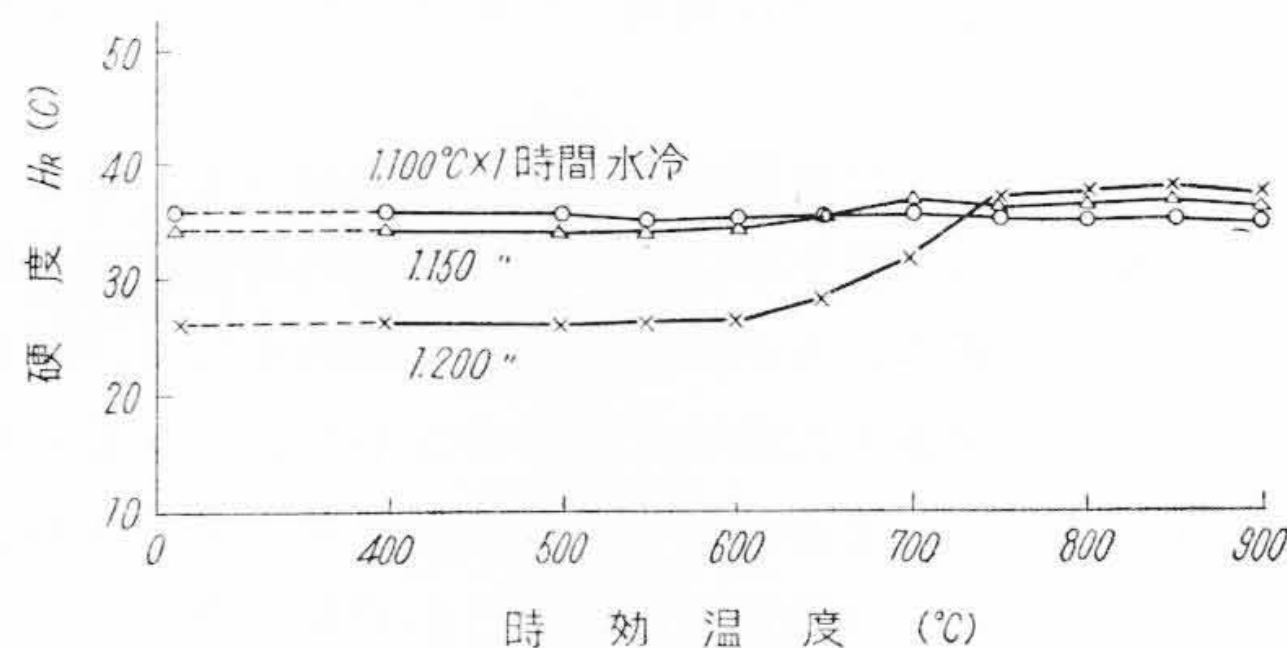
3. 実 験 結 果

3.1 溶体化処理温度と硬度との関係

試料は 11mmφ×10mm とし 1,000~1,200°C の溶体化処理温度に各 1 時間保持後水冷および空冷して硬度の



第1図 溶体化処理温度と硬度との関係



第2図 時効温度と硬度との関係

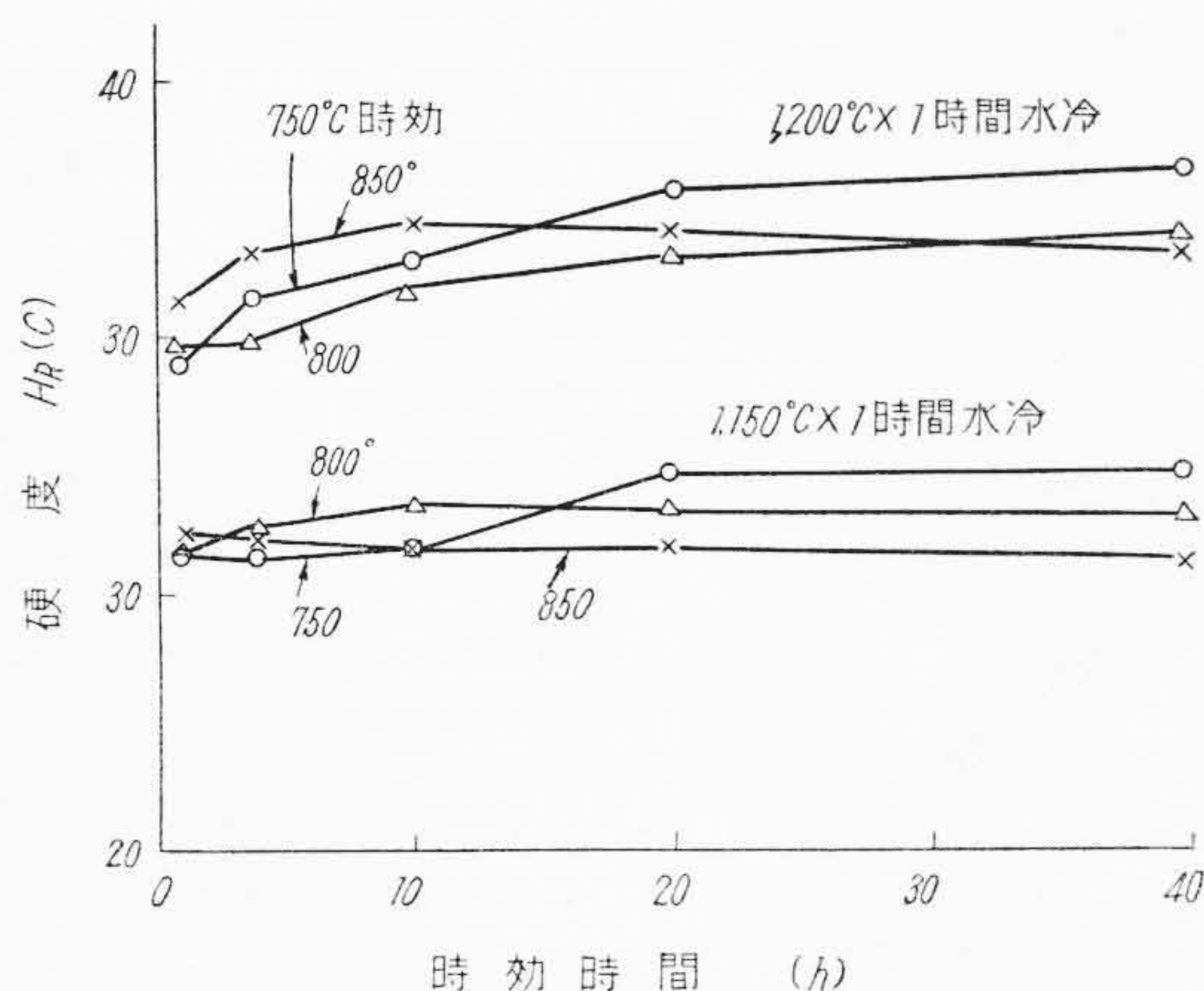
変化を測定した。その結果を第1図に示す。溶体化処理温度の上昇に従い硬度は減少する。しかして水冷に比し空冷の場合は硬度が小さい。これは水冷の場合が空冷に比し冷却ひずみが大きくかつ炭化物，窒化物の固溶度が大きいためと考えられる。

3.2 時効温度と硬度との関係

試料は 11mmφ×10mm とし，1,100，1,150°C およ

* 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3図 時効時間と硬度との関係

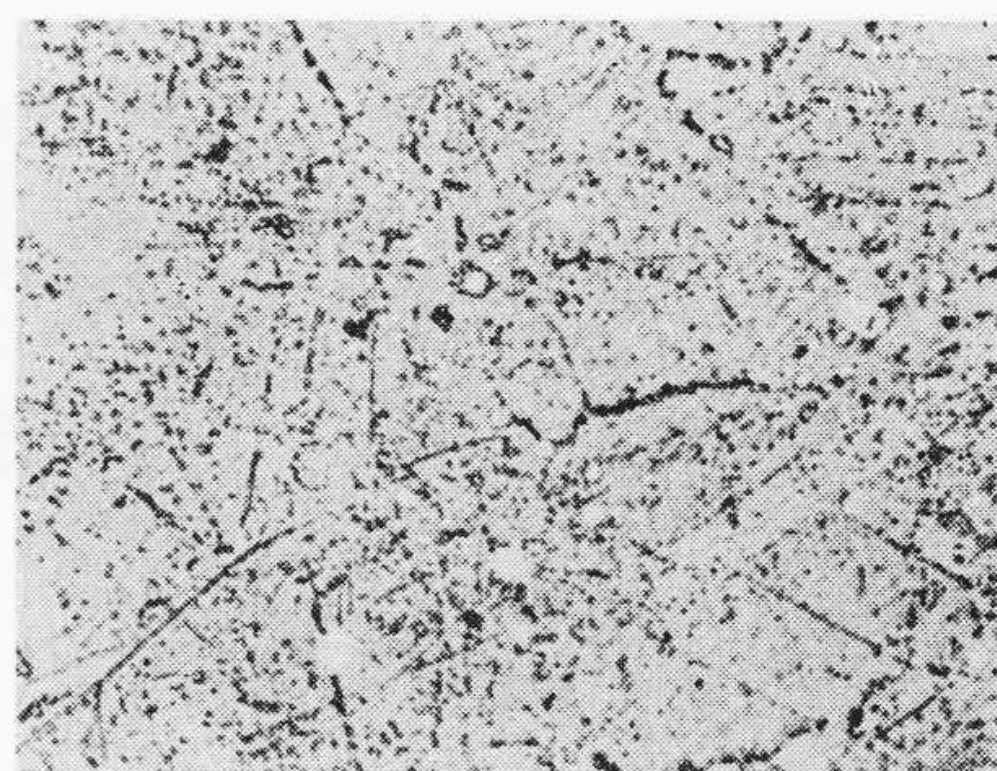
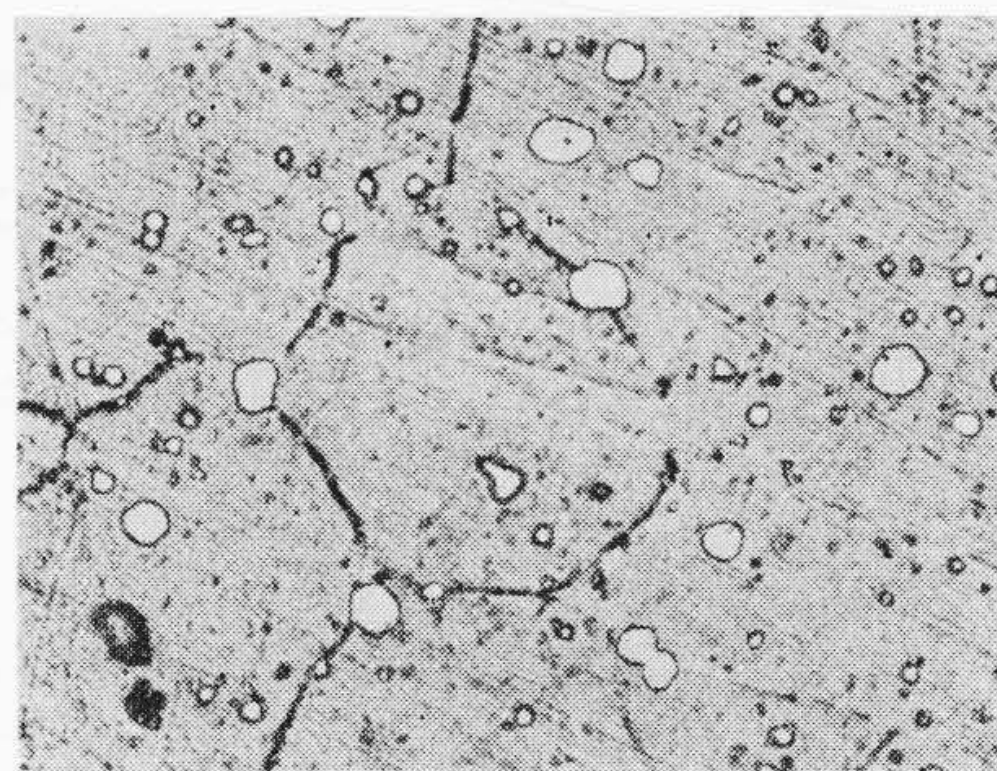
び 1,200°C の 3 温度に各 1 時間保持後水冷して溶体化処理を行い、400~900°C の時効温度にそれぞれ 1 時間保持後空冷して硬度を測定した。その結果を第 2 図に示す。図に示すごとく 1,100°C および 1,150°C 水冷の場合はいずれも時効温度により硬度に大差ない。1,200°C 水冷の場合は時効温度 650°C 付近より硬化をはじめ、時効温度 850°C で最大硬度を示す。なお時効温度 750°C 以上では溶体化処理温度の高いほど硬度が大きい。

3.3 時効時間と硬度との関係

試料は前述と同様 11 mm ϕ ×10mm とし、1,150°C および 1,200°C の 2 温度より溶体化処理を行い、750, 800°C および 850°C の時効温度にそれぞれ 40 時間まで時効を行い硬度を測定した、その結果を第 3 図に示す。なお時効は同一試料で 1, 3, 6, 10, 20 時間の 5 段階の時効を行い通算を 40 時間とした。

1,150°C 水冷の場合 750°C 時効の試料は時効時間の長くなるに従い硬度を増大する。800°C 時効の場合は 10 時間まで硬度を増し、20 時間以上では減少の傾向を示す。850°C 時効の場合は時効時間の長くなるに従い硬度を減少する。1,200°C 水冷の場合 750°C 時効の試料は時効時間の長くなるにしたがい硬度を増大する。800°C 時効の場合も同様の傾向を示す。

850°C 時効の場合は 10 時間まで硬度を増大するが、20 時間以後時効時間の長くなるにしたがい硬度を減少する。1,150°C および 1,200°C 水冷の両者を比較すると溶体化処理温度の高い 1,200°C の場合が、それぞれの時効温度での硬化が著しくかつ遅い。これは第 4 図および第 5 図に示すごとく 1,200°C 水冷の試料は 1,150°C 水冷の試料に比し細かい析出物がみられず固溶体化の効果が顕著である。したがって 1,200°C 水冷の場合は 1,150°C 水冷に比し炭化物および窒化物の固溶が多いため、時効による析出量が大きくかつ時間を要するためと思われる。

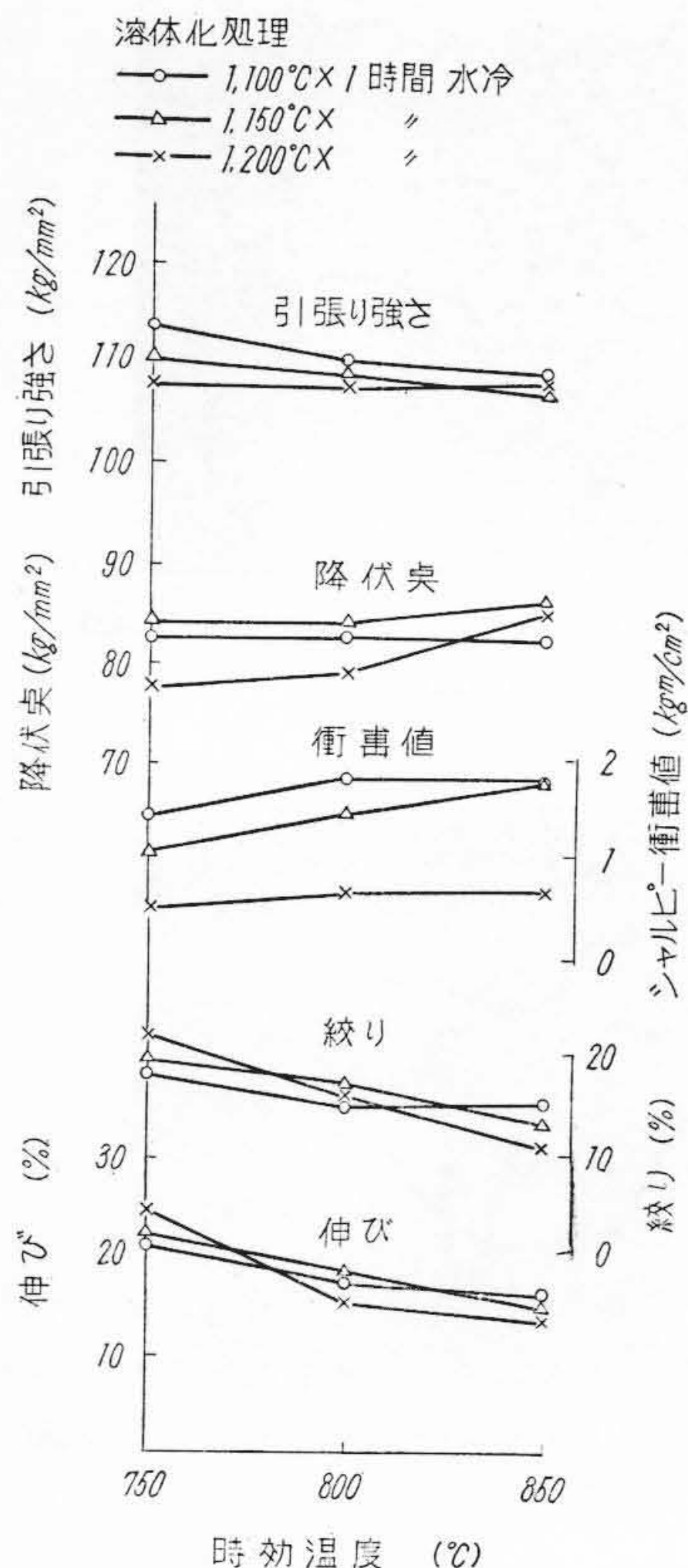
第4図 21-4N のマイクロ組織 ×420
(1,150°C×1時間水冷)第5図 21-4N のマイクロ組織 ×420
(1,200°C×1時間水冷)

3.4 常温機械的性質

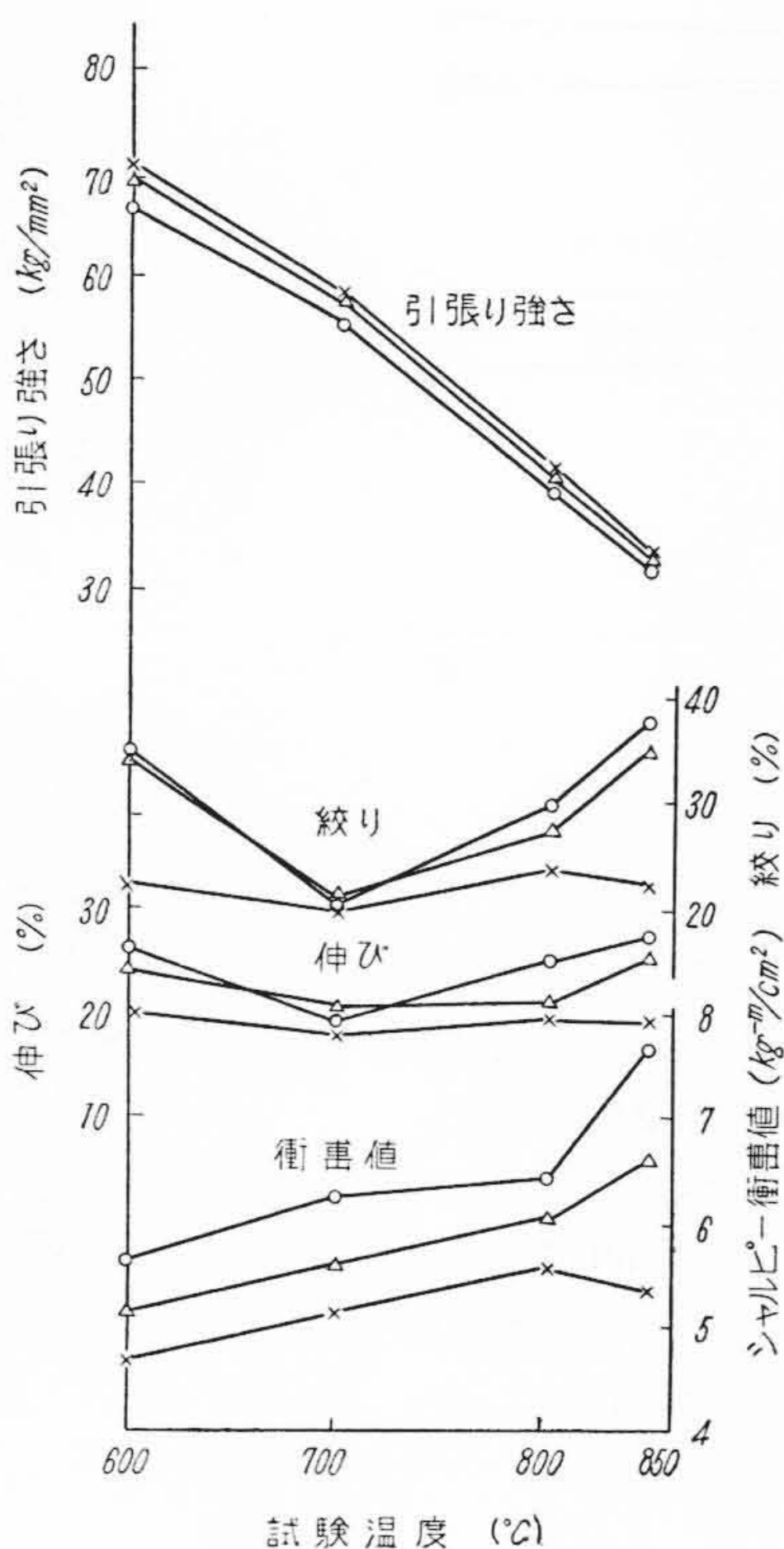
平行部 5 mm ϕ の引張り試験片を 1,100, 1,150°C および 1,200°C に各 1 時間保持後水冷して溶体化処理を行い、750, 800°C および 850°C の 3 温度にそれぞれ 1 時間時効して引張り試験を行った。その結果を第 6 図に示す。引張り強さは時効温度の上昇に従い減少するが、この傾向は溶体化処理温度の低いほど著しい。降伏点は引張り強さと逆に時効温度の上昇に従い増大する。伸びおよび絞りも時効温度の上昇に従い減少するが溶体化処理温度により大差が認められない。衝撃値のみは 15mm 角鍛伸材よりシャルピー試験片を作り試験を行ったが、時効温度の上昇に従い増大する。しかして溶体化処理温度の低いほど大きい衝撃値を示す。

3.5 高温機械的性質

前述と同様の試験片を 1,100, 1,150°C および 1,200°C の 3 温度より溶体化処理を行い、850°C に 1 時間時効して 600~850°C の温度における高温機械的性質を測定した。その結果を第 7 図に示す。引張り強さは試験温度の上昇にしたがい減少する。しかして溶体化処理温度の高いほど引張り強さが大きい。伸びおよび絞りは 1,200°C 溶体化処理の試料は試験温度により大差が認められないが、1,100°C および 1,150°C 溶体化処理の試料は試験温度 700°C で最少値を示す。衝撃値は試験温度の上昇に従



第6図 21-4N の常温機械的性質

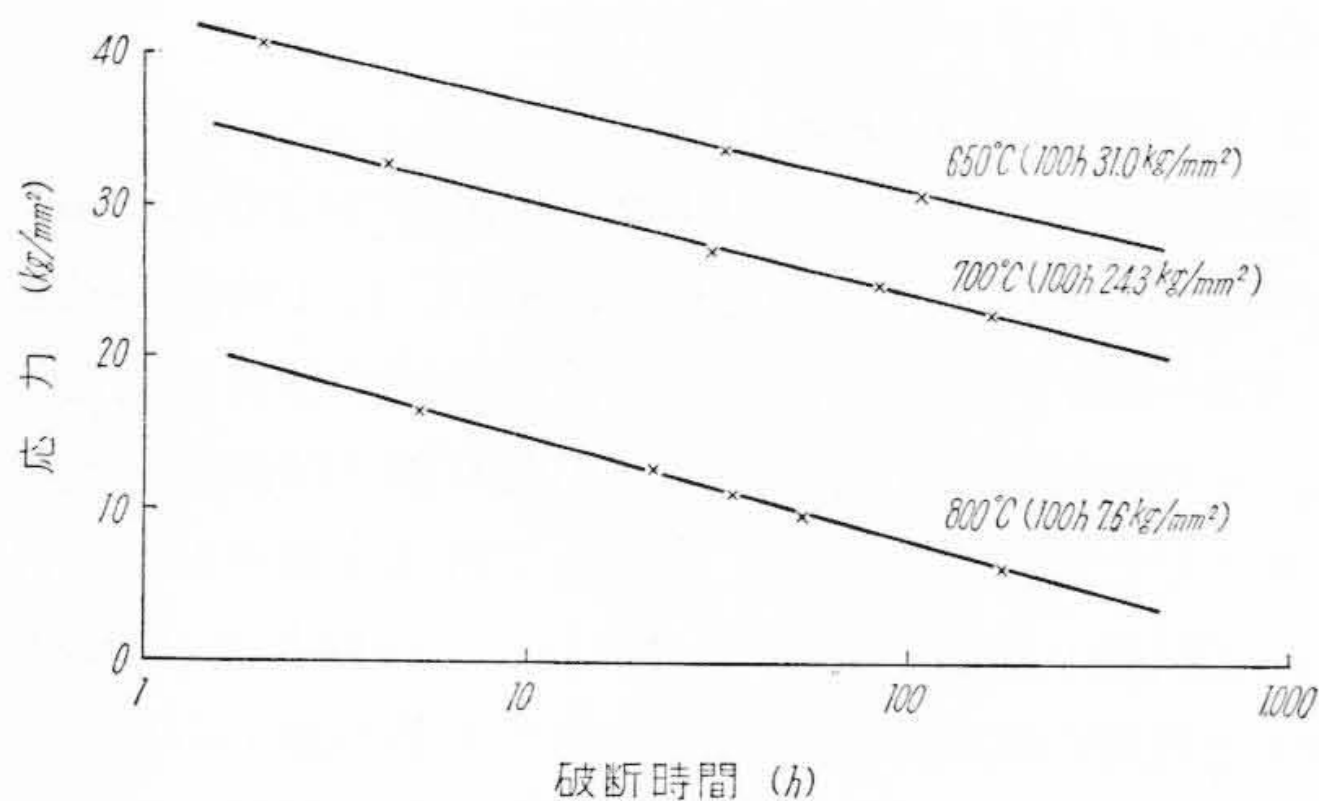


第7図 21-4N の高温機械的性質

い増大するが、1,200°C 溶体化処理の場合は 850°C でやや減少する。しかして伸び、絞りおよび衝撃値は各試験温度を通じ溶体化処理温度の低い試料ほど大きい。

3.6 ラプチャー強度

平行部 5 mmφ のラプチャー試験片を 1,150°C に 1 時間保持後水冷して溶体化処理を行い、850°C に 1 時間時効して 650, 700°C および 800°C の 3 温度における 100 時間のラプチャー強度を求めた。その結果を第8図に示す。なお図の横軸は対数目盛とした。図より各温度

第8図 21-4N のラプチャー強度
(1,150°C × 1時間水冷, 850°C × 1時間時効)

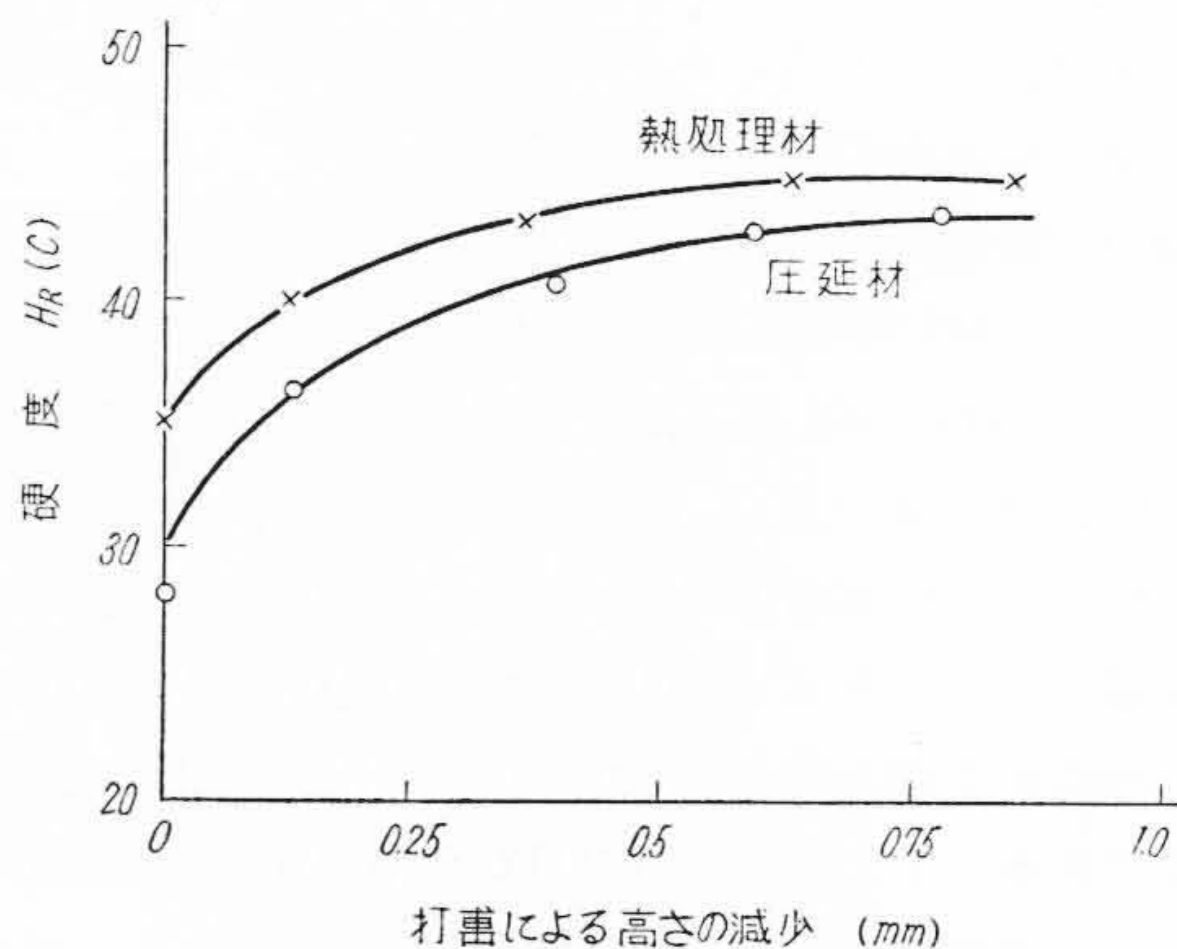
における 100 時間のラプチャー強度は 650°C で 31.0 kg/mm², 700°C が 24.3 kg/mm², 800°C は 7.6 kg/mm² となる。

3.7 耐酸化性

自動車バルブ鋼は高温においてガソリンの排気ガスにさらされる。したがって排気ガスに対する耐蝕性の大きいことが望ましい。本実験ではガソリンの燃焼ガスによる耐蝕性については行わなかったが、空気中における耐酸化性についての実験を行い従来のバルブ鋼との比較を行った。試料は 10 mmφ × 20 mm とし、1,150°C × 1 時間水冷、850°C × 1 時間の熱処理を行い、エメリー紙 04 まで研磨し、ベンゾールおよびエーテルで洗滌して管状電気炉で 600°C および 700°C に 50 時間まで加熱して酸化増量を秤量した。その結果を第2表に示す。

第2表 酸化増量 $\times 10^{-5} \text{g/cm}^2$
(1,150°C × 1時間水冷, 850°C × 1時間時効)

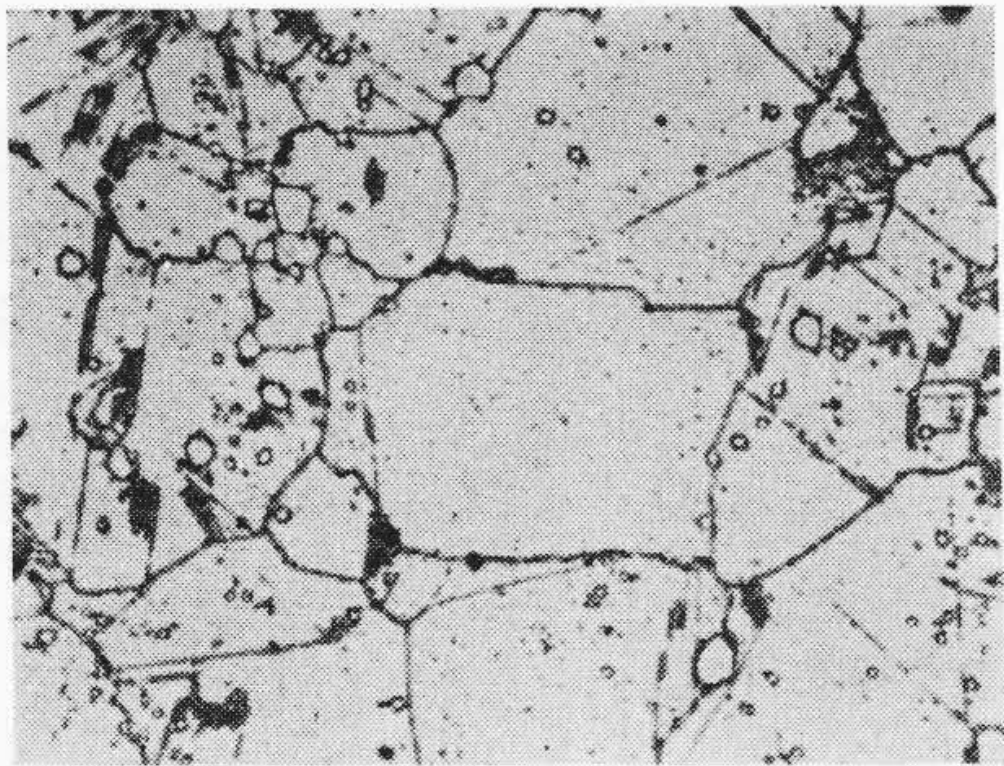
試料	600°C		700°C	
	20 時間	50 時間	20 時間	50 時間
21-4N	7.49	10.09	11.39	16.25



第9図 冷間加工による硬度の変化

第3表 SEH 2, SEH 3, SEH 4, SEH 5 および 21-4N の高温特性

	試 験 前 熱 処 理 硬 度 HR(C)	高 温 機 械 的 性 質*						ラプチャー 強度 (kg/mm ²) 650°C100時 間	酸 化 増 量 ×10 ⁻⁵ g/ cm ² 700°C 20時間加熱
		600°C			700°C				
		σ _t	E	R	σ _t	E	R		
SEH2	1,100°C×1½時間油焼入→ 700°C×1時間焼戻 34.0	47.5	35.0	81.8	21.5	53.6	93.0	13.8	12.6
SEH3	1,080°C×1½時間油焼入→ 700°C×1時間焼戻 32.7	29.6	40.8	87.4	21.3	43.8	90.6	13.3	29.7
SEH4	1,100°C×1½時間油冷→ 700°C×1時間時効 VH 218(Rc換算 16)	54.8	35.0	51.0	40.4	42.4	53.0	23.0	19.3
SEH5	1,100°C×1½時間水冷→ 750°C×1時間時効 VH 194(Rc換算 16)	49.3	38.0	50.9	35.8	40.0	49.0	22.6	14.6
21-4N	1,150°C×1時間水冷→ 850°C×1時間時効 36.7	69.0	24.8	34.0	57.9	20.0	23.2	31.0	11.4

* σ_t 引張り強さ kg/mm², E 伸び %, R 絞り %第10図 21-4N のミクロ組織 ×420
(1,150°C×1時間水冷, 850°C×1時間時効)

3.8 冷間加工による硬度の変化

バルブとして使用する場合頭部は時として HR(C) 40 以上の硬度が要求される。本鋼は前述のごとく熱処理では HR(C) 40 以上を得ることができない。そこで圧延材および熱処理材 (1,150°C×1時間水冷, 850°C×1時間時効) をハンマーにて打撃を加え加工硬化を調べた。その結果を第9図に示す。なお硬度は打撃面にて測定した。熱処理材は圧延材に比し硬度が大きい。硬化度は圧延材が大きい。しかして両材とも HR(C) 40 以上は十分得られる。

3.9 顕微鏡組織

1,150°C×1時間水冷, 850°C×1時間時効の顕微鏡組織を第10図に示す。図に示すごとく完全なるオーステナイト地に大きい初析炭化物と粒界および基地中に細かい析出物が認められる。なお大きい初析物は赤血塩溶液にて着色されクロムの炭化物であることが確認された。

3.10 SEH 2⁽²⁾, SEH 3⁽²⁾, SEH 4⁽³⁾, および SEH 5⁽³⁾ との高温特性の比較

第3表に 21-4N, SEH 2, SEH 3, SEH 4 および SEH 5 の高温機械的性質, ラプチャー強度, 酸化増量を示した。高温引張り強さは 21-4N が最も大きく、フェライト系の SEH 2 および SEH 3 が最も小さい。伸びおよび絞りは SEH 2 および SEH 3 が最も大きく、オーステナイト系の SEH 4, SEH 5 がこれにつづき、21-4N が最も小さい。ラプチャー強度は 21-4N が最も大きく、SEH 4, SEH 5 がこれにつづき、SEH 2, SEH 3 が最も小さい。酸化増量は 21-4N が最も小さい。

4. 結 言

高 Cr-高 N(Mn 含有)オーステナイトバルブ鋼 21-4N の熱処理硬度, 常温および高温機械的性質, ラプチャー強度, 耐酸化性, 顕微鏡組織などを調べ, 従来の SEH バルブ鋼との比較を行った。

21-4N 鋼は熱処理硬度, 引張り強さおよびラプチャー強度が SEH 鋼に比し著しく大きい。伸びおよび絞りが小さく靱性にとぼしい。

耐酸化性は 21-4N が最も大きい。

終りに本実験に終始熱心に従事された日立金属工業株式会社冶金研究所田中康平所員ならびに山根吉長君に謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) Steel, Metalworking Weekly 1957, 18, Feb. (p. 169-172)
- (2) 小柴, 九重: 日立評論 39, 1322 (昭 32-11)
- (3) 小柴, 九重: 日立評論別冊特集 24, 3 (昭33-7)