

砂鉄系原料鉄配合率を異にせる高炭素 高クロム鋼 (CRD) の諸特性

新持喜一郎* 永島祐雄**

Properties of High Carbon High Chromium Dies Steel CRD with Reduced Ratio of Iron Sand Origin Steel Content

By Kiichirō Shinji, D.S.E., and Sukeo Nagashima
Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The high carbon high chromium dies steel CRD, a speciality of this Works, has hitherto been made integrally from the raw iron material of iron sand origin. However, in view of the present shortage of this type of iron the writers recently carried out an investigation to see whether the use of it can be economized at no sacrifice of excellent quality of the product.

The research was conducted in such a manner that several types of dies steels, each with different content of the raw iron of iron sand origin, were manufactured using high frequency induction furnace and electric arc furnace, and the products were carefully compared to examine their characteristics under various conditions.

The results were discouraging when viewed from the point of the saving of iron sand origin raw iron, but they, on the other hand, attested entirely the excellent quality of our CRD steel.

The results may be summarized as follows:

- (1) In impact value vs. equal hardness, displayed when tempered at 100~750°C after oil quenching at 950°C, the steel made solely out of the raw iron of iron sand origin (hereinafter abbreviated to 100% iron sand steel) showed the highest value.
- (2) When tempered at 600~750°C after oil quenching at 950°C, elongation and reduction in area vs. equal hardness became larger and tensile strength became a little higher as the content of iron sand origin raw iron increased.
- (3) When annealed at 880°C and tempered at 625°C after oil quenching at 950°C, impact value vs. equal hardness at high temperatures proved highest for 100% iron sand steel.
- (4) 100% iron sand steel has shown also the largest elongation and reduction in area vs. equal hardness at high temperatures when heat-treated as stated above. In regard to tensile strength, however, the difference of the content of iron sand origin raw iron has caused no substantial effect.
- (5) The effect of the difference of the contents on deforming ratio after heat treatment was not obvious.
- (6) The durability was tested by means of the Matsumura's repeated impact testing machine. When annealed and tempered after quenching 100% iron sand steel showed the highest durability.

* 日立製作所安来工場 工博

** 日立製作所安来工場

〔I〕 緒 言

砂鉄系原料鉄を種々の割合に配合した CRD 鋼に就いてダイス鋼としての諸性能を比較し、本原料鉄の優秀性を確かめ、以てその配合率の節減の妥当性判定の一助たらしめんとした。

〔II〕 試 料

試料は研究室用 50 kg 高周波電気炉に依るものと、現場の 5t 弧光炉に依るものと 2 方法に依つて熔製した。

(1) 50 kg 高周波電気炉に依るもの

装入材料の配合は第 1 表の如くである。尙配合率 100% のものは厳密に言えば約 76% に相当するが日立製作所安来工場の慣習に従つて表現する。その化学分析結果は第 2 表の如くである。この結果から判る如く C 含有量は何れも規格値より高くなつてゐるが、本研究の目的が砂鉄系原料鉄の影響にあるので実験に供した。尙その鍛造性に就いて現場的に判定した結果、両者間に殆ど差異を認め得なかつた。

(2) 5t 弧光炉に依るもの

装入材料の配合は第 3 表に示す如くにして、砂鉄系原料鉄の配合率を種々変えたもの 4 種を得た。熔番 A1 は所謂 100% に該当するものであるが、実際は 75% に相当する。A3 及び A4 は何れも CRD の循環材を使用している関係上、循環材が所謂 100% のものであつてもそれぞれ約 35 及び 30% 位に相当する。その分析結果は第 4 表の如くである。鍛造性に及ぼす砂鉄系原料鉄配合率の影響は現場的に認め得なかつた。

第 1 表 装入材料の配合

Table 1. Charge

試番	装入材料 (kg)			砂鉄系原料鉄配合率 (%)
	白紙 2 号 (循環)	イ 501 (循環)	Fe—Cr	
K 1	39.55	0	12.25	100 (76)
K 2	24.4	14.9	11.68	47

第 2 表 試料の化学分析結果 (%)

Table 2. Chemical Analysis of Test Pieces (%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
規格	2.00~2.20	<0.50	<0.60	<0.030	<0.030	<0.5	12.00~15.00
K1	2.28	0.33	0.20	0.020	0.007	0.15	11.99
K2	2.34	0.45	0.23	0.020	0.007	0.19	12.46

第 3 表 装入材料の配合 (kg)

Table 3. Charge (kg)

試番	砂塊	白塊屈	CRD (循環)	CRL (循環)	低 C Fe—Cr	高 C Fe—Cr	砂鉄系原料鉄配合率 (%)
A1	1,240	2,600	—	—	600	700	100(75)
A2	1,230	1,450	—	1,300	500	820	50
A3	—	—	2,500	1,900	285	400	<35
A4	—	—	2,000	C7 2,200	—	800	<30

第 4 表 試料の化学分析結果 (%)

Table 4. Chemical Analysis of Test Pieces (%)

試番	C	Si	Mn	P	S	Mi	Cr
A1	2.20	0.10	0.64	0.023	0.007	0.12	12.95
A2	2.13	0.17	0.58	0.019	0.007	0.13	12.61
A3	2.23	0.10	0.61	0.023	0.008	0.39	12.56
A4	2.25	0.41	0.57	0.018	0.008	0.30	13.29

〔III〕 焼入焼戻温度と硬度との関係

(1) 焼入温度と硬度との関係

850~1,050°C の各温度から油冷及び空冷した場合の硬度を示すと第 1~2 図の如くにして、油冷、空冷の場合ともに同様な傾向を示し、100% のものが最高硬度を示す焼入温度は他のものより低い。高周波炉熔解試料 K1 及び K2 に就いても同様の結果を得た。

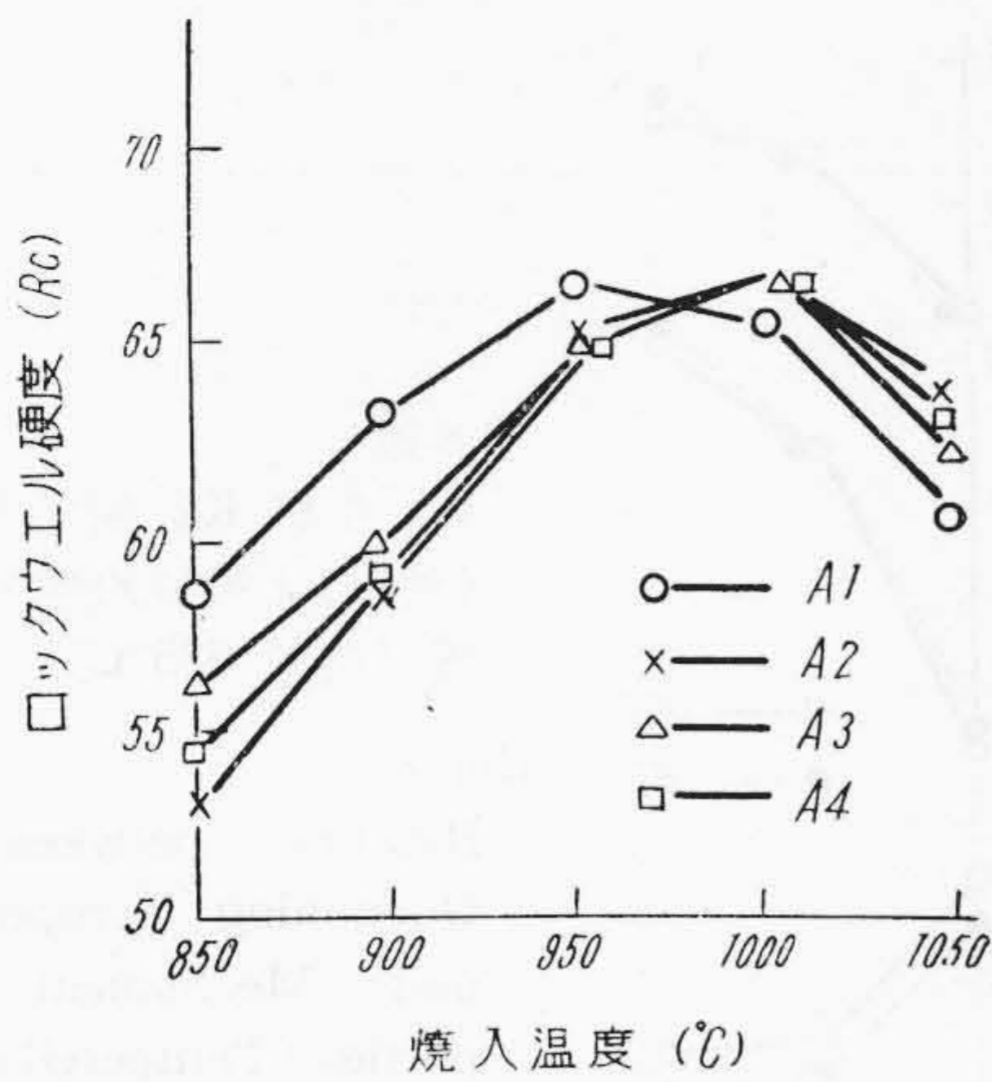
(2) 焼戻温度と硬度との関係

900~1,050°C の各温度より油冷、空冷した後 100~800°C の各温度で焼戻した場合の硬度を示すと第 3 図及び第 4 図の如くである。砂鉄系原料鉄配合率の影響は明瞭には見られない。

〔IV〕 焼入焼戻温度と衝撃値との関係

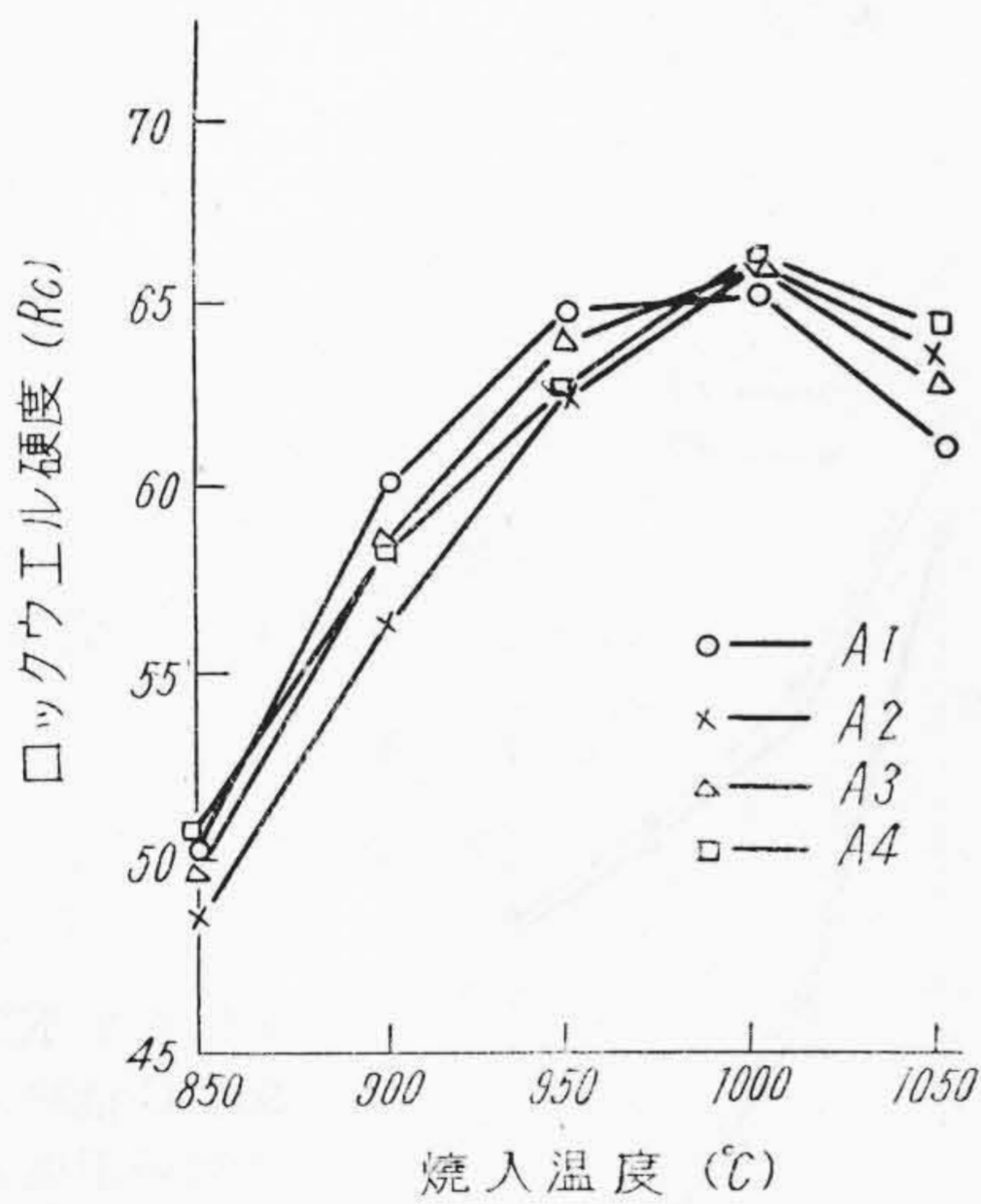
(1) 焼入温度と衝撃値との関係

900~1,000°C の各温度より油冷後 625°C で焼戻した場合の衝撃値と焼入温度との関係は第 5 図 (次頁参照) の如くにして、100% の方が若干靱性に富んでいることが判る。弧光炉試料に於ても 100 及び 50% のものが比較的優秀で 30% のものが最も劣つてゐる。



第1図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の焼入温度 (油冷) と硬度との関係

Fig. 1. Relation between Oil Quenching Temperature and Hardness

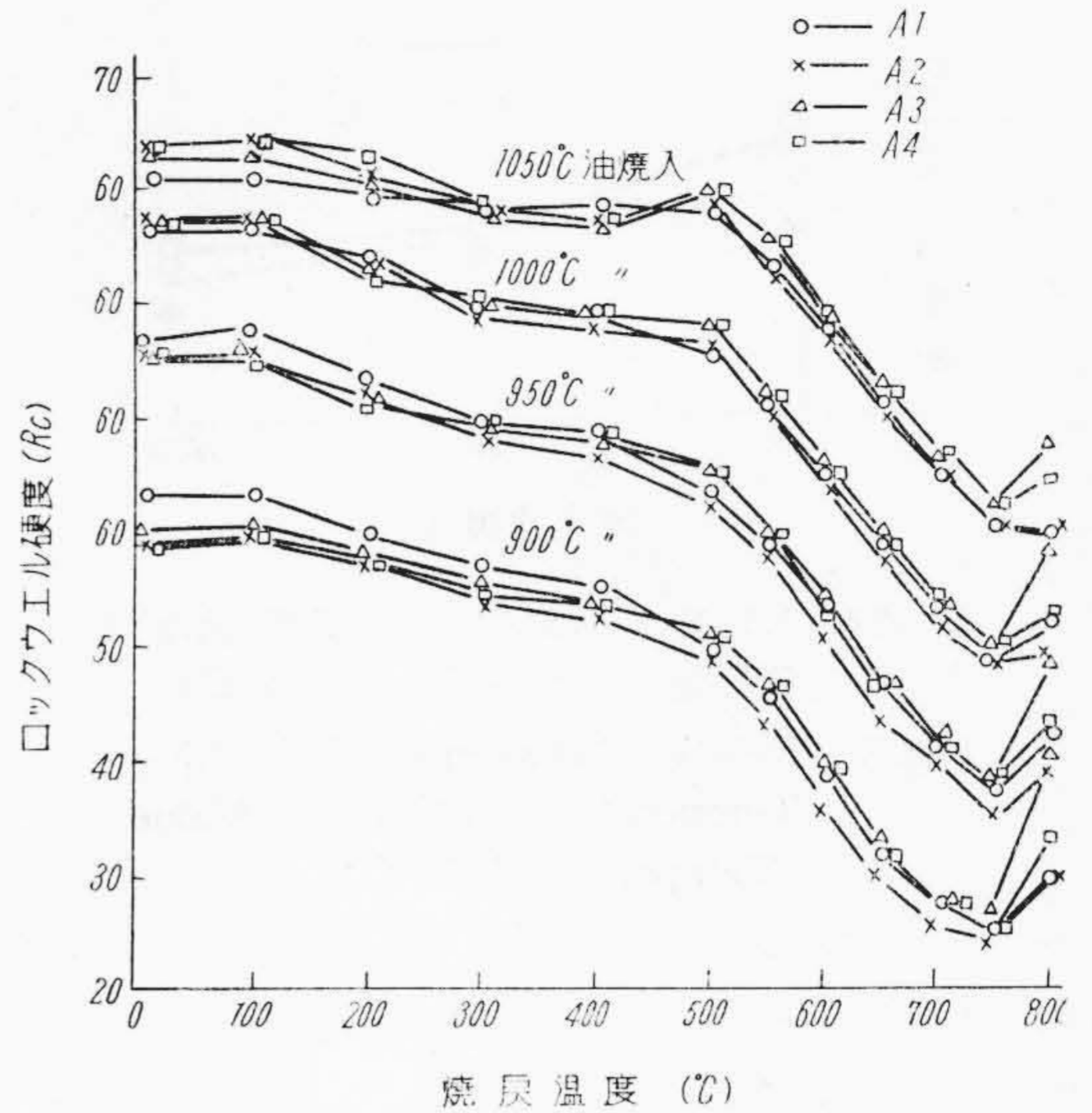


第2図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の焼入温度(空冷) と硬度との関係

Fig. 2. Relation between Air Cooling Temperature and Hardness

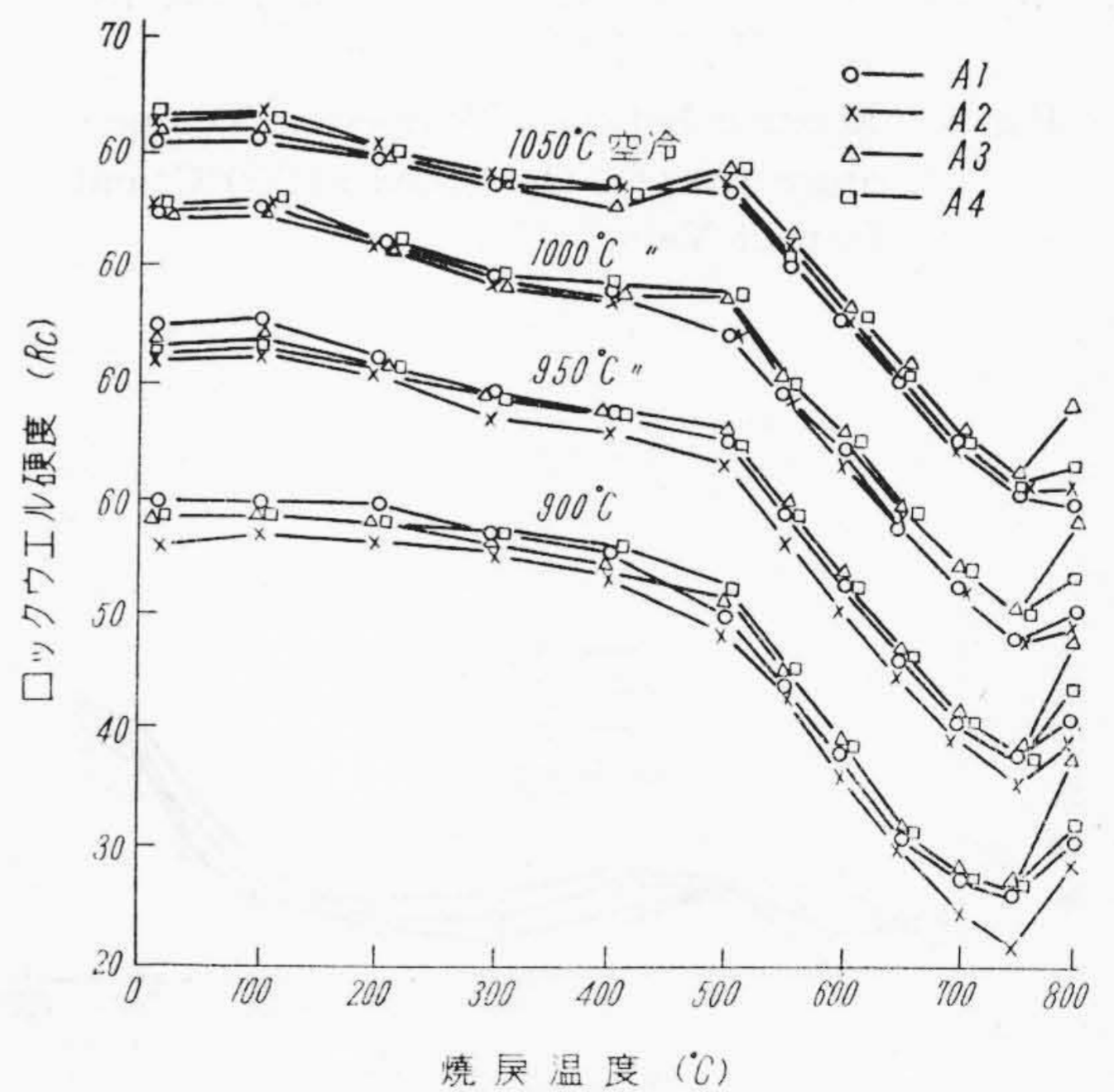
(2) 焼戻温度と衝撃値との関係

950°C から油冷後 100~750°C の各温度に於て焼戻した場合の衝撃値を示すと第6図及び第7図の如くである。即ち第6図に於て400°C迄は配合率の影響は100%のものが若干劣るものゝ如くであるが、500°C以上に於ては明瞭に優れている。第7図に於て500°C迄は配合率の最も低いものが靱性に富み、100%のものがこれに次いでいるが、600°C以上では100%のものが最も優秀で、配合率の最も低いものが最も劣っている。



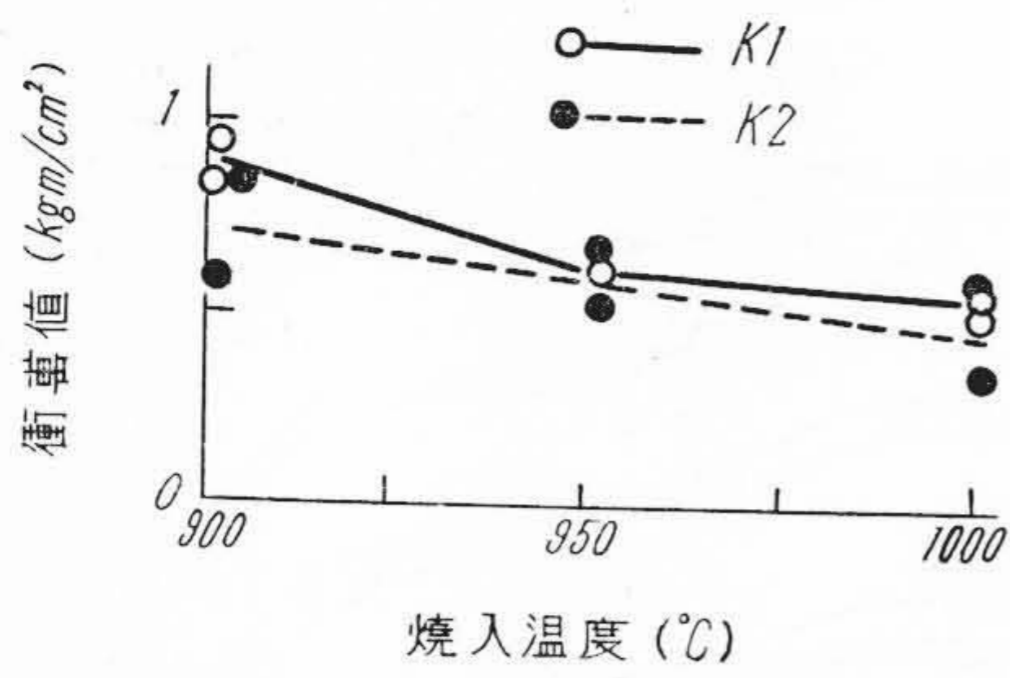
第3図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 900~1,050°C 油焼入試料の焼戻温度と硬度との関係

Fig. 3. Relation between Tempering Temperature after Oil-Quenched at 900~1,050°C and Hardness

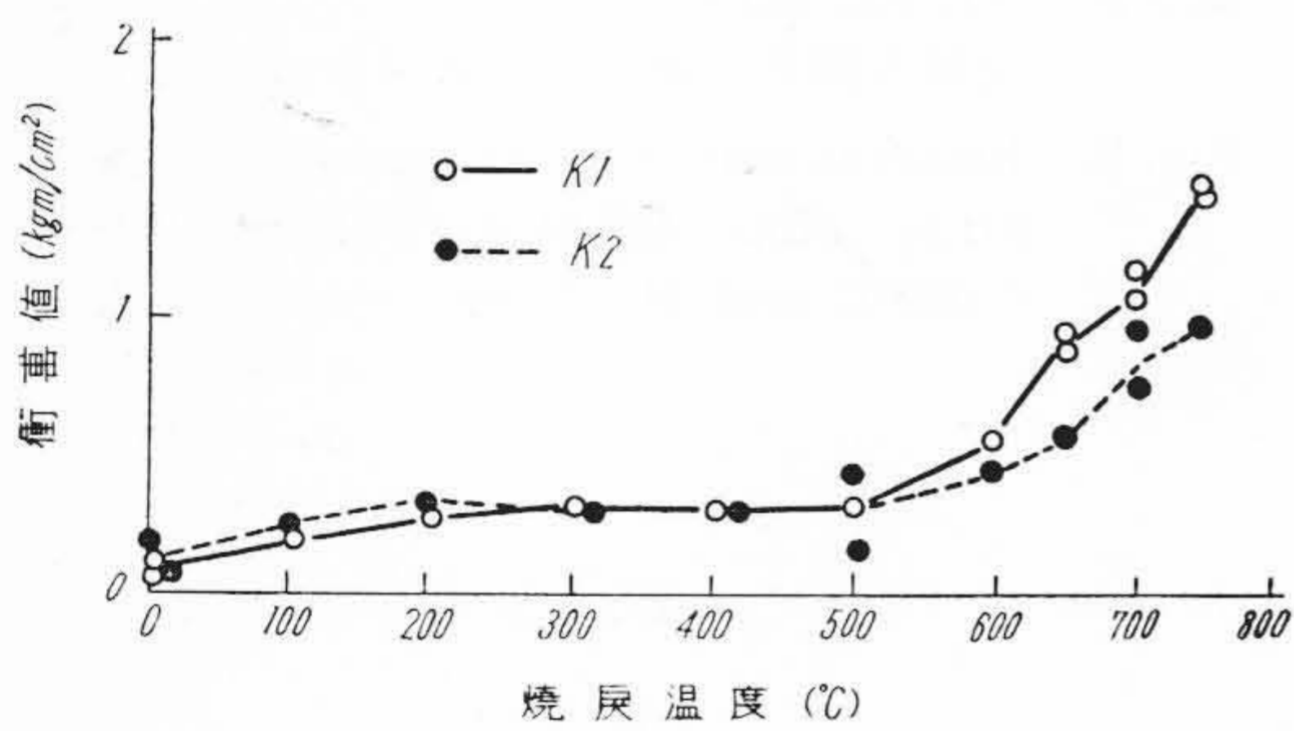


第4図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 900~1,050°C 空冷試料の焼戻温度と硬度との関係

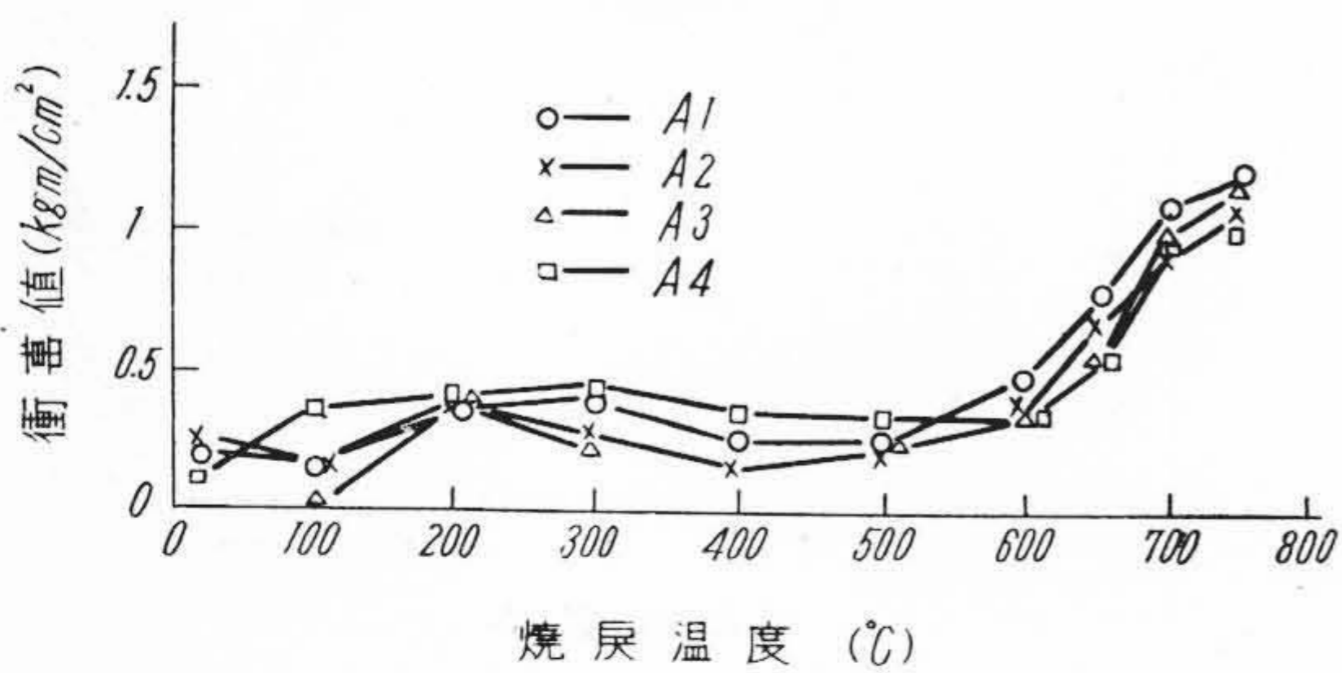
Fig. 4. Relation between Tempering Temperature after Air-Cooled at 900~1,050°C and Hardness



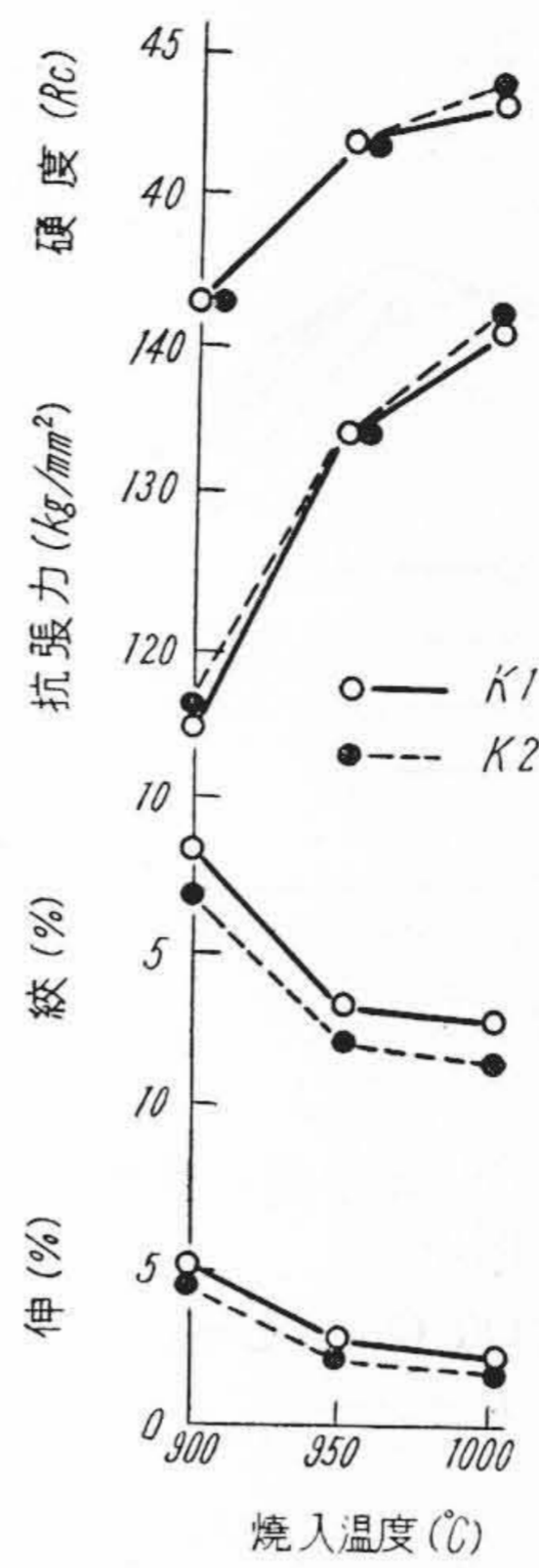
第5図 K1 及び K2 鋼の焼入温度(油冷)と衝撃値との関係 (焼戻 625°C)
 Fig. 5. Relation between Oil Quenching Temperature and Impact Value (Tempered at 625°C)



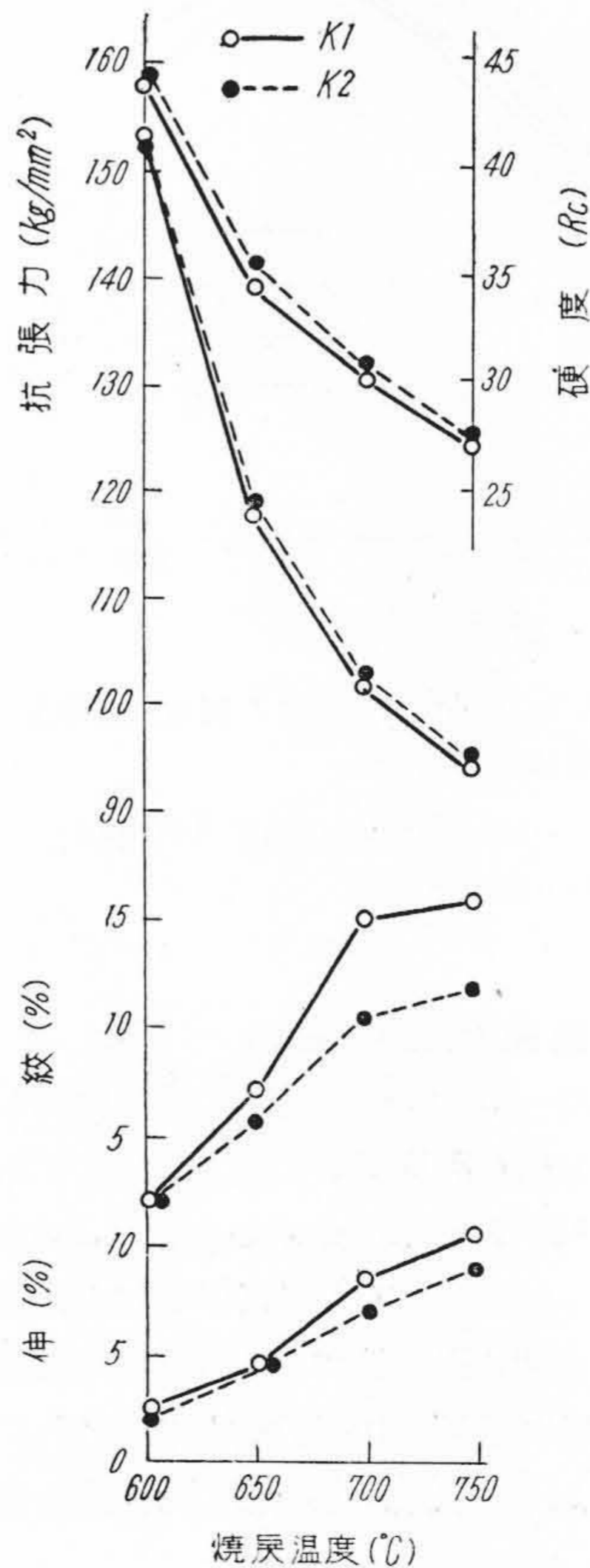
第6図 K1 及び K2 鋼の 950°C 油焼入試料の焼戻温度と衝撃値との関係
 Fig. 6. Relation between Tempering Temperature after Oil Quenched at 950°C and Impact Value



第7図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 950°C 油焼入試料の焼戻温度と衝撃値との関係
 Fig. 7. Relation between Tempering Temperature after Oil Quenched at 950°C and Impact Value



第8図 K1 及び K2 鋼の焼入温度(油冷)と機械的性質との関係 (焼戻 625°C)
 Fig. 8. Relation between Oil Quenching Temperature and Mechanical Properties (Tempered at 625°C)



第9図 K1 及び K2 鋼の 950°C 油焼入試料の焼戻温度と機械的性質との関係
 Fig. 9. Relation between Tempering Temperature after Oil Quenched at 950°C and Mechanical Properties

〔V〕 焼入焼戻温度と抗張力との関係

(1) 焼入温度と抗張力との関係

900~1,000°C の各温度より油冷後、625°C で焼戻した場合の抗張力その他に就いては第8図に示す如く配合率100%の方が伸び、絞ともに大にして、抗張力には殆ど差が認められない。弧光炉試料に於ても同様の傾向が見られる。

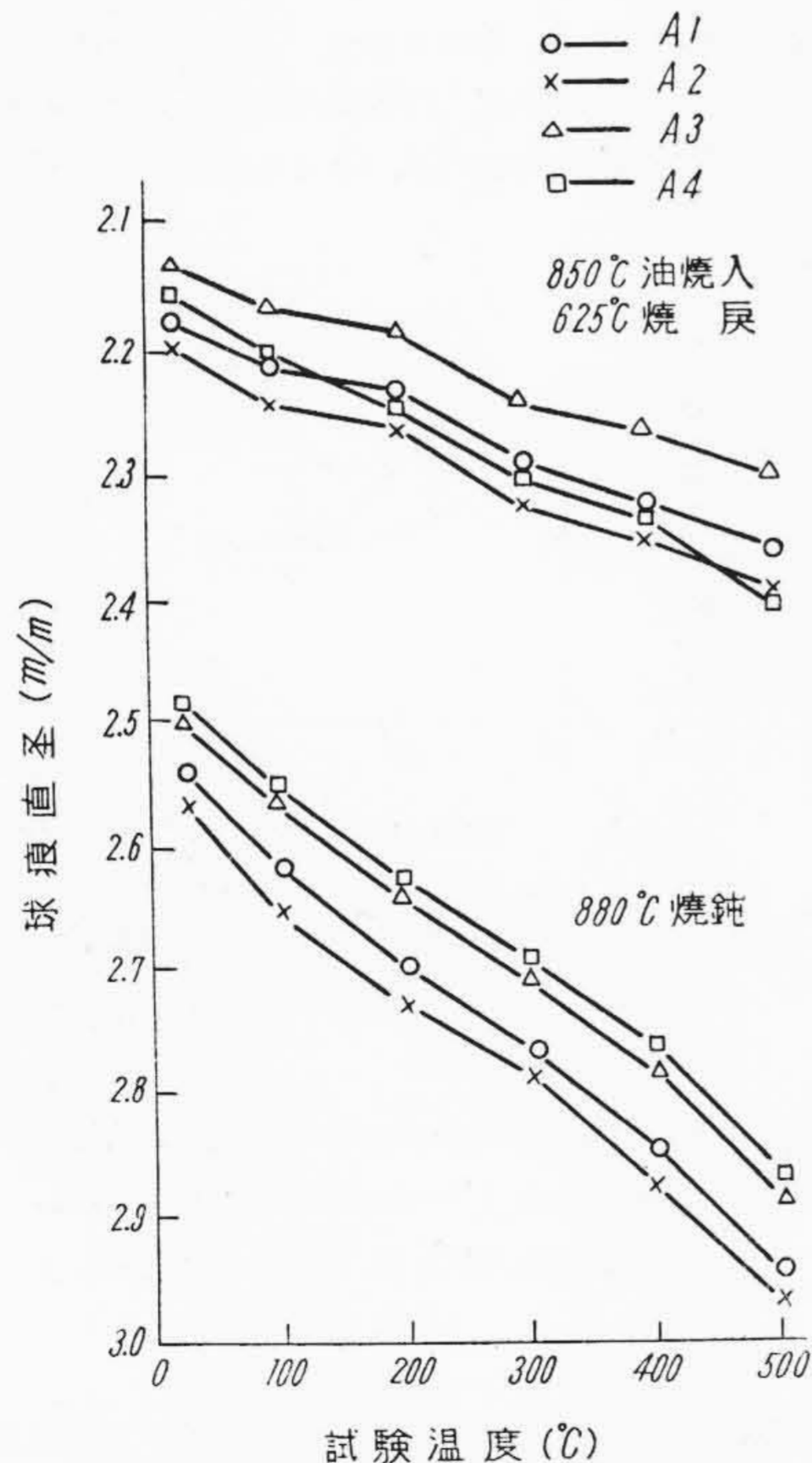
(2) 焼戻温度と抗張力との関係

950°C から油冷後、600~750°C の各温度に於て焼戻した場合の抗張力その他は第9図に示す如くにして、100%の方が抗張力に於て少々低く、伸び及び絞は大である。弧光炉試料に於ても100, 50%のものが抗張力が低く、伸び、絞が大であるに反し、35, 30%のものは抗張力が大で、伸び、絞が小である。

〔VI〕 熱間に於ける機械的性質

(1) 硬 度

880°C 焼鈍材及び 950°C 油冷、625°C 焼戻材に就いて室温~500°C に於ける硬度を求めた結果は C, Cr の変動



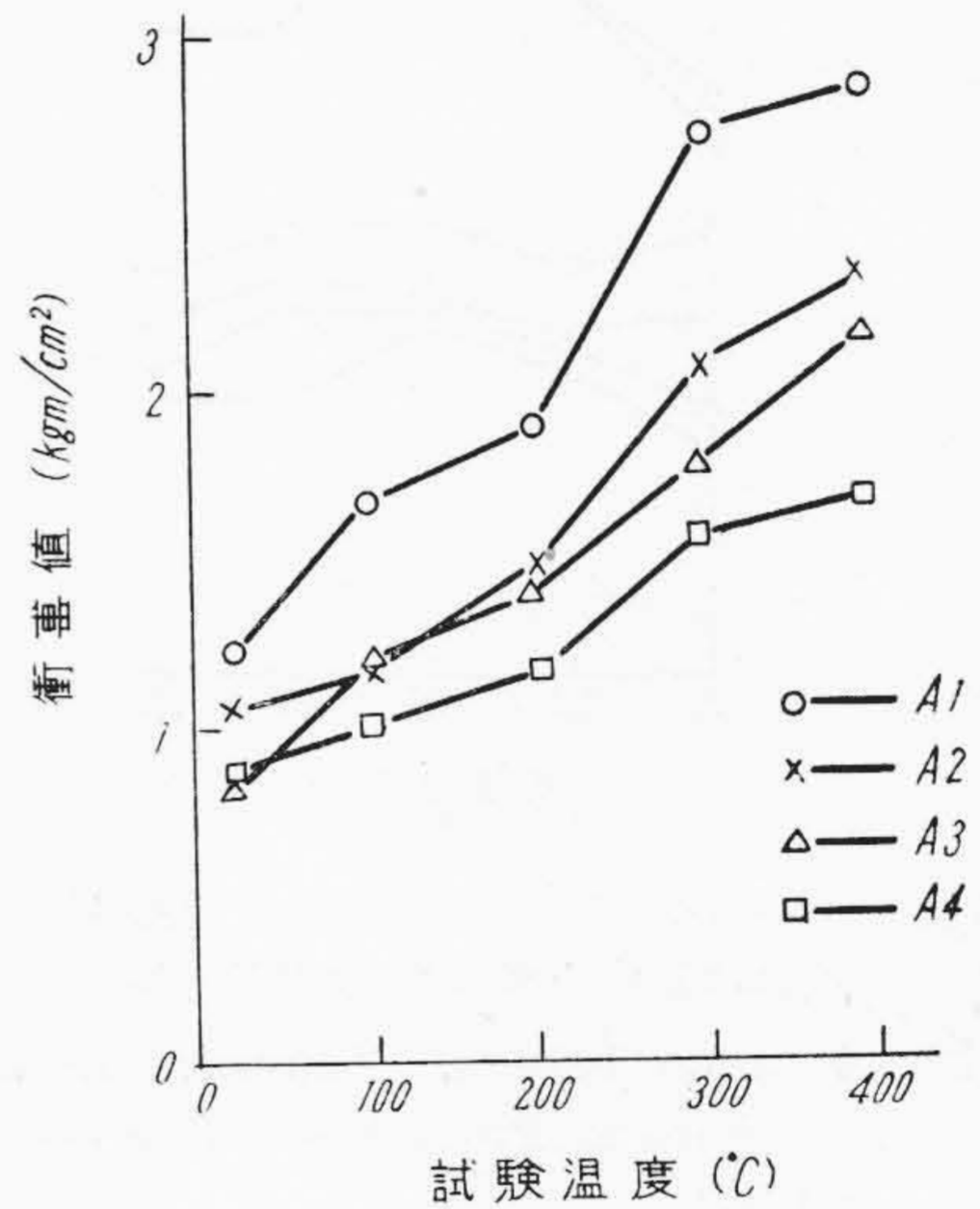
第10図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 880°C 焼鈍試料及び 950°C 油焼入 625°C 焼戻試料の温度と硬度との関係

Fig. 10. Relation between Temperature and Hardness (Annealed at 880°C, Tempered at 625°C after Oil Quenched at 950°C)

があるため明瞭な結果が得られなかつた。(第10図参照) 即ち 880°C 焼鈍材では 50, 100, 35, 30% の順に硬度が大となり、焼入焼戻の場合 50% が最も軟く、35% が最も硬い。100% と 30% はその中間にあつて両者には余り差異がない。高周波炉試料では焼鈍及び焼入焼戻材とも 100% の方が若干硬度が低い。

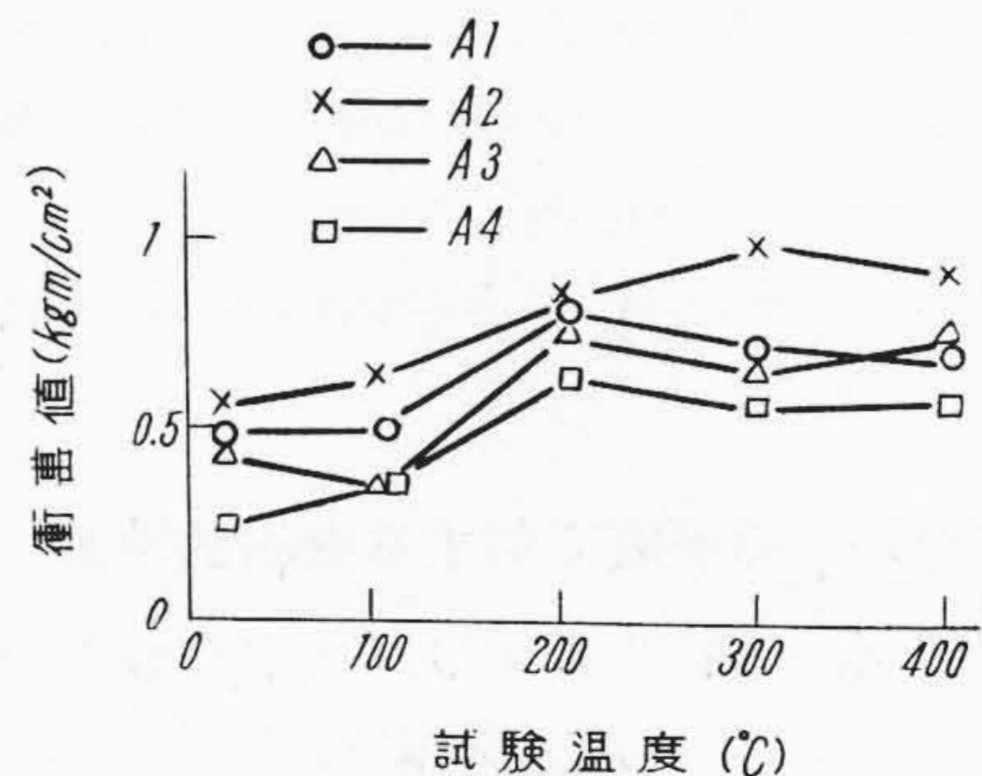
(2) 衝 撃 値

上述の場合と同様な熱処理条件のものに就いて、室温~400°C に於ける衝撃値を求めた結果は第11図及び第12図の如くにして、100% の方が勝れ、30% が最も劣つて



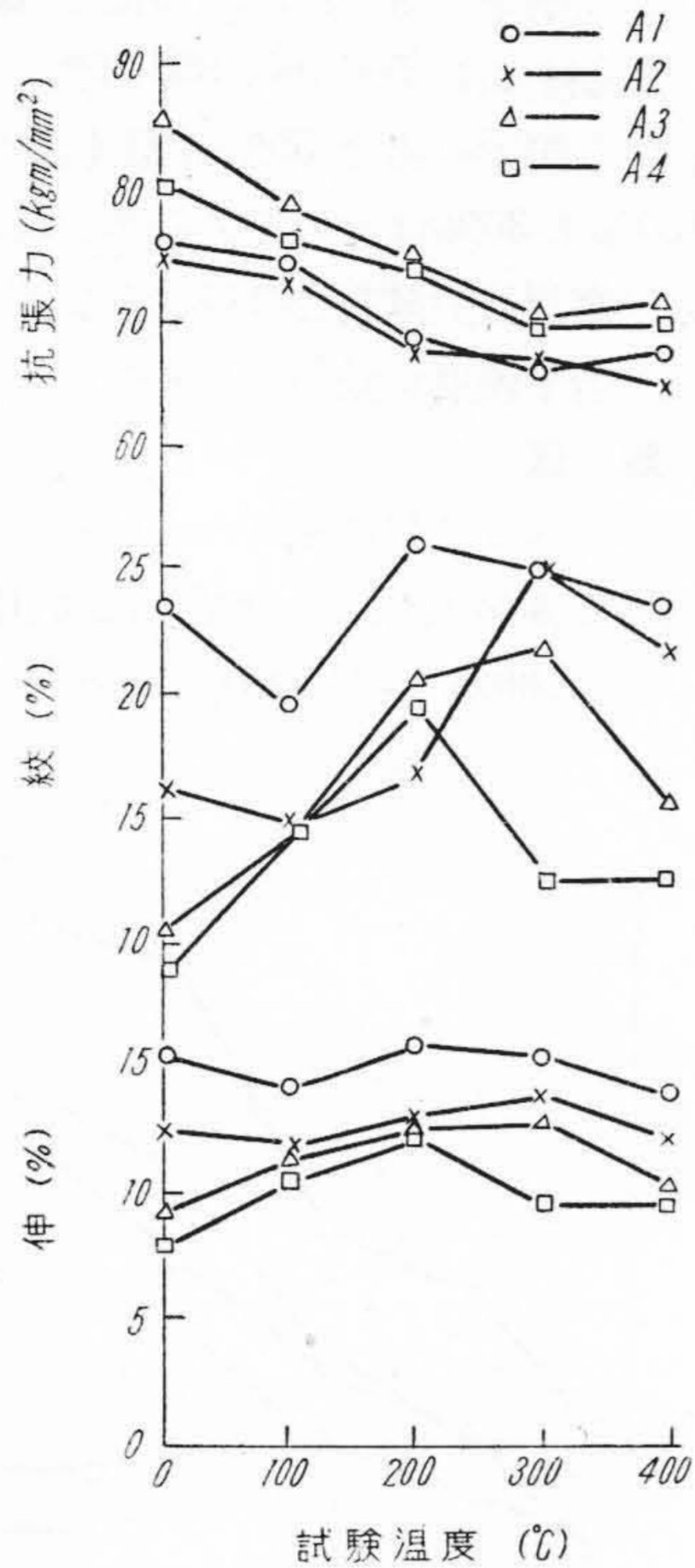
第11図 A1, A2, A3 及び A4 鋼 880°C 焼鈍試料の温度と衝撃値との関係

Fig. 11. Relation between Temperature and Impact Value (Annealed at 880°C)



第12図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 950°C 油焼入 625°C 焼戻試料の温度と衝撃値との関係

Fig. 12. Relation between Temperature and Impact Value (Tempered at 625°C after Oil Quenched at 950°C)



第 13 図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 880°C 焼鈍試料の温度と機械的性質との関係

Fig. 13. Relation between Temperature and Mechanical Properties (Annealed at 880°C)

いることが判る。高周波炉試料に於ても同様にして100%の方が50%のものに比し靱性に富んでいる。

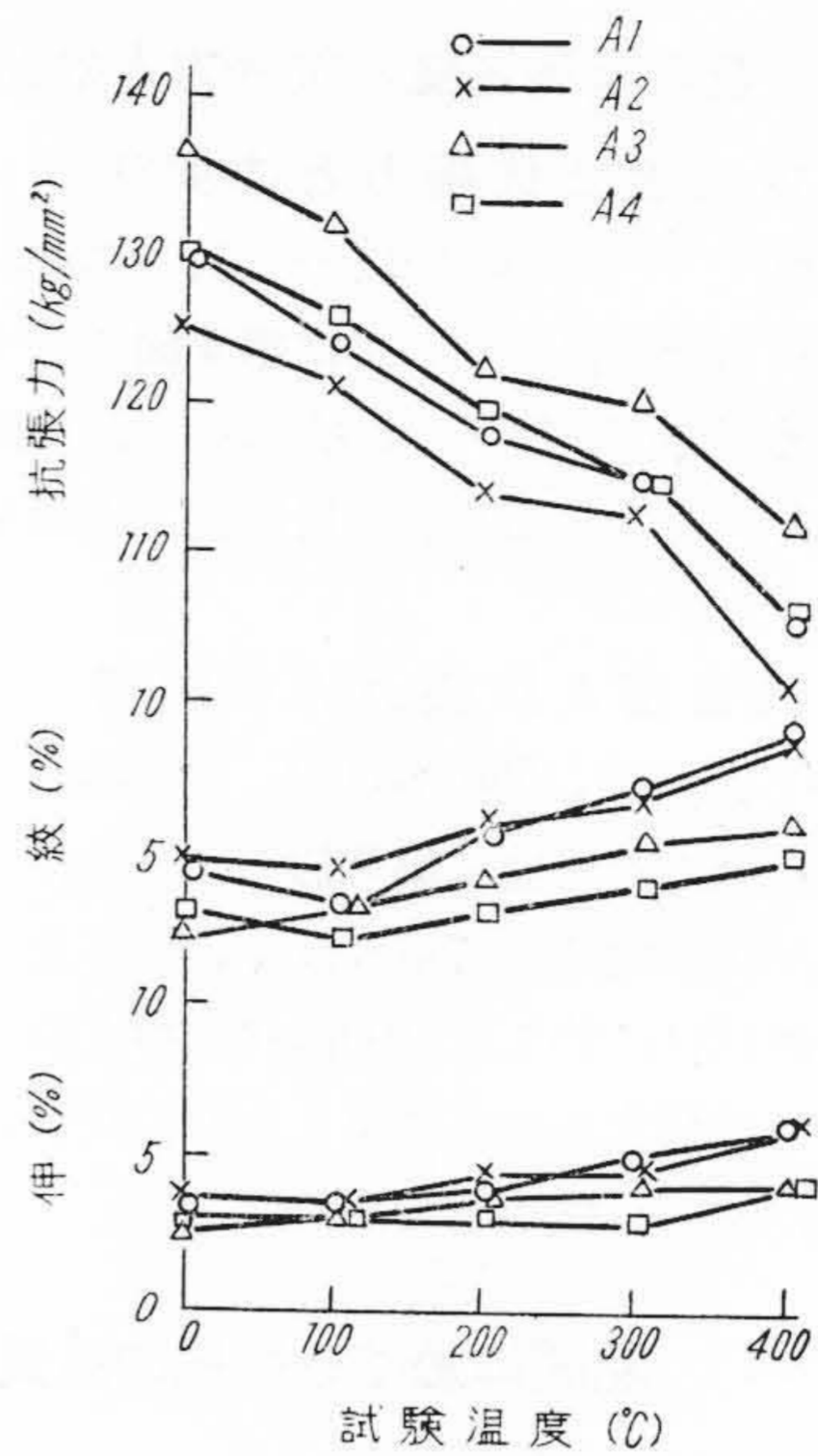
(3) 抗張力

上述と同様の熱処理条件のもとに於て、室温~400°Cの抗張力を求めた結果は第13図及び第14図の如くにして、焼鈍材と焼入焼戻材両者同様の傾向にあることが窺える。即ち抗張力は50, 100%が低く、30, 35%が高い。伸びは100, 50, 35, 30%の順に小となり、絞も大体伸びと同様の傾向を持つ。高周波炉試料も弧光炉の場合と同様である。

〔VII〕 等硬度に対する機械的性質

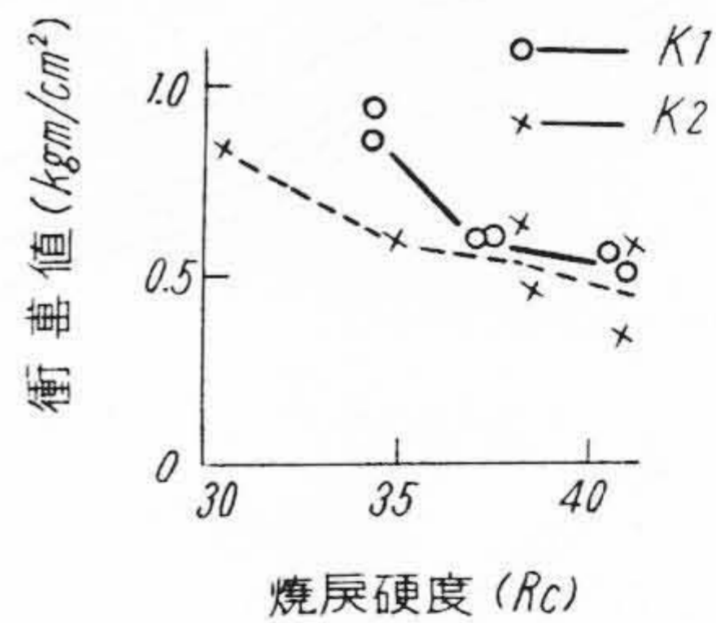
試料の化学成分、特に C 及び Cr 含有量に若干の不同があるので等硬度に対する衝撃値、抗張力等を比較し以て砂鉄系原料鉄配合率の影響を検討した。

(1) 900~1,000°C の各温度から油冷、625°C 焼戻の場合に於ける硬度と衝撃値との関係は第15図の如くにして、100%の方が勝れていることが判る。弧光炉に於てもこれと同様の傾向が見られる。



第 14 図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 950°C 油焼入 625°C 焼戻試料の温度と機械的性質との関係

Fig. 14. Relation between Temperature and Mechanical Properties (Tempered at 625°C after Oil Quenched at 950°C)

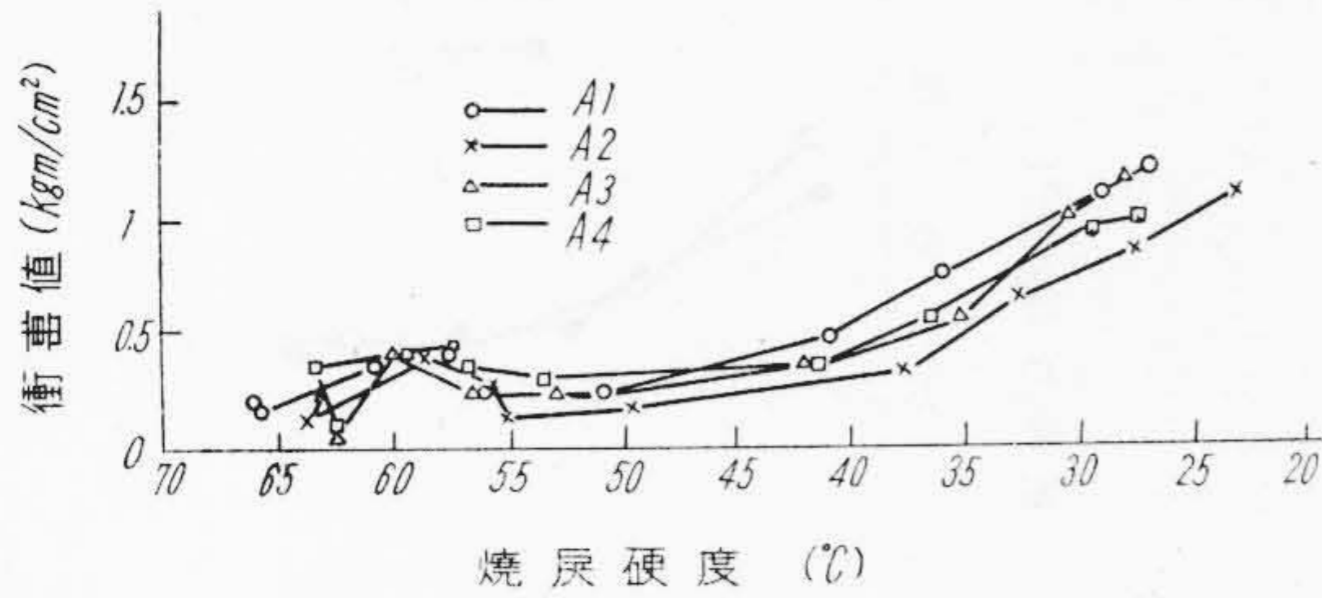


第 15 図 K1 及び K2 鋼の 900~1,000°C 油焼入 625°C 焼戻の場合に於ける焼戻硬度と衝撃値との関係

Fig. 15. Relation between Impact Value and Hardness (Tempered at 625°C after Oil-Quenched at 900~1,000°C)

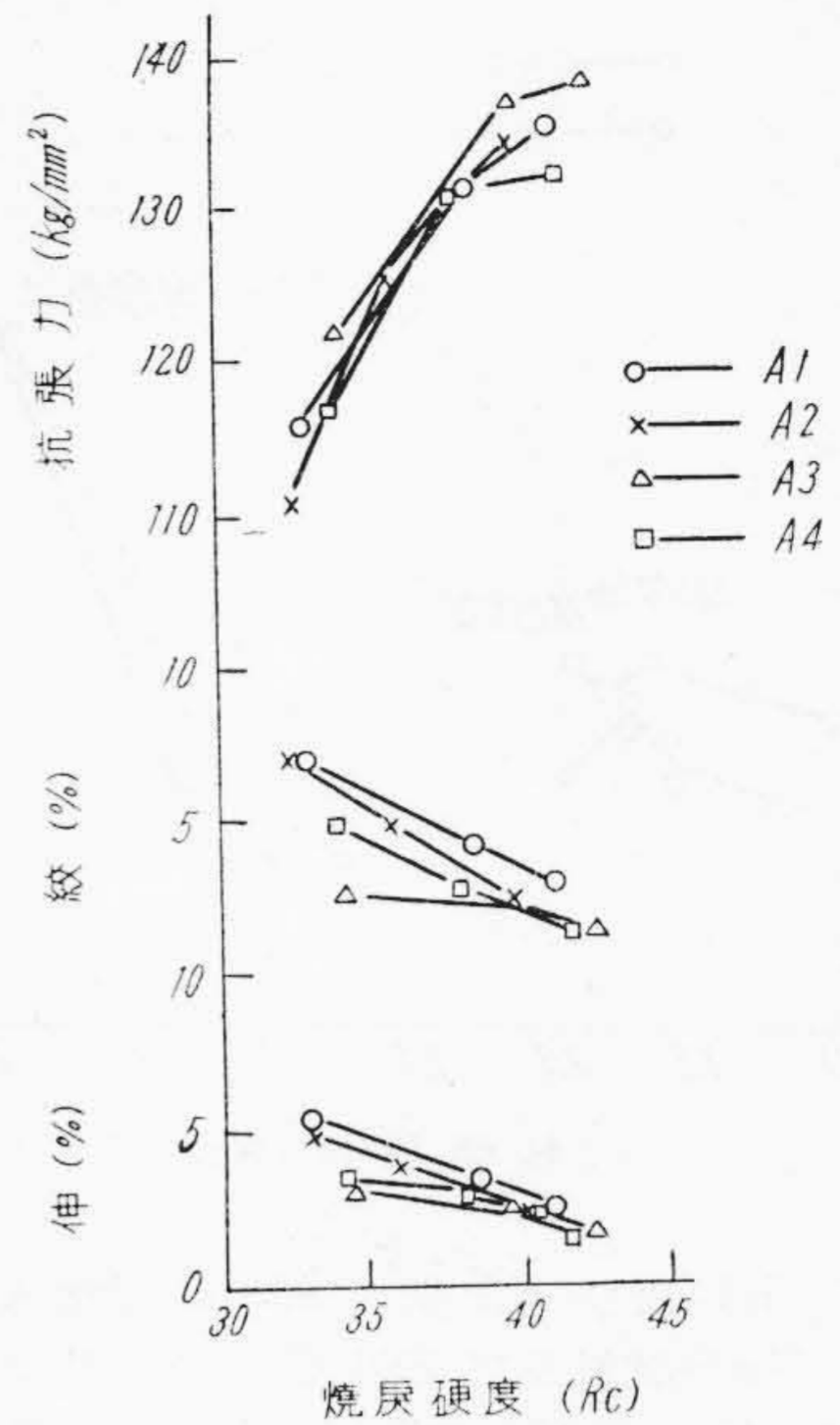
(2) 950°C から油焼入後 750°C 迄の各温度にて焼戻した場合の硬度と衝撃値との関係は第16図(次頁参照)に示す如くにして、Rc 約 50 以下に於ては 100% 配合のものが靱性が大で、50% のものが最も小である。高周波炉試料に於ても同様の傾向が見られる。

(3) 950°C から油焼入、600~750°C の各温度に於て焼戻した場合の焼戻硬度と抗張力その他との関係は第



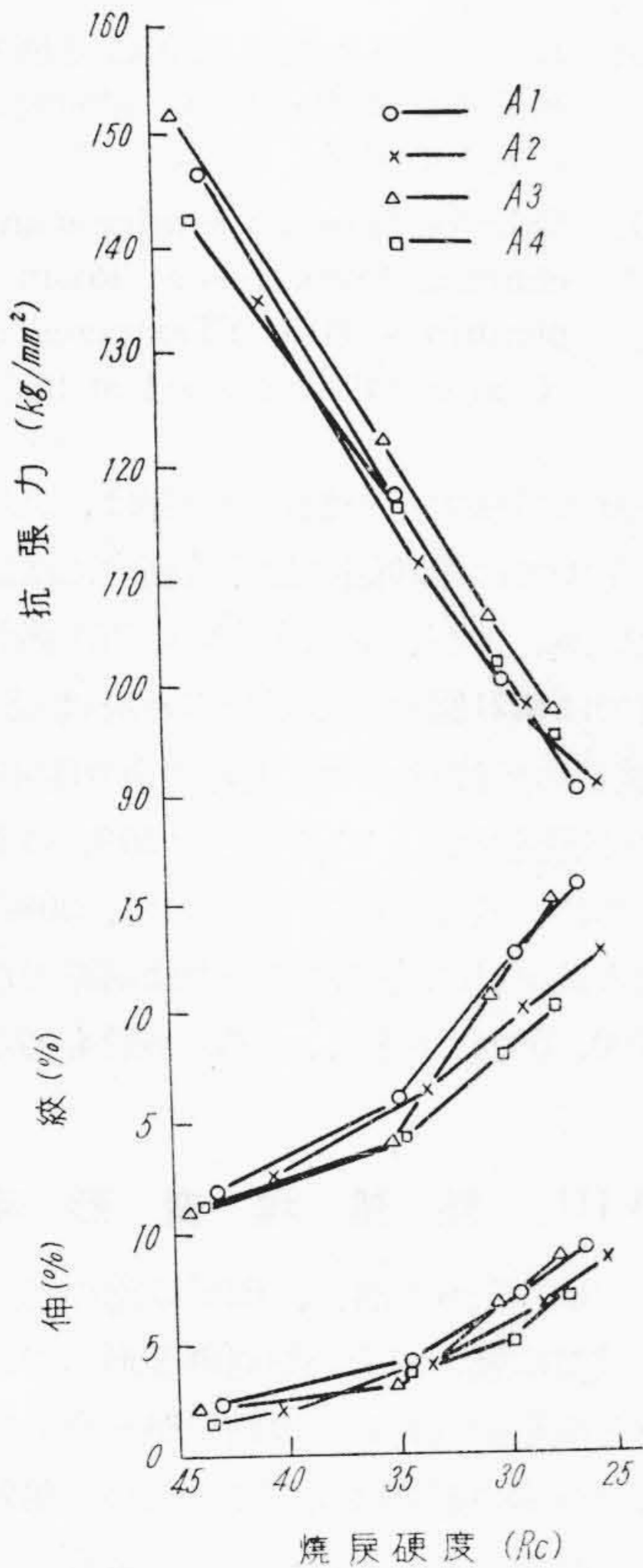
第16図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 950°C 油焼入 0~750°C 焼戻試料の焼戻硬度と衝撃値との関係

Fig. 16. Relation between Impact Value and Hardness (Tempered at 100~750°C after Oil Quenched at 950°C)



第18図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 900~1,000°C 油焼入 625°C 焼戻に於ける焼戻硬度と機械的性質との関係

Fig. 18. Relation between Hardness and Mechanical Properties (Tempered at 625°C after Oil-Quenched at 900~1,000°C)



第17図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 950°C 油焼入 600~750°C 焼戻に於ける焼戻硬度と機械的性質との関係

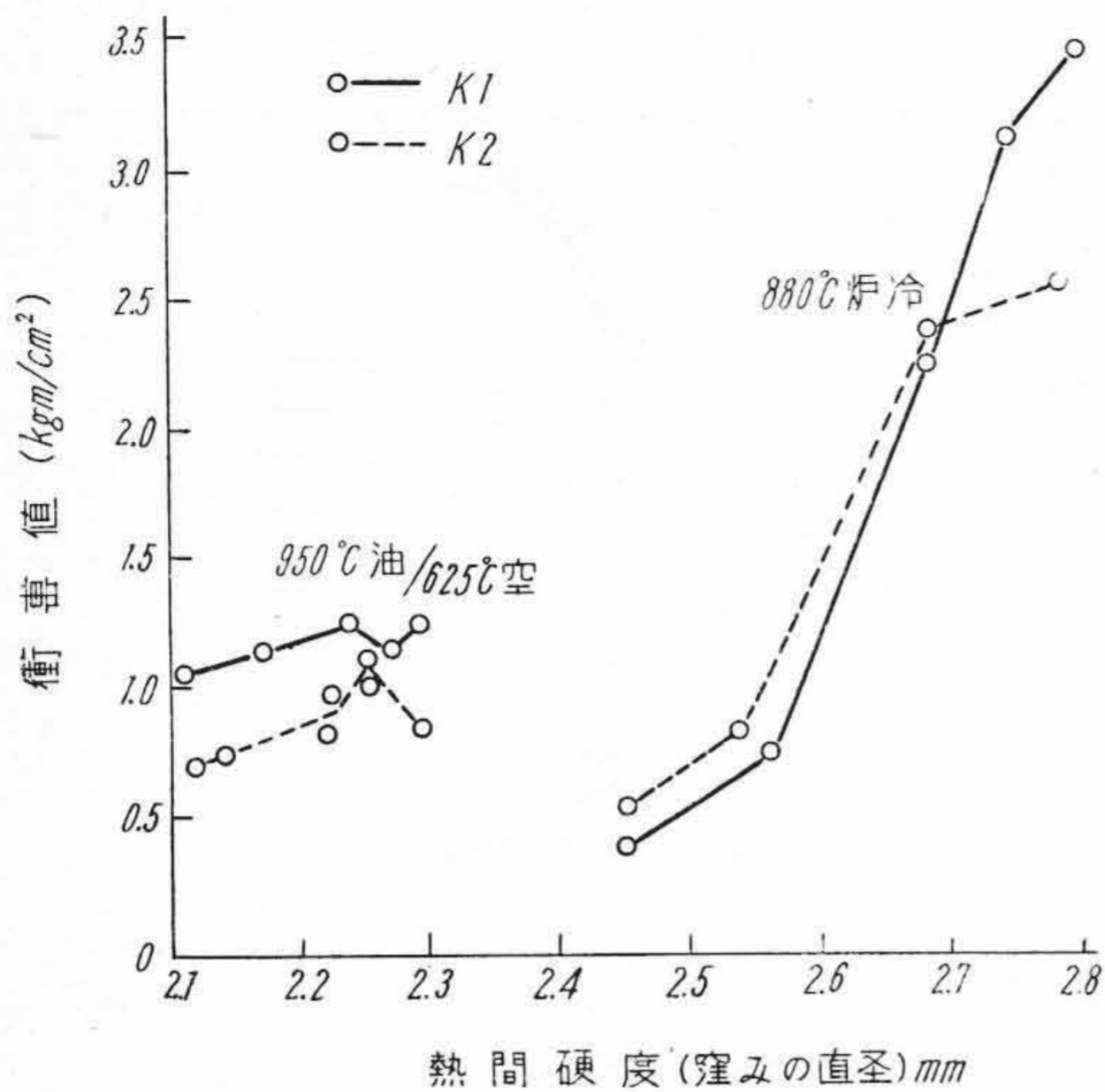
Fig. 17. Relation between Hardness and Mechanical Properties (Tempered at 600~750°C after Oil Quenched at 950°C)

17図に示す如くにして、明瞭な結果は認められないが配合率の高いものが伸び、絞が大であり、抗張力も比較的に大である。高周波試料に於ても同様に100%のものが抗張力、伸び、絞ともに大である。

(4) 900~1,000°C の各温度から油冷、625°C にて焼戻した場合の硬度と抗張力との関係は第18図の如くにして、明瞭な関係は認められないが(100, 50% は 35% と 30% の中間)、伸び及び絞の点では 100% 及び 50% のものが少々大なるものゝ如くである。高周波炉試料に於ても同様の傾向が見られる。

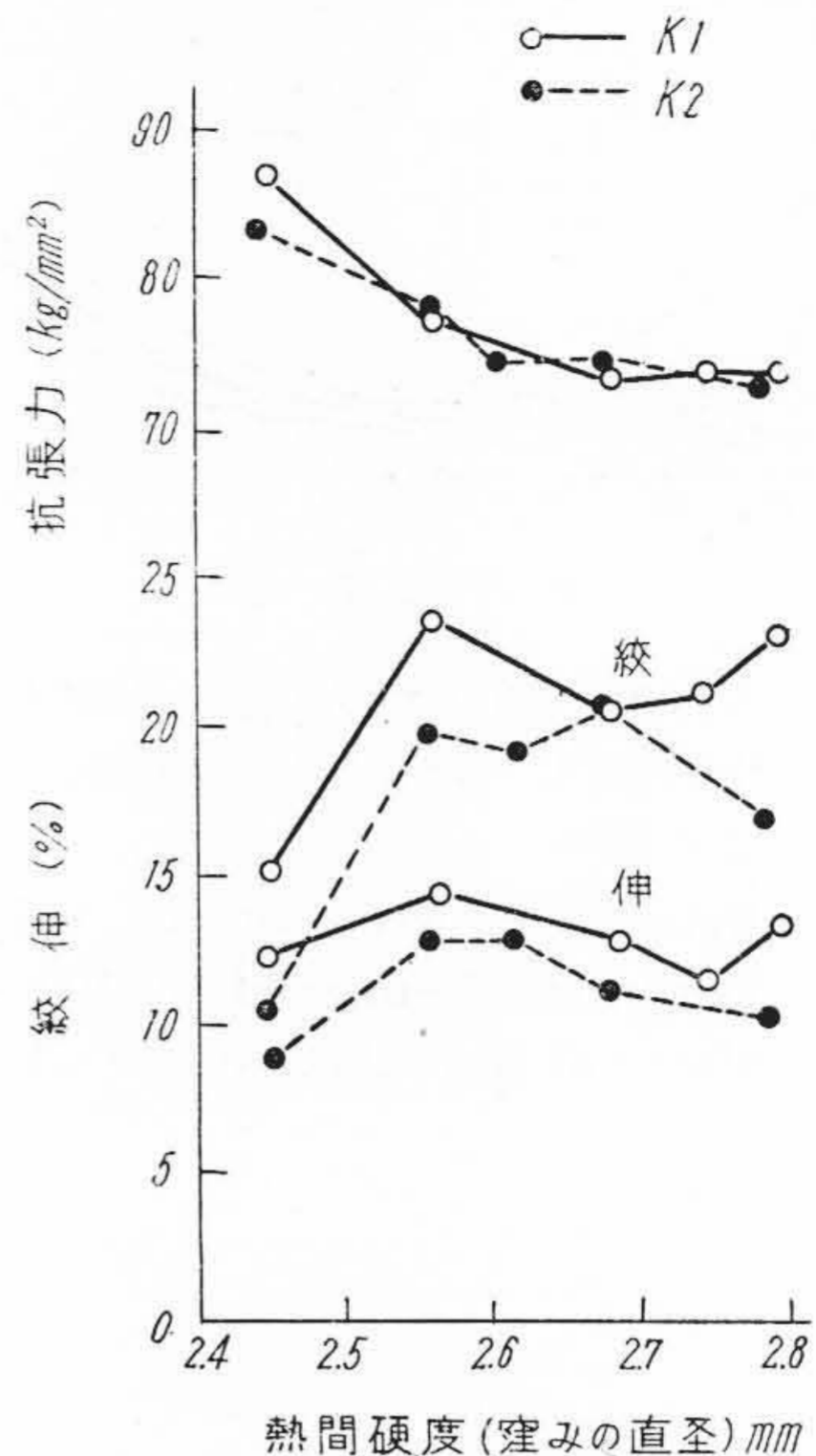
(5) 880°C 焼鈍材及び 950°C 油冷、625°C 焼戻試料の熱間に於ける硬度と衝撃値との関係は第19図(次頁参照)に示す如くにして、焼鈍材にあつては高温に於て、即ち熱間硬度の比較的低い点では 100% の方が勝れているが、低温即ち比較的高い点では 50% の方が寧ろ靱性に富んでいる。焼入焼戻材にあつては 100% の方が勝れている。弧光炉試料にあつては、焼鈍材では 100% のものが最も靱性に富み、35% がこれに次ぎ、50% と 30% とは殆ど差がない。焼入焼戻材では明瞭な差が認められないが、30% のものが最も劣っている。

(6) 880°C 焼鈍材及び 950°C 油冷、625°C 焼戻試



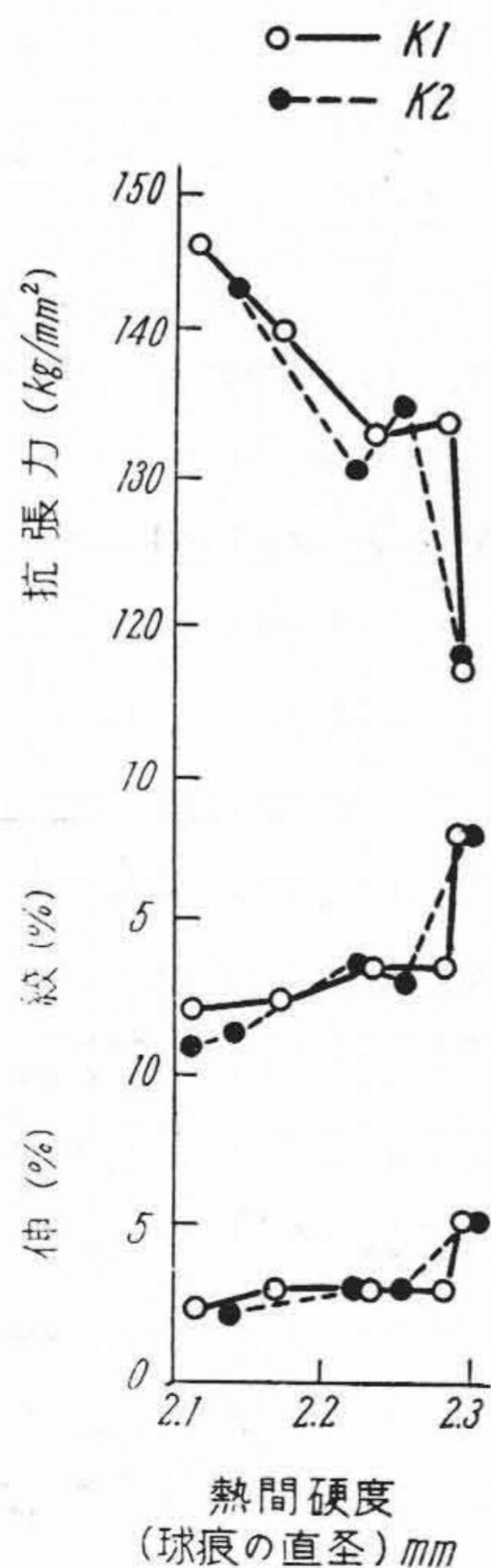
第 19 図 K1 及び K2 鋼の 950°C 油焼入 625°C 焼戻試料及び 880°C 焼鈍試料の 0~400°C の硬度と熱間衝撃値との関係

Fig. 19. Relation between Hardness and Impact Value at Room Temperature~400°C (Tempered at 625°C after Oil Quenched at 950°C. Annealed at 880°C)



第 21 図 K1 及び K2 鋼の 950°C 油焼入 625°C 焼戻試料の 0~400°C の硬度と機械的性質との関係

Fig. 21. Relation between Hardness and Mechanical Properties at Room Temperature~400°C (Tempered at 625°C after Oil-Quenched at 950°C)



第 20 図 K1, K2 鋼の 880°C 焼鈍試料の 0~400°C の硬度と機械的性質との関係

Fig. 20. Relation between Hardness and Mechanical Properties at Room Temperature~400°C (Annealed at 880°C)

料の熱間硬度と抗張力その他との関係は、高周波炉試料の焼鈍材にあつては第20図の如く抗張力には顕著な差異が見出せないが、伸び、絞は100%の方が勝れている。焼入焼戻材では第21図の如く配合率の差は認められない。弧光炉試料の焼鈍材では抗張力は余り明瞭でないが、35%のものが最も大で、100%及び50%のものが最も小である。伸び、絞は100%が最大で、30%が最も小である。焼入焼戻材に於ては抗張力は明瞭でないが、伸び、絞は100、50%が勝れ、30%が最も劣る。

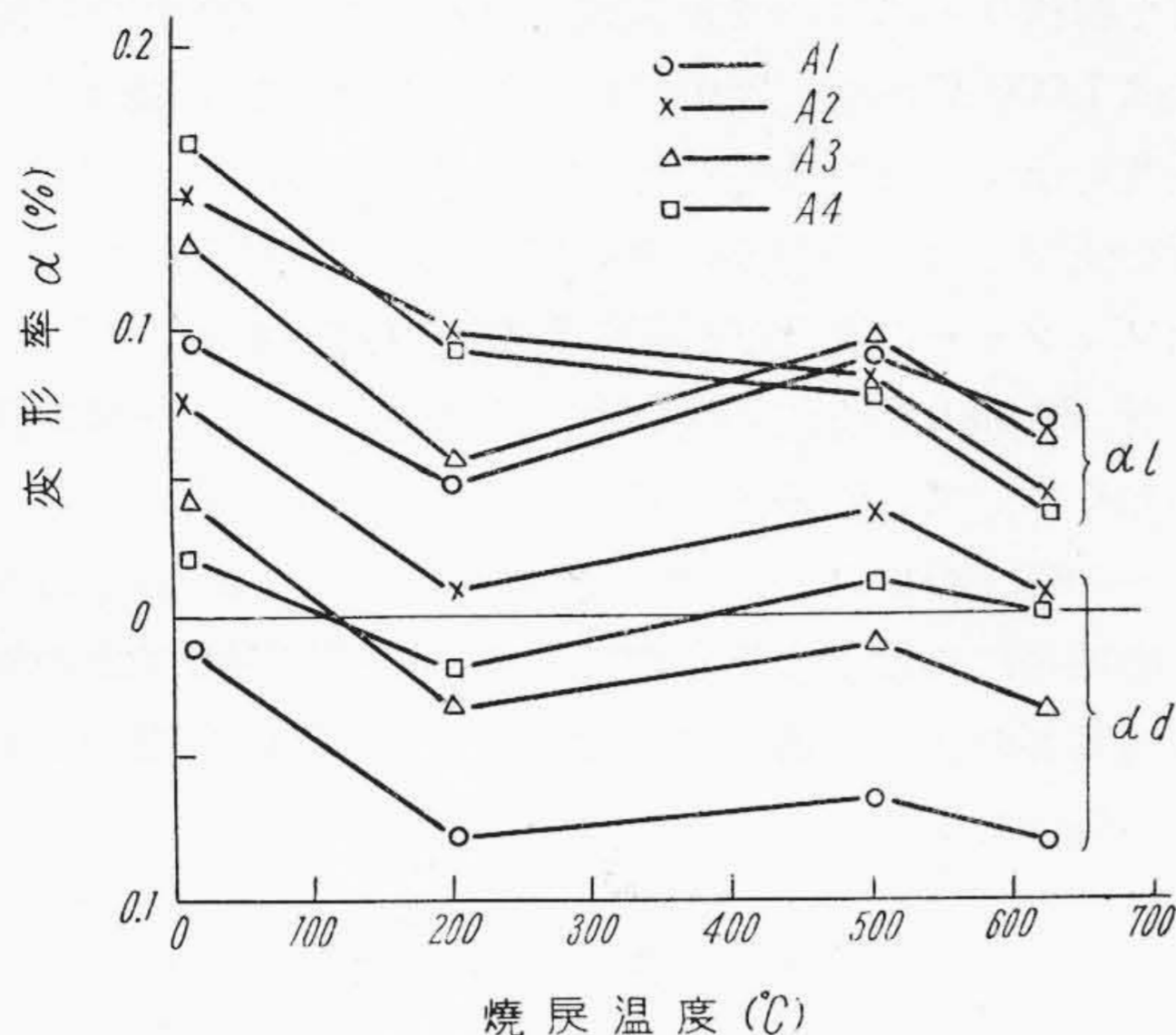
〔VIII〕 熱 処 理 変 形 率

1,000 及び 950°C から油冷、625°C 迄の各温度にて焼戻した棒状試料に就いてその熱処理変形率を求めた。高周波炉試料と弧光炉試料とでは結果が一致しないが、何れにしても配合率の影響は明瞭ではない。第22図は弧光炉試料の軸方向の長さ、直径に於ける変形率を1,000°C油冷のものに就いて示したものである。

〔IX〕 耐 久 性

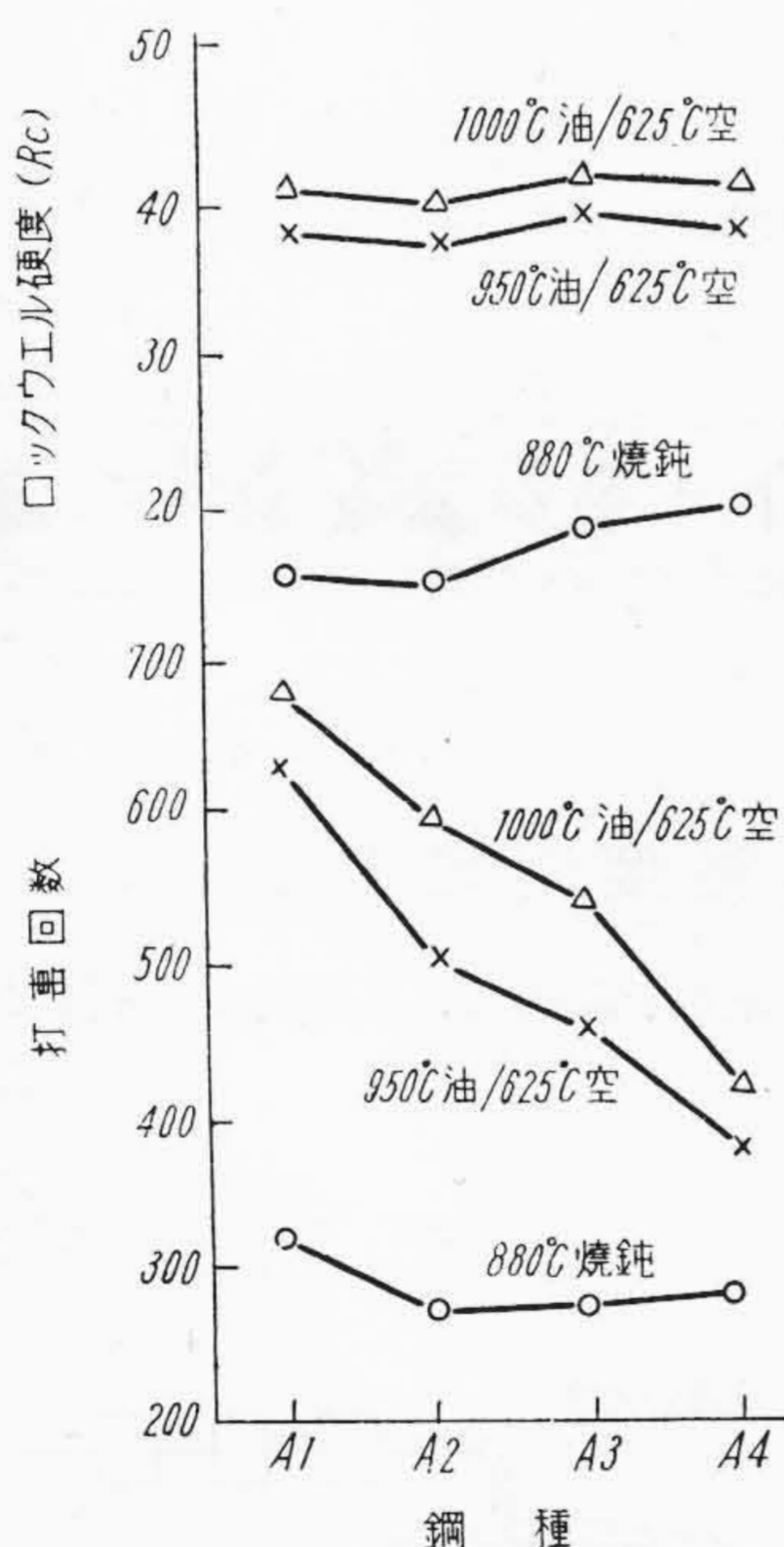
(1) 繰返打撃試験

弧光炉試料に就いて 880°C 焼鈍及び 1,000°C, 950°C



第22図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 1,000°C 油焼入試料の焼戻温度と変形率との関係

Fig. 22. Relation between Tempering Temperature and Deforming Ratio (Oil Quenched at 1,000°C)



第23図 A1, A2, A3 及び A4 鋼の 880°C 焼鈍試料と 950°C 油/625°C 空及び 1,000°C 油/625°C 空試料の繰返打撃試験による疲労強度の比較

Fig. 23. Matsumura's Repeated Impact Test (Annealed at 880°C. Tempered at 625°C after Oil Quenched at 950°C and 1,000°C)

第5表 試料の化学分析結果 (%)

Table 5. Chemical Analysis of Test Piece (%)

試番	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	W	砂鉄系原料鉄配合率 (%)
A 5	2.11	0.21	0.18	0.038	0.07	13.88	nil	100 (77.5)
A 6	2.16	0.32	0.18	0.029	0.11	13.50	tr	53
A 7	2.16	0.34	0.19	0.037	0.15	13.36	tr	0

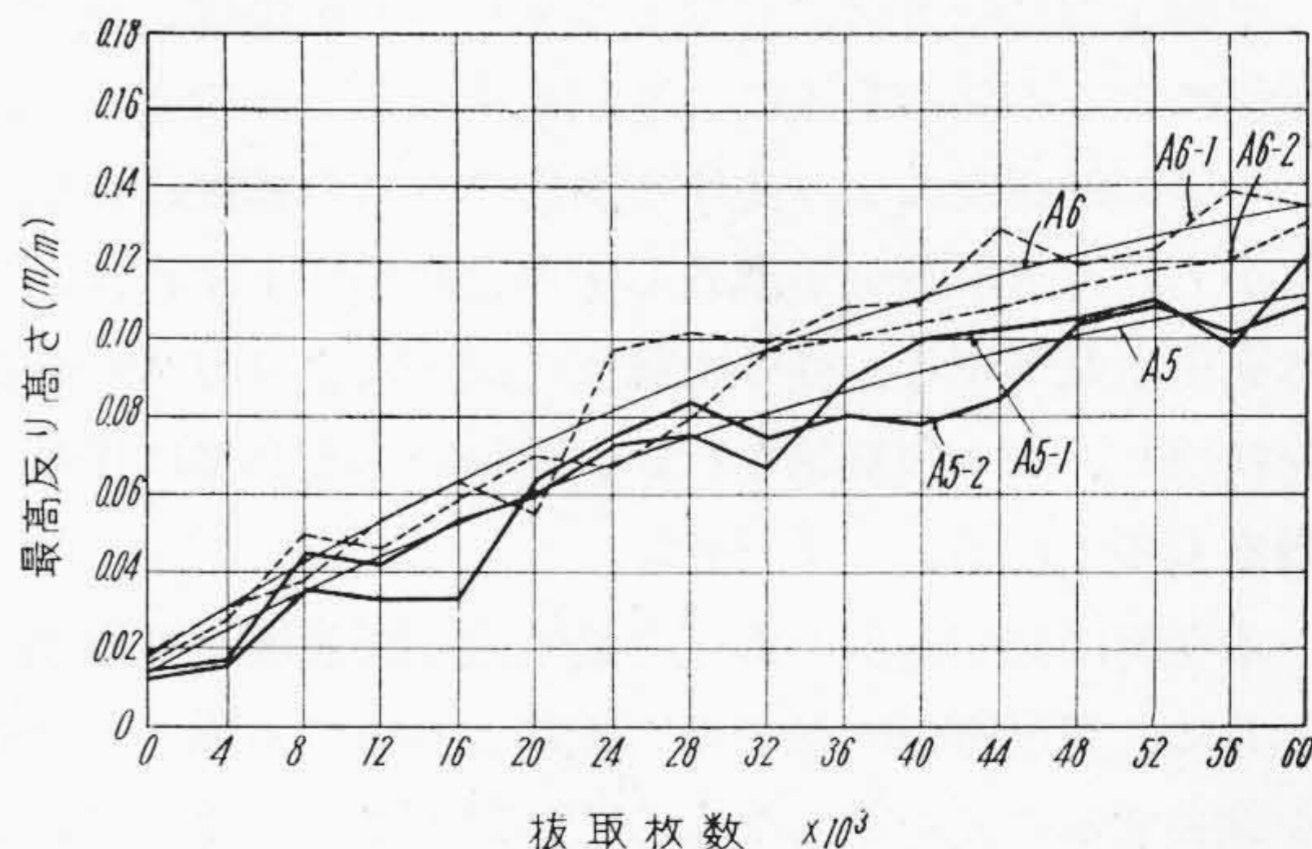
から油冷、625°Cにて焼戻した試料に就いて松村式繰返打撃試験を行い、耐久度を比較する一助にせんとした。打撃エネルギーを 30 kg 1 cm に一定した。結果を示すと第23図の如くにして、焼鈍の場合は100%が最も良好で他は殆ど差が認められない。焼入焼戻の場合は配合率の多いもの程優秀である。

(2) 磨耗試験

砂鉄系原料鉄配合率 100% 及び 0% 即ち金屑鉄のものに就いて磨耗試験を行つた。(第5表参照) 試料寸法は 10 mmφ×10 mm にして、1,000°C 油冷、200°C 焼戻後の硬度は 100% のものが Rc 62.0, 0% のものが 61.8 である。サンドペーパー 000 迄仕上げ、各 20 箇に就いてこれに 25 g の金鋼砂を混じて磁製のボールミル(170 mmφ×160 mm) に収めて回転せしめ (51 r.p.m.)、時間の経過に依る磨耗総量を求めた。その結果 100% の方が僅かに勝れた耐磨耗性を示した。

(3) 実用試験

砂鉄系原料鉄の配合率 100% 及び 53% の 2 種の CRD 鋼に就いて、抜型とした場合の性能を比較した。(1) 試料の化学分析結果は第5表に示す如くにして、A5 の P が少々高過ぎる他は規格に合格している。試験方法として



第24図 A5 及び A6 鋼の抜型試験に於ける抜枚数と最高反り高さとの関係

Fig. 24. Relation between Punched Times and Max. Height of Warp at Edge

第 6 表 抜 型 の 硬 度 (Rc)
Table 6. Hardness of Punching Dies (Rc)

試番	型	孔 抜 型		外 周 抜 型	
		男 刃	女 刃	男 刃	女 刃
A5	1	59.3	59.9	59.8	60.0
	2	59.0	60.4	60.0	60.0
A6	1	59.5	60.2	60.0	60.0
	2	59.1	59.9	60.0	60.0

第 7 表 磨 耗 量 (mm)
Table 7. Abraded Amount (mm)

試 番	平均 磨 耗 量	最高 磨 耗 量
A 5	0.145	0.170
A 6	0.167	0.195

は型材の板金打抜に依り一定の反り高さが出る迄の総抜
数に依り判定する方法が実際に即した最も良い方法で、
米国に於ても本法が採用されている。試料 A5 及び A6
製の 2 組宛の抜型が収められたサブプレス型に組み立
て、外径 12 mm, 内径 6.5 mm のワッシャーを 2 段で

抜く順送り式に依つて耐久試験を行つた。試験型の熱処
理は 1,000°C 油冷、250°C 焼戻を施した。第 6 表はその
硬度を示す。被打抜材料としては 0.35 mm 厚の珪素鋼
鋳を使用した。各切刃に就いて 4,000 枚毎に抜き落され
たワッシャーの孔及び外周の最高反り高さを測定した。
総計 60,000 枚迄打ち抜いた。その結果を示すと第 24 図
の如くにして、砂鉄系原料鉄の多い方が小さい方に比して
15~20% 勝れている。抜かれたものゝ反り高さは切刃
の磨耗量に略比例するものである。男型切刃の先端の軸
方向磨耗の状況は第 7 表の如くにして、100% 配合のも
のが優秀である。

〔X〕 結 言

CRD 鋼に及ぼす砂鉄系原料鉄配合率の影響を追求し
た。基礎実験の結果、配合率 100% のものゝ優秀性を確
かめ得たが、更に抜型ダイスを試作して実地にその耐久
性を調べた結果、100% のものが最も優秀であることが
判つた。

終に臨み本研究遂行に当り終始御助言を戴いた小柴冶
金研究所長、又御助力を与えられた杉山、九重両氏及び
多賀工場工具課の己波、工藤、景浦の諸氏に謝意を表す
る次第である。

参 考 文 献

- (1) 景浦、工藤：多賀工場研報第 261 号



特 許 第 193063 号

高 林 乍 人

水素冷却回転電機に於ける水素純度測定装置

水素冷却回転電機に於ける水素ガスの純度は、電機の
運転による内部の風圧により測定することができる。即
ち一定回転速度により生ずる風圧はガスの密度に比例す
るから、ガスに空気が混入しその密度が低下すれば、当
然風圧も低下する。従つて風圧の測定によりガスの純度
を検出し、ガスの補給を行い、運転能率を高度に保持し
得るものである。

本発明は回転電機の風圧を最も適切な箇所より取出す
と共に、突出磁極回転子の回転により生ずる風圧の脈動
を除去する手段を施したもので、図面に示すように、風
圧取出管の取出口を固定子鉄心積層間の通風溝内に開口
し、取出管と測定計器との連結管中に風圧の脈動を除去
するダンパーを設けてなるものである。かくすることによ
り風圧の脈動をダンパーにより緩和し、測定計器に及

ぼす脈動の影響を除去し、水素純度の測定を確実に進行
することができる。(滑 川)

