

## 深絞用美装鋼板の研究

(日本鐵鋼協會第 20 回講演大會講演 昭和 13 年 10 月)

森 寺 一 雄\*

## A STUDY ON DEEP-CUPPING STEEL SHEET

Kazuo Moridera.

**SYNOPSIS:**—The author deals with the results of some experiments carried out on polished steel plates for deep-cupping which are adopted to motor-cars, furniture, electric apparatus, etc.

1) Relation between the working procedures and the properties of material.

For the material cold-rolled after pickling, there are three processes, i. e., the direct use of the material as hot-rolled, the use of material worked after normalising or annealing. In comparing the three processes with respect to the working procedure and properties of material, the hot-rolled material is disadvantageous in its high hardness and difficulty in cold-rolling, but the operation is simple as a superior product with fine grains is obtainable by reducing the rate of cold rolling. Particularly, with a continuous-working equipment for the constant hot-rolling operation, the advantage is more conspicuous. The annealed material is not suitable for deep-cupping due to its coarse grains unless the rate of cold-rolling is made extremely high, the process being disadvantageous as it takes a considerable time for operation. The normalised material has properties between the first and the second one and the working heterogeneity accompanied with the hot-rolling is well adjusted, the process being considered to be advantageous.

2) Relation between the strength of cold rolls and the properties of material.

The material rolled to 40% by passing it 6 times under the heavy reduction of a four high rolling mill and that rolled to 40% by passing it 48 times through a three high rolling mill were compared with respect to their properties after both having been annealed. The results indicate that the former is stronger with a larger elongation and is superior in the cupping.

3) Comparison between the rimmed steel and the killed steel properties.

The steel sheets were experimentally made with three kinds of material, i. e., the dead-soft rimmed steel, the killed steel for black sheet and the killed steel made by an electric furnace. In comparing the properties of the three materials, the killed steel is higher in the strength, and is inferior in the repeated bending but the Erichsen value and the cupping results are similar to the rimmed one.

## I 緒 言

美装鋼板とは八幡製鐵所で特に名付けたるアートメタルの一種にして、その内の自動車、電氣器具、家具等に使用する深絞用美装鋼板は強度の冷間加工に耐へ且つ絞られた外側表面の肌が滑かなるを要する。此の鋼板の製造に關する二三の問題に就て實驗せる結果を述ぶ。

## II 製作工程と材質の關係

1. 序 言 鷲印美装鋼板の製作工程に關聯して前の研究(著者、鐵と鋼、19,昭和8年,280)に依れば、シートバーより鋼板に熱壓延後の焼鈍を省きて直ちに酸洗する作業系統のものが、結晶粒著しく細く、深絞り鋼板に適する事を推知せるが、當時の作業状況では熱壓延したままの薄板は仕上温度が  $A_1$  變態點以下になるから、結晶粒は纖維狀に伸び、硬くして且つロールも弱きため冷壓延し難き實狀に有りしも、今日では強力な四重ロールが運轉さるるから

此の方法も採用され得る可能性がある。次に燒準即ち  $A_1$  變態點以上に熱して空中放冷すれば、結晶が細くなるから熱壓延後に燒鈍の代りに燒準する方法も採用されて居る。

そこで著者は冷壓延前の元板材料を熱壓延のまま、燒準せるものと、燒鈍せるものと三種に就て夫々種々の率で冷壓延し、又種々の温度で燒鈍して試験片を作り硬度及び牽引試験を行て、美装鋼板の品質に及ぼす冷壓延前の元板の熱處理と冷壓延率、燒鈍温度の關係を比較試験した。

## 2. 試料及び實驗方針

C	Si	Mn	P	S	Cu
0.07	0.009	0.4	0.008	0.032	0.24

上記成分の鹽基性平爐鋼材で  $1.6\text{mm} \times 4' \times 8'$  の高級鋼板工場熱壓延板を試料として次の三種に區別し熱處理した。

H熱壓延のまま

N燒 準  $200 \times 70\text{mm}$  廣さに切り實驗爐にて  $920^\circ\text{C}$  に5分間加熱し空中放冷

A燒 鈍  $200 \times 70\text{mm}$  廣さに切り實驗爐にて  $800^\circ\text{C}$  に5分間加熱し爐内冷却

此の三種を夫々酸洗し實驗用小形ロール機(ロール直径

\* 八幡製鐵所

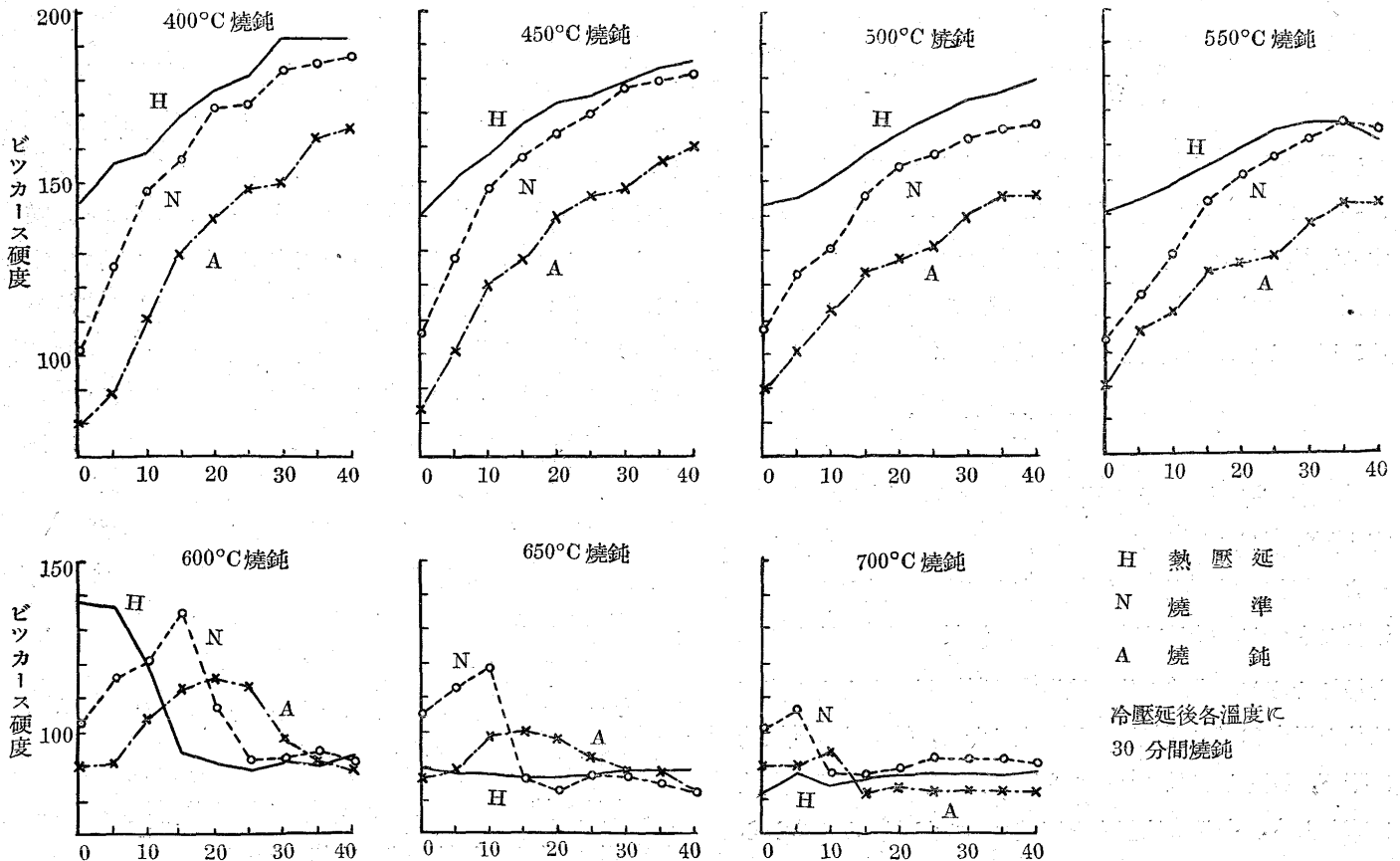
第1表 美裝鋼板の硬度に及ぼす履歴の影響 硬度—ピッカース硬度 硬度測定位置—断面

	H (熱壓延のまま)										N (熱壓延後焼準)										A (熱壓延後焼鈍)									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	5	10	15	20	25	30	35	40			
30分	400	145	156	159	170	177	181	192	192	192	102	126	148	157	172	173	183	185	187	80	89	111	130	140	148	150	163	166		
	450	140	150	157	166	173	175	179	183	185	106	128	140	156	164	170	177	179	181	85	101	120	128	140	147	148	156	161		
	500	143	145	150	157	163	168	173	175	179	107	123	131	145	154	157	162	168	166	90	98	116	124	128	131	140	146	146		
	550	140	144	148	154	159	164	166	166	161	103	116	128	143	151	156	161	166	164	98	102	112	126	128	138	144	144	144		
	600	138	137	119	94	91	89	91	90	93	99	99	121	135	107	92	92	94	91	91	91	104	113	116	113	98	92	89		
	650	89	88	88	87	87	87	89	89	89	105	113	119	86	83	87	87	85	82	87	89	100	101	98	98	89	89	83		
	700	81	87	84	85	85	88	87	87	88	100	106	87	87	89	92	91	91	90	90	90	94	82	84	83	83	83	82		
5時間	400	148	154	159	168	173	177	183	183	183	101	119	135	144	160	164	173	181	182	86	95	109	130	135	150	151	163	164		
	450	144	147	148	153	163	166	175	179	181	106	118	128	142	152	154	157	166	166	91	100	117	128	132	137	145	147	148		
	500	141	143	147	153	159	159	164	166	166	103	119	131	138	150	153	156	161	161	85	91	105	117	124	131	131	132	133		
	550	138	136	138	145	151	153	151	146	144	105	118	124	133	143	148	153	150	148	91	99	113	116	120	122	125	125	125		
	600	95	87	82	88	88	87	90	91	90	96	117	120	98	83	84	86	85	84	86	90	102	100	91	88	81	83	80		
	650	88	90	90	91	91	89	93	93	93	91	112	96	83	84	87	89	88	88	93	90	100	95	93	89	80	80	79		
	700	88	88	88	83	87	88	88	75	76	96	85	80	82	80	81	81	81	81	88	88	190	82	79	78	78	77	71		
10時間	400	141	148	154	164	175	179	182	184	185	100	127	140	141	164	164	177	177	183	87	100	116	128	131	135	156	157	157		
	450	138	147	148	157	168	173	175	176	175	103	122	130	139	145	147	154	156	156	83	92	107	113	116	121	124	127	130		
	500	140	142	144	150	154	157	161	166	166	103	122	130	139	145	147	154	156	156	83	92	107	113	116	121	124	127	130		
	550	138	146	142	144	144	143	132	112	111	107	120	127	137	144	143	141	135	121	84	94	105	117	119	119	126	126	126		
	600	89	92	91	89	88	89	83	85	86	99	109	115	84	81	84	83	85	77	89	88	93	97	86	85	75	77	75		
	650	88	86	89	85	84	82	82	81	76	93	107	90	89	80	86	80	82	83	92	92	97	86	81	82	82	79	74		
	700	83	82	82	82	81	79	77	79	79	99	88	82	78	87	84	86	83	75	87	91	91	85	85	83	81	83	83		

110mm ロール胴長さ 160mm, モーター 2.5HP, ロール廻  
 轉數 631/min, (ロール材質チルドロール) にて厚さに於て  
 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40% の9通りの壓延率

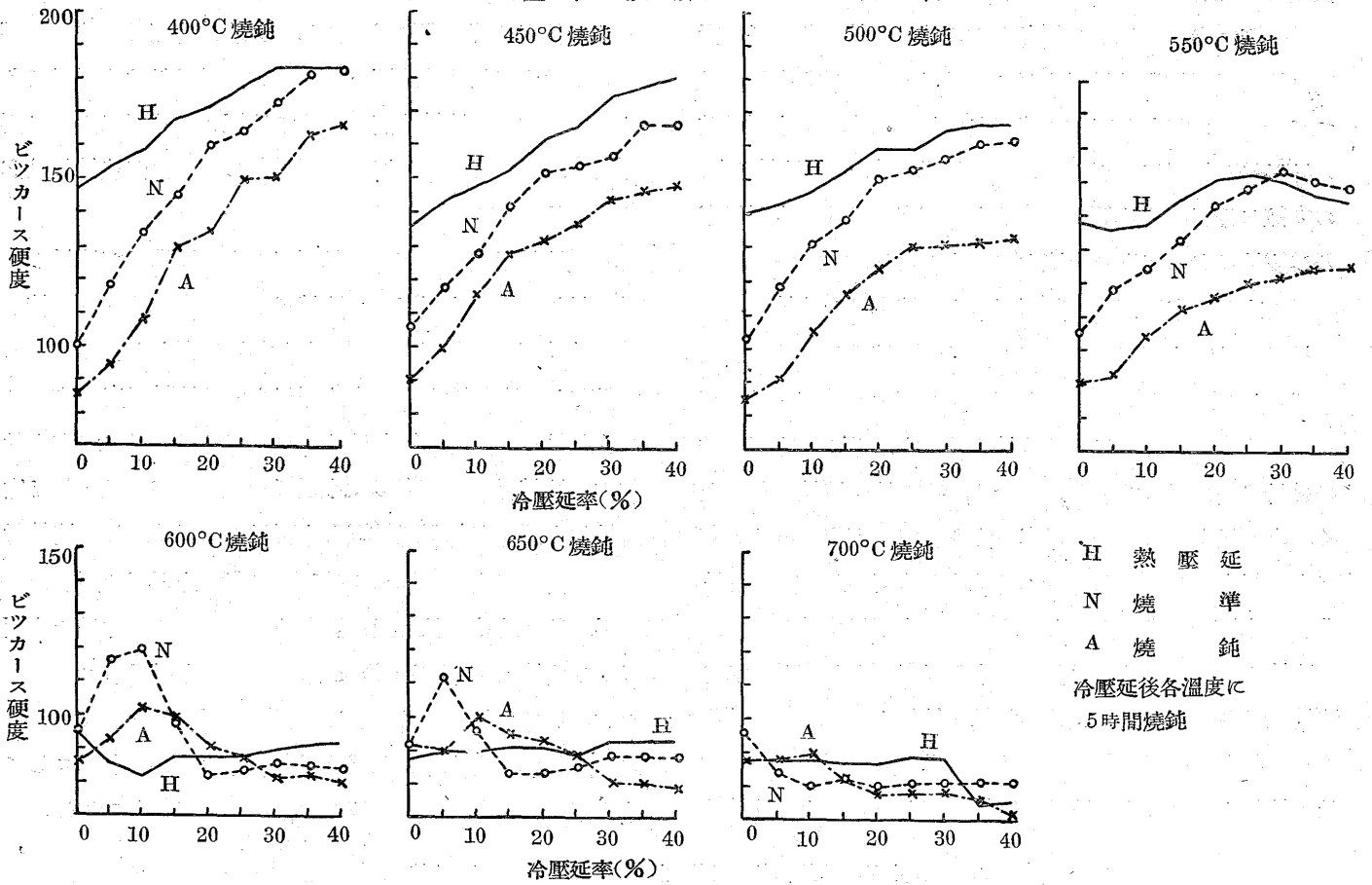
になる様に冷壓延した。次に實驗爐にて 400~700°C の  
 種々の溫度に 30分, 5時間及び 10時間保定し爐内冷却  
 した。かくして得たる多くの試験片に就て硬度, 降伏點,

第1圖 冷壓延率と硬度に於ける H, N, A 元板の比較

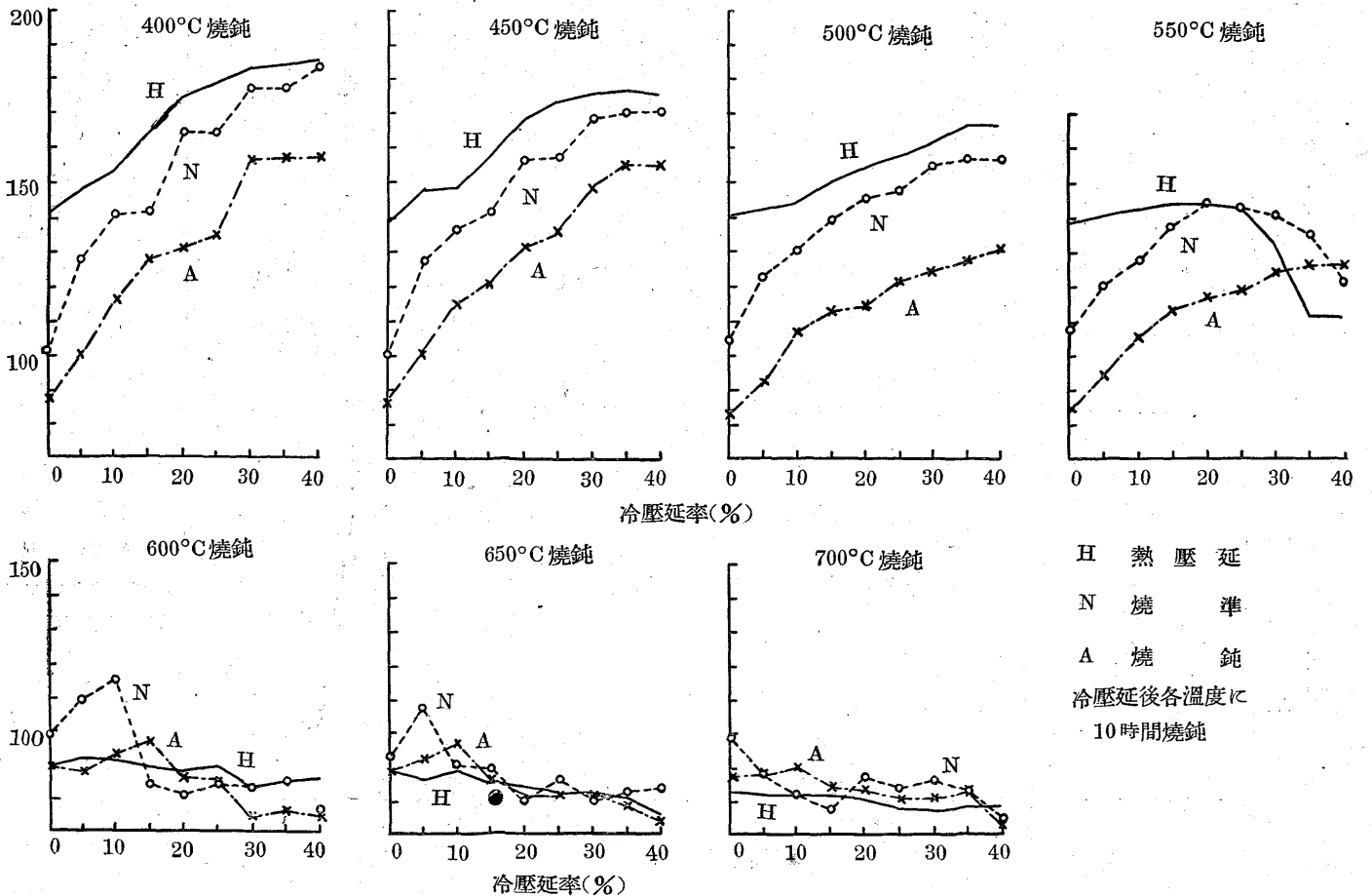


H 熱壓延  
 N 燒準  
 A 燒鈍  
 冷壓延後各溫度に  
 30分間燒鈍

第2圖 冷壓延率と硬度に於ける H. N. A 元板の比較



第3圖 冷壓延率と硬度に於ける H. N. A 元板の比較



抗張力、延伸率及び組織を實驗した。

3. 硬度 壓延及び熱處理せる前項記載の各試料の斷面に就て明石製作所製ダイヤモンドピラミッド硬度計を以てビッカース硬度を測るに第1表の如し。之より冷壓延前の材料即ち熱壓延のまま(H)と、燒準(N)及び燒鈍(A)の3種が冷壓延後燒鈍したる場合の硬度に及ぼす冷壓延率及び燒鈍温度の影響を比較すれば次の如し。

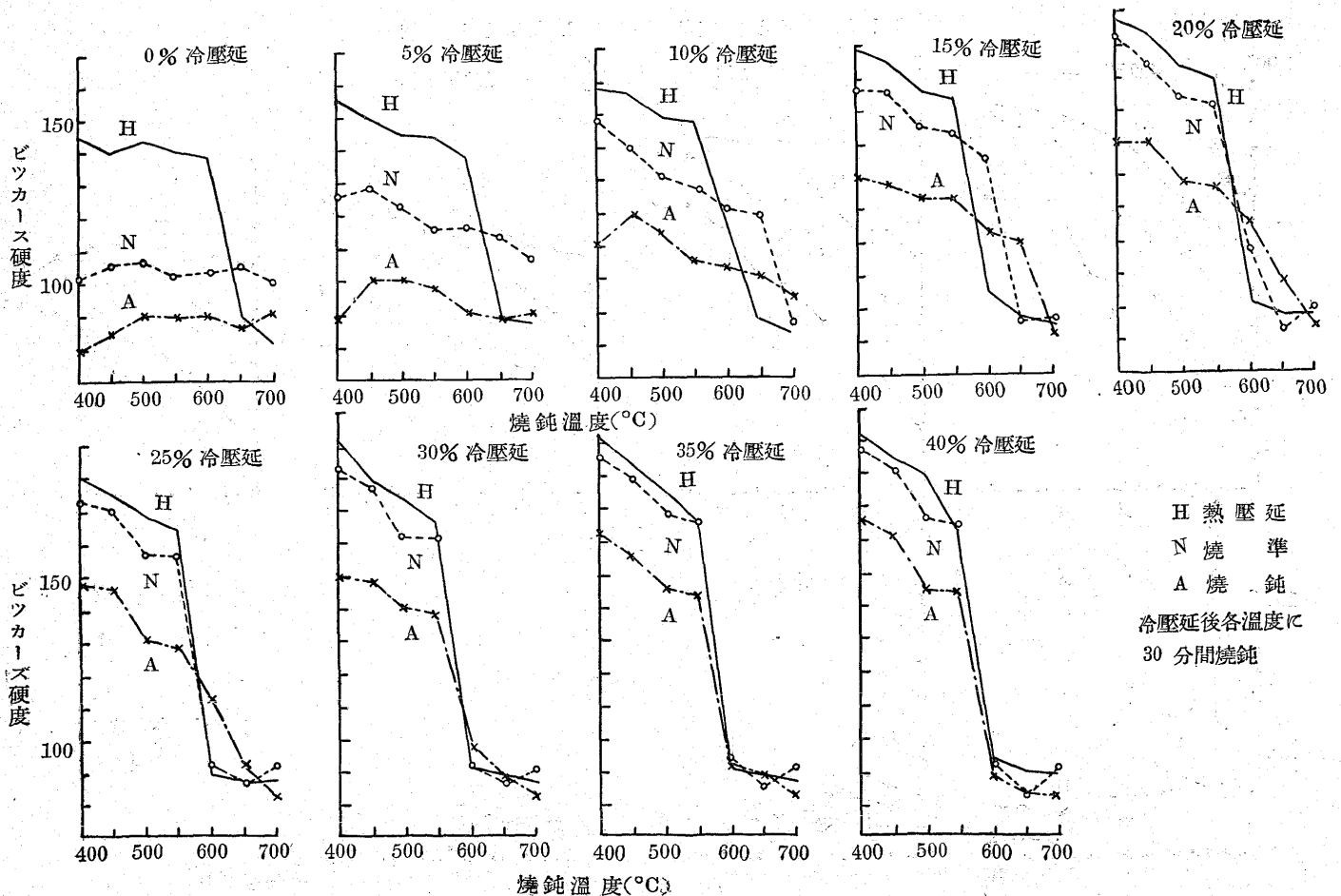
(1) 冷壓延率と硬度 熱壓延のまま燒準及び燒鈍の3種の材料に就て冷壓延率と硬度の關係を比較すれば第1, 2, 3圖の如し。第1圖は30分間、第2圖は5時間、第3圖は10時間夫々冷壓延後に燒鈍した場合である。冷壓延前の材料は熱壓延のままが最も硬く、次に燒準燒鈍の順となる。冷壓延すればその壓延率の大なるほど硬化し、その硬化する割合は、熱壓延のままは始めから硬いから少く、燒準及び燒鈍材は略同様である。而して冷壓延後種々の温度で燒鈍せるものに於ては何れも冷壓延率の大なるものほど燒鈍効果多く低温度と短時間加熱で軟化される。其の軟化される割合は材料の熱處理に依りて異り、熱壓延のままが最も軟化され易く次は燒準、燒鈍の順となる。次に燒鈍時

間が5時間の場合は30分の場合よりも完全軟化温度が下りその程度は第2圖に示す如し。又燒鈍時間10時間第3圖に示すが如く5時間と550°C附近以外は略同様である。之に依れば燒鈍時間30分では短く5時間以上の必要はない。600°Cの5時間と650°Cの30分が燒鈍効果が略同じ位である。

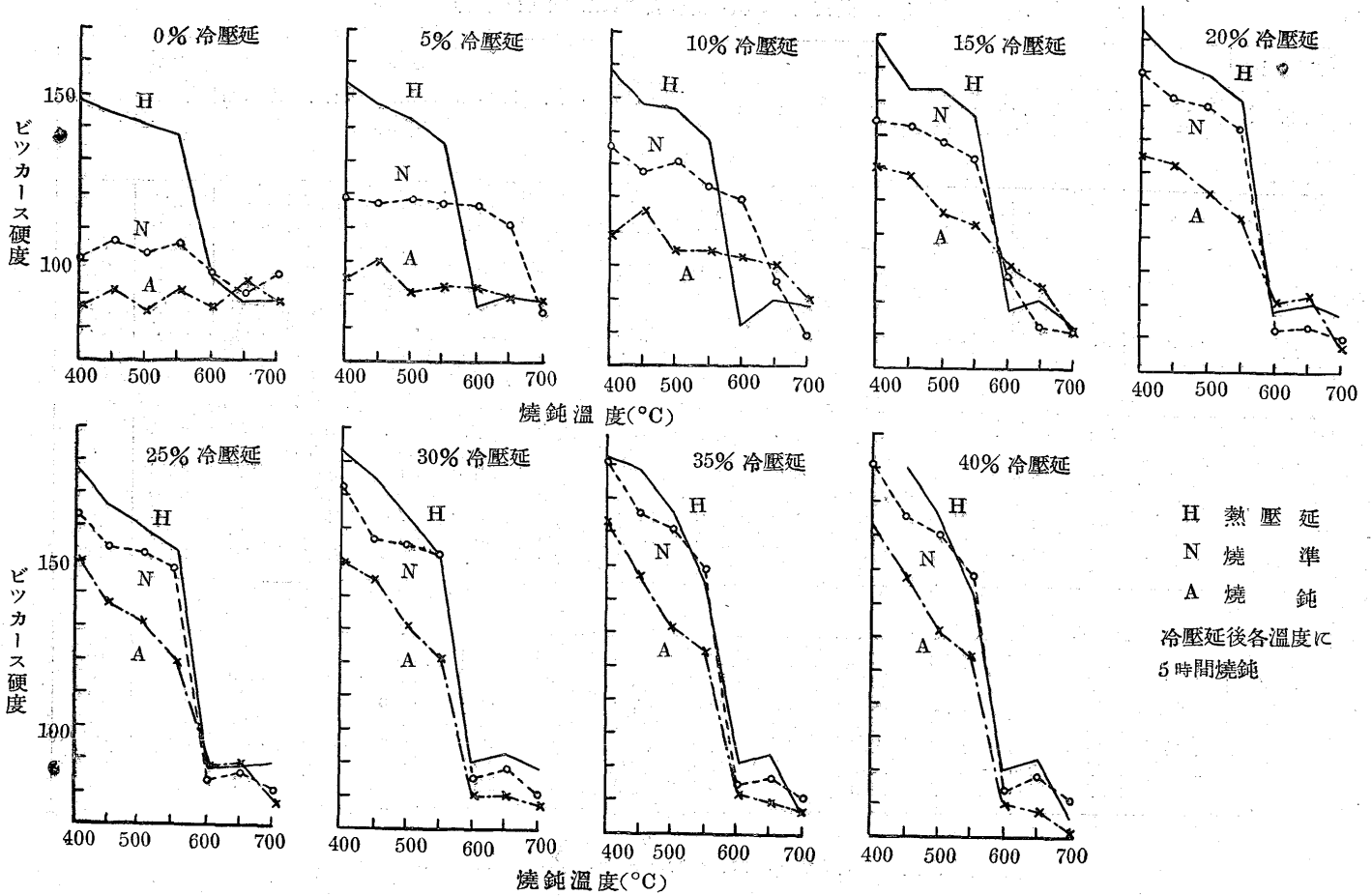
(2) 燒鈍温度と硬度 熱壓延のまま燒準及び燒鈍の3種の材料に就て冷壓延後の燒鈍温度と硬度の關係を比較すれば第4, 5, 6圖の如し。熱壓延材は各壓延率とも600°Cで軟化し、燒準材は10%冷壓延までは燒鈍温度の高まるほど稍軟化し、15%冷壓延せるものが600°Cで完全軟化す。燒鈍材は20%以上冷壓延せるものが600°Cで完全軟化す。即ち熱壓延材輕き冷壓延にて再結晶し。燒鈍材は之と同じ温度では結晶せしむるに強き冷壓延を要す。

4. 抗張試驗 熱壓延、燒準及び燒鈍せる各材料を冷壓延及び燒鈍して抗張試驗を行た。その冷壓延率は0, 10, 20, 30, 40%の5通りとし、燒鈍は400~700°Cに2, 時間、保定爐内冷却した。抗張試驗片はJES 5號にして冷壓延方向に牽引した。此の試驗結果は第2表の如し。

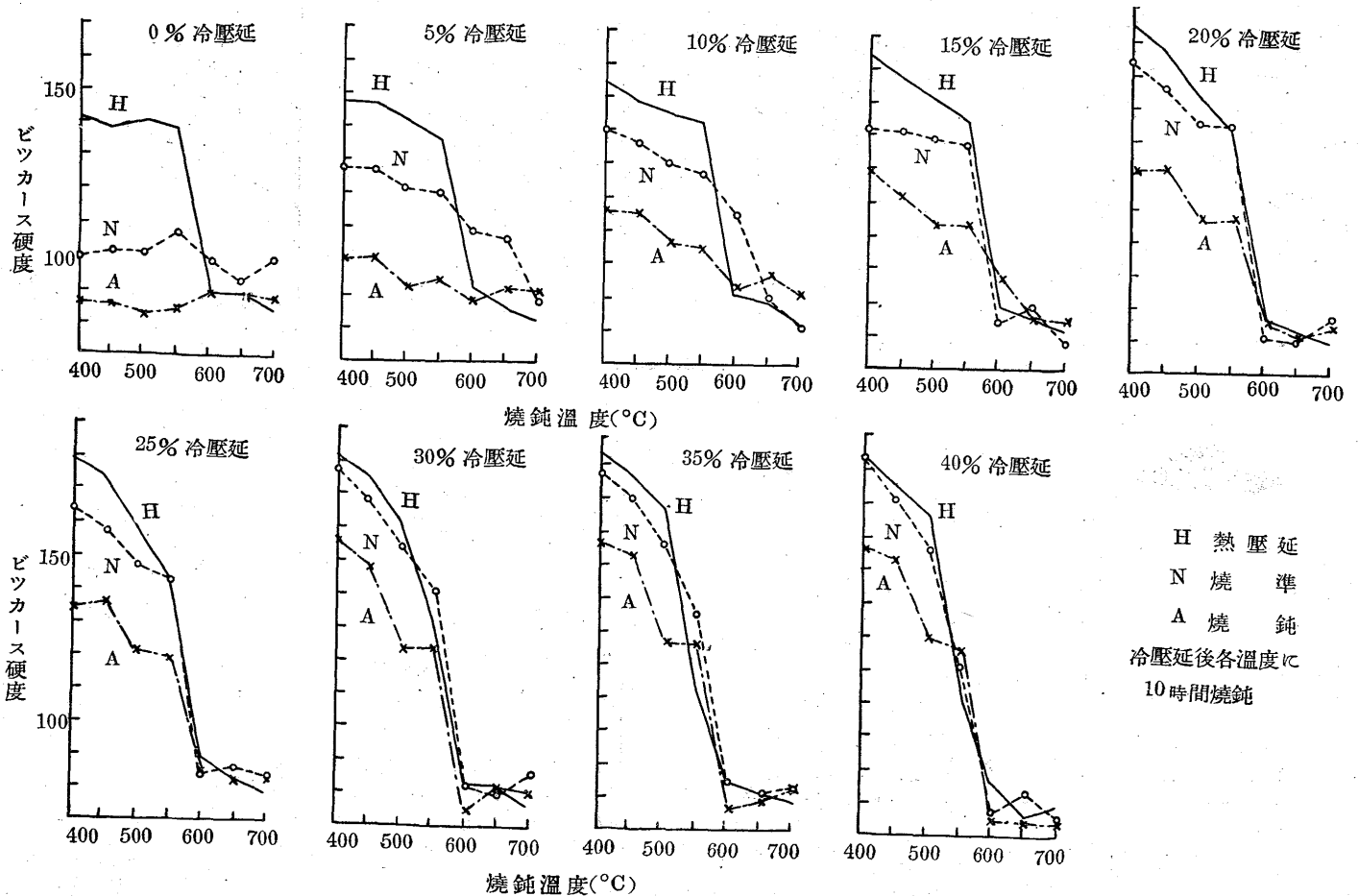
第4圖 燒鈍温度と硬度に於けるH, N, A元板の比較



第5圖 焼鈍温度と硬度に於ける H, N, A 元板の比較



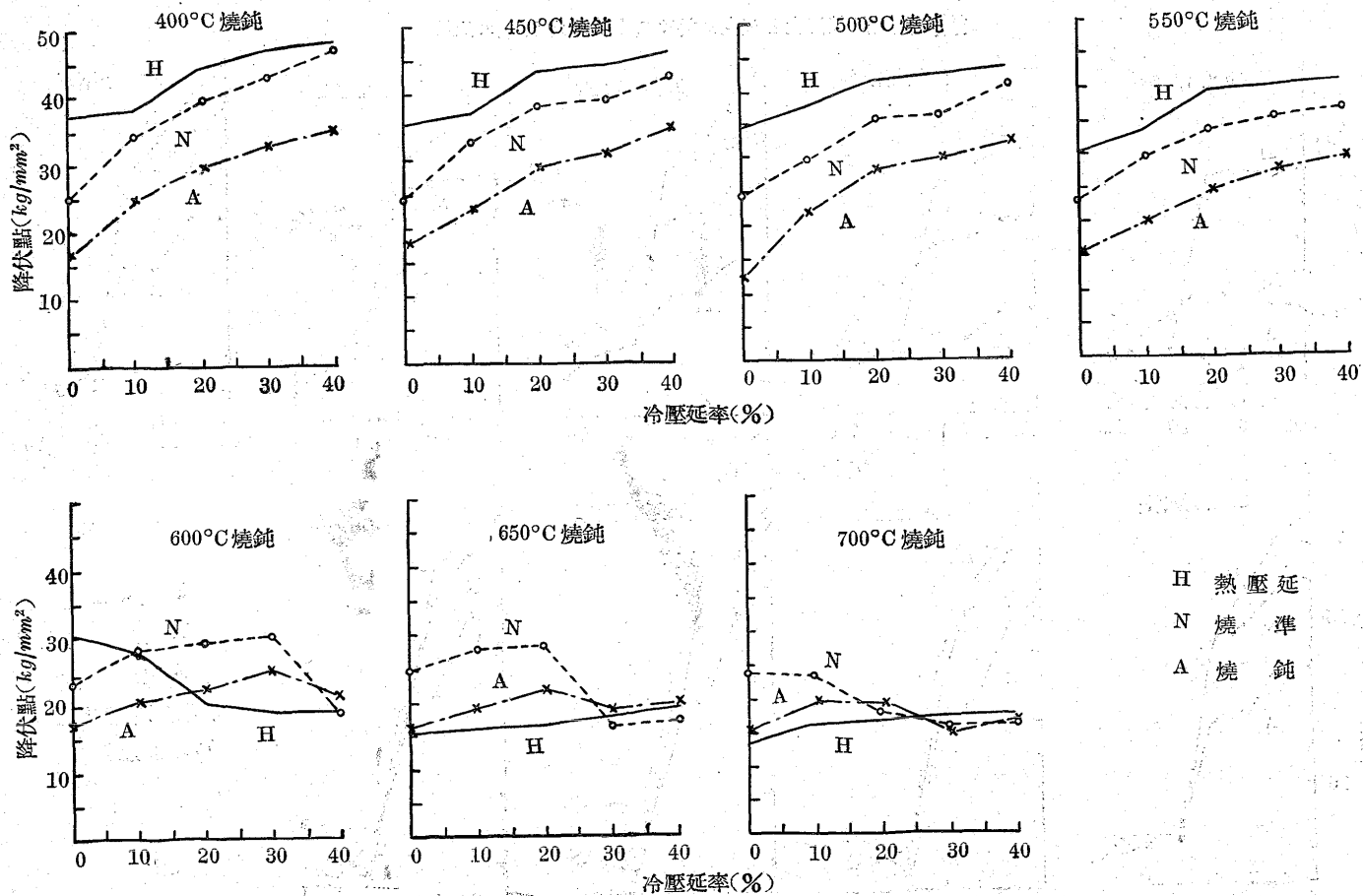
第6圖 焼鈍温度と硬度に於ける H, N, A 元板の比較



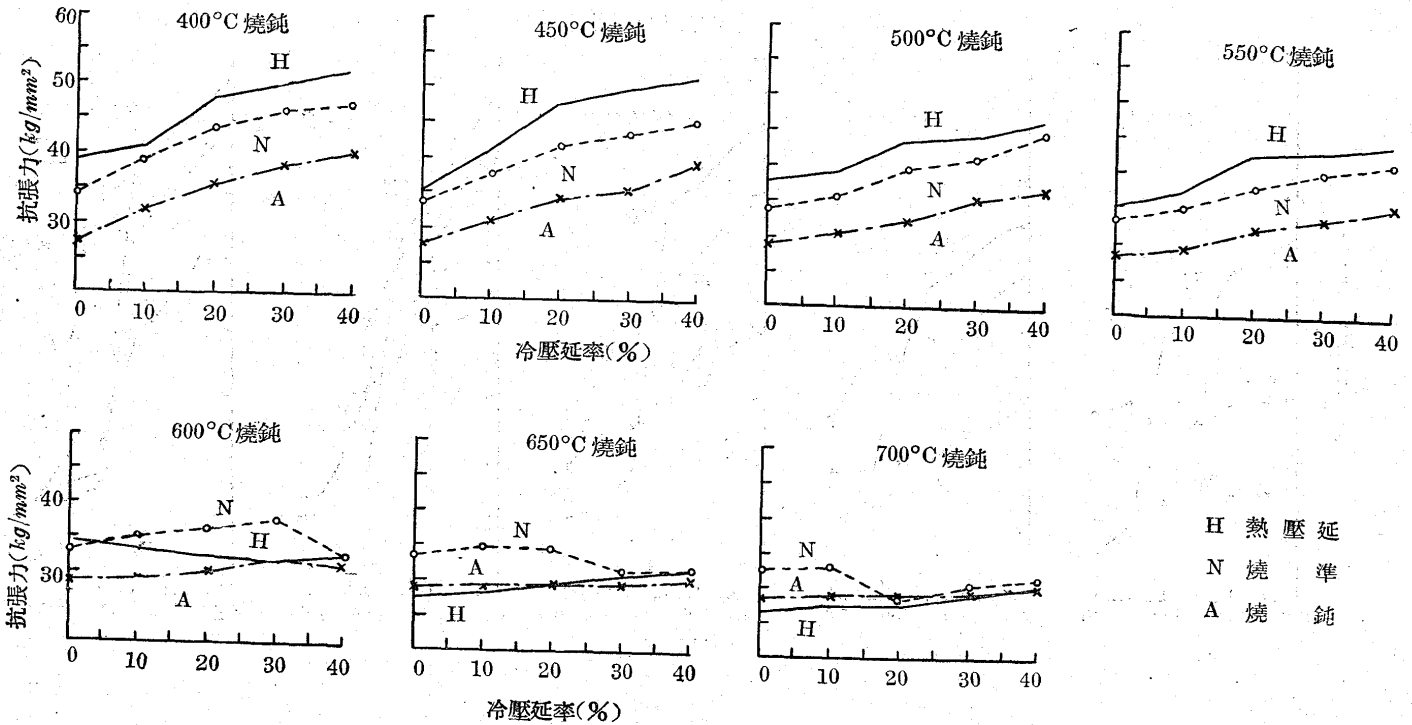
第2表 美裝鋼板の機械的性質に及ぼす履歴の影響

冷壓延率	0%			10%			20%			30%			40%		
	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %
H															
400°C	37.0	39.0	13.5	38.0	40.7	13.0	44.4	47.2	14.0	47.6	49.5	13.0	48.6	51.4	13.0
450	35.5	"	21.5	37.0	40.2	20.0	43.5	45.3	"	44.0	47.5	14.0	46.0	48.5	"
500	34.5	37.8	22.0	37.5	39.0	21.0	41.7	43.5	18.0	40.0	44.0	16.5	43.8	46.5	16.0
550	30.5	35.5	25.0	33.2	37.5	22.5	39.1	42.4	20.5	36.1	43.0	17.5	40.6	44.0	20.0
600	30.0	34.5	27.0	27.1	33.6	26.5	19.8	32.1	31.5	18.9	31.2	38.0	19.0	32.7	40.0
650	15.7	27.4	37.0	16.8	28.0	38.0	16.6	29.7	38.0	18.0	30.5	39.0	18.5	31.8	39.5
700	13.5	26.7	38.5	16.0	27.5	38.5	16.0	27.5	"	17.5	29.0	"	19.0	30.7	40.0
N															
400°C	25.1	34.3	37.5	34.2	39.0	27.0	39.7	43.6	21.0	42.7	46.1	17.0	45.0	47.1	15.5
450	24.6	33.8	37.0	32.8	37.9	28.0	38.3	41.9	22.0	39.1	43.4	18.0	42.5	45.2	17.0
500	24.4	34.1	37.5	29.8	35.8	31.5	35.4	39.8	24.5	36.5	41.1	19.5	40.0	44.8	19.0
550	23.0	33.2	37.0	29.6	35.1	32.5	33.4	38.3	28.0	35.2	40.4	24.4	36.3	41.3	24.5
600	23.1	33.1	37.5	28.0	35.0	35.0	29.3	36.5	32.5	30.1	37.6	27.5	18.3	32.5	37.0
650	24.7	33.2	38.0	27.9	34.8	37.5	28.3	34.5	36.5	16.5	31.5	39.0	17.0	31.8	38.5
700	23.9	32.4	38.0	23.3	33.1	37.5	18.0	28.7	37.0	15.8	30.5	39.5	17.6	31.6	39.0
A															
400°C	17.4	27.1	39.5	25.0	32.0	31.5	30.0	35.5	26.0	33.1	38.2	18.0	35.2	40.4	16.0
450	18.0	27.7	"	23.0	31.4	32.5	29.0	34.5	25.0	31.0	37.1	20.5	35.0	39.5	17.0
500	17.7	28.1	39.0	22.2	30.3	34.5	28.5	32.3	25.5	30.1	35.6	21.5	32.1	36.6	20.0
550	16.3	28.8	38.5	20.3	29.6	36.0	24.7	32.1	30.0	27.7	33.4	26.0	29.2	35.2	24.0
600	17.4	28.5	38.0	20.2	29.0	38.5	22.6	30.4	30.5	25.6	32.0	29.0	21.2	31.2	34.0
650	16.8	28.7	37.5	19.6	29.1	39.0	22.0	30.0	33.5	19.3	30.0	35.0	20.5	30.5	38.5
700	15.9	28.7	39.0	19.7	29.0	"	19.9	29.0	35.5	15.5	29.6	38.5	17.2	"	39.5

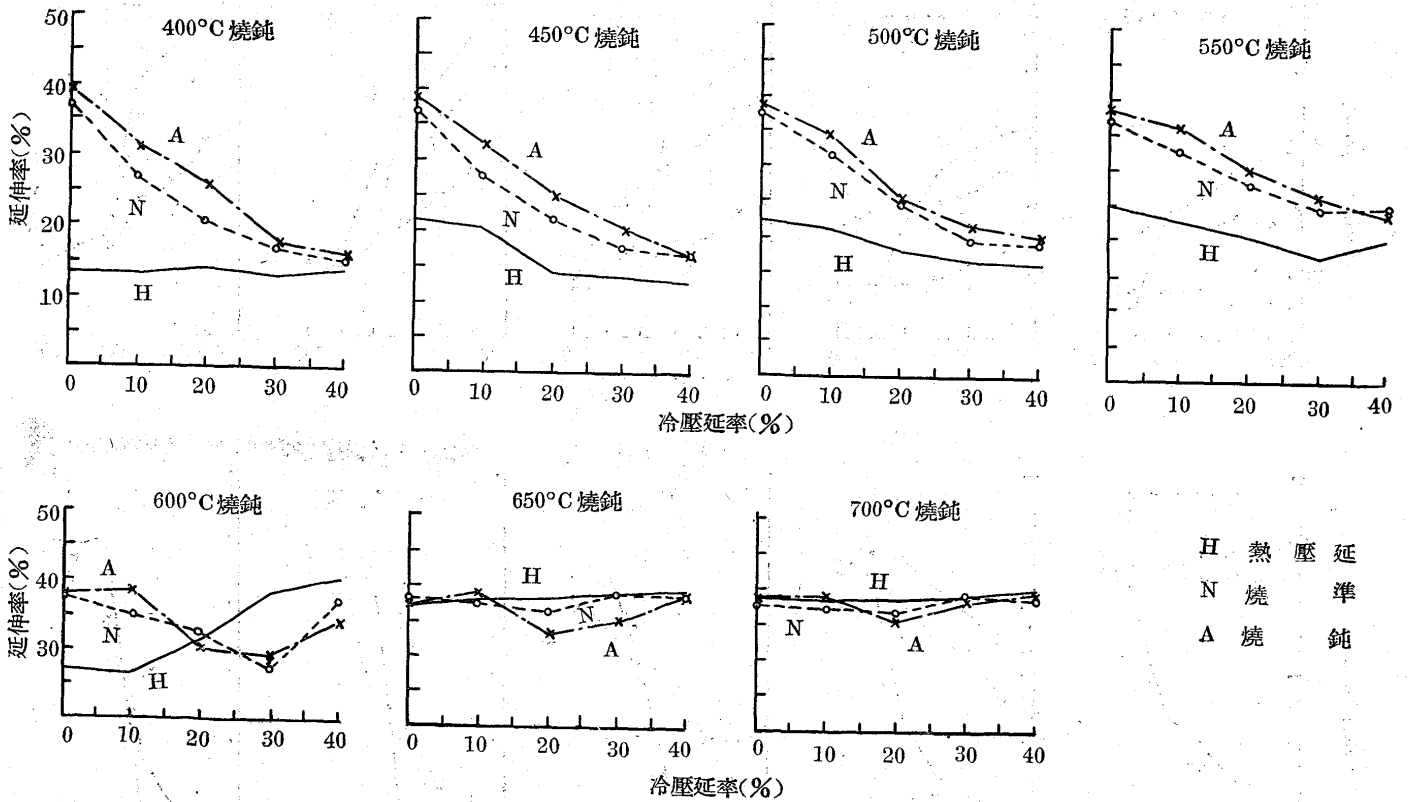
第7圖 冷壓延率と降伏點に於ける H, N, A 元板の比較



第8圖 冷壓延率と抗張力に於ける H, N, A 元板の比較



第9圖 冷壓延率と延伸率に於ける H, N, A 元板の比較



(1) 冷壓延率と降伏點 熱壓延材, 焼準材及び焼鈍材を冷壓延後焼鈍した場合は冷壓延率と降伏點の關係は第7圖の如し。

(2) 冷壓延率と抗張力 熱壓延材, 焼準材及び焼鈍材を冷壓延後に焼鈍したる場合の冷壓延率と抗張力の關係は

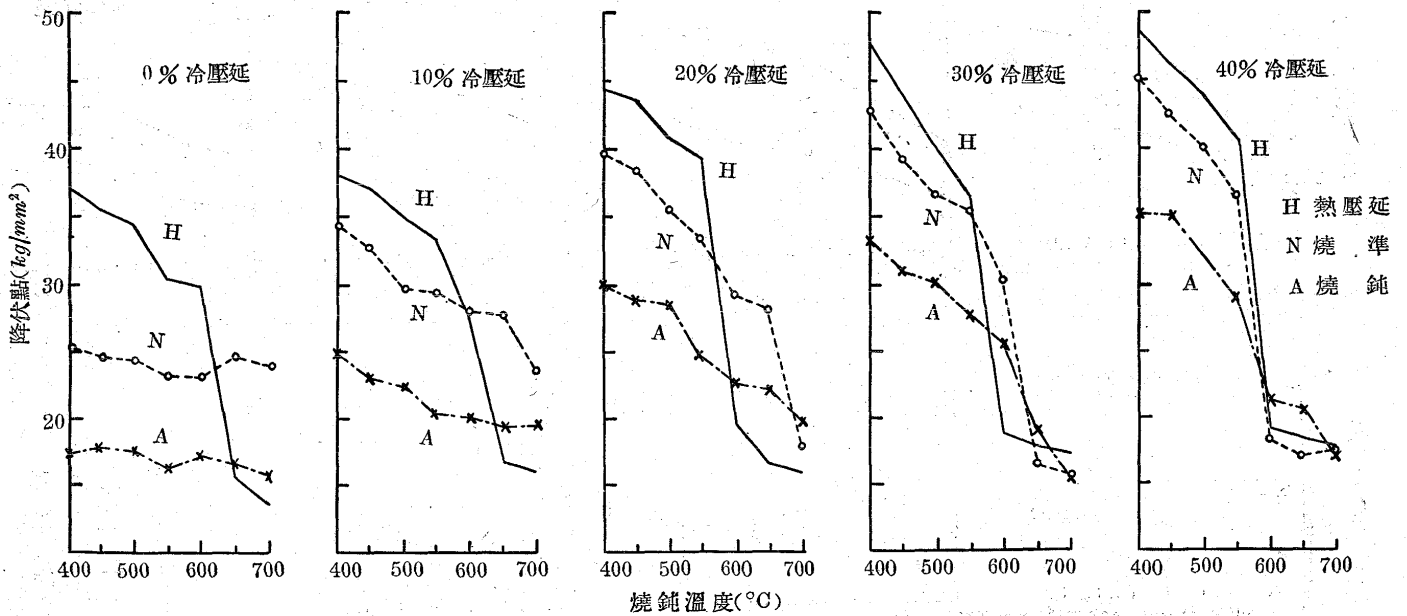
第8圖の如し。降伏點の關係と類似す。

(3) 冷壓延率と延伸率 冷壓延率と延伸率の關係に於ける熱壓延材, 焼準材及び焼鈍材の比較は第9圖の如し。

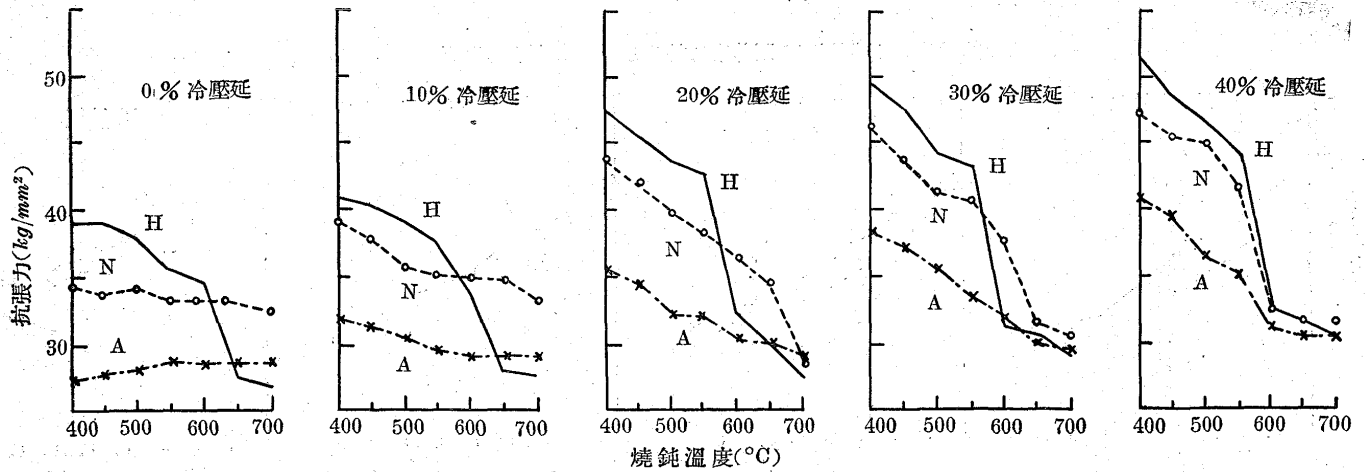
(4) 焼鈍温度と降伏點, 抗張力, 延伸率の關係, 熱壓延材, 焼準材及び焼鈍材を種々の冷壓延後に焼鈍したる場合

第 10 圖 焼鈍温度と機械的性質に於ける H, N, A 元板の比較

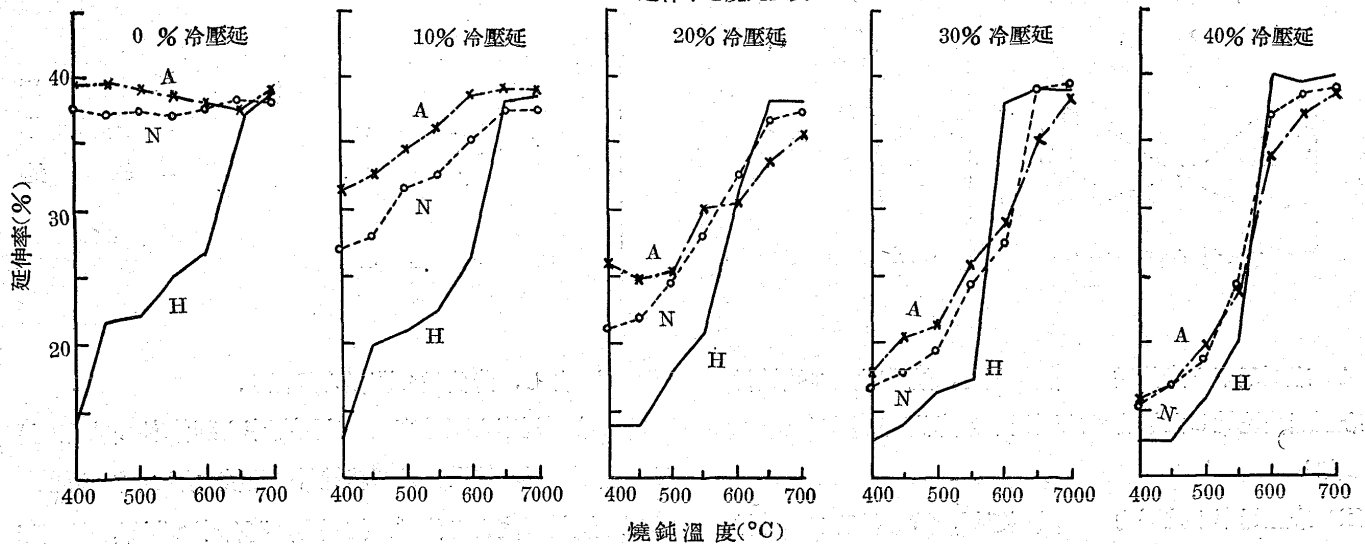
降伏點と焼鈍温度



抗張力と焼鈍温度



延伸率と焼鈍温度





の焼鈍温度と降伏点、抗張力及び延伸率の関係は第10圖の如し。

5. 顕微鏡組織 先づ冷壓延前の元板材料の組織を比較するに熱壓延のままはその仕上壓延温度が  $A_1$  變態点以下に下り結晶粒が細く、歪を受け焼鈍せるものは結晶粒が細く揃ひ、調整されてをる。焼鈍せるものは結晶粒太く、揃て居る。

之等を冷壓延すれば何れも結晶粒は壓延方向に延び壓延率の大なるほど多く變形する。冷壓延前の元板材料を  $700^{\circ}\text{C}$  で焼鈍すれば、熱壓延材は再結晶して結晶が太り焼鈍材と同じ様になり、焼準材と焼鈍材は殆んど變化せず。冷壓延後に  $700^{\circ}\text{C}$  にて焼鈍すれば何れも再結晶して、冷壓延率の大なるものほど再結晶後の結晶は細い。而して同じ程度の冷壓延率及び焼鈍では熱壓延材が最も細く、焼準材は之に類似し焼鈍材が最も粗い。 $550^{\circ}\text{C}$  以下の焼鈍では冷壓延したのも再結晶しないが  $600^{\circ}\text{C}$  以上では冷壓延したものは再結晶し、その程度は冷壓延率、焼鈍温度、焼鈍時間によりて異り其の関係は硬度によつて推察される。

6. 實驗結果の考察 鷲印美装鋼板の研究試料として冷壓延前の材料を熱壓延のまま、焼準及び焼鈍の3種に分類し夫々0~40%冷壓延し、次に  $400\sim 700^{\circ}\text{C}$  に焼鈍して硬度、降伏点、抗張力、延伸率、組織の関係を比較試験したるに次の結論を得た。

(1) 熱壓延率は  $A_1$  變態点以下で仕上壓延されて居るから結晶が細く、歪を受け、硬度及び力は大にして伸は少い。焼準材は結晶粒細く、揃ひ、焼鈍材は結晶粒太り、硬度、力は最も少く伸は大である。

(2) 冷壓延率の大なる程硬化し、その硬化割合は熱壓延材が一番少く、焼準及び焼鈍材は同様である。

(3) 冷壓延率の大なる程焼鈍の効果多く低温度と短時間で軟化される。而して熱壓延材が最も軟化され易く、次は焼準材である。例へば  $600^{\circ}\text{C}$  30分焼鈍にて完全軟化するに要する最低冷壓延率は、熱壓延材は15%、焼準材は25%、焼鈍材は35%である。又  $650^{\circ}\text{C}$  30分焼鈍で軟化する最低冷壓延率は、熱壓延材は0%、焼準材は15%、焼鈍材は30%である。 $700^{\circ}\text{C}$  焼鈍では各試料とも冷壓延しないで軟化する。或は又15%冷壓延せるものを完全軟化するに熱壓延材は  $600^{\circ}\text{C}$ 、焼準材は  $650^{\circ}\text{C}$ 、焼鈍材は  $650^{\circ}\text{C}$  を要する。30%以上冷壓延せるものは何れも  $600^{\circ}\text{C}$  にて完全軟化される。

(4) 焼鈍時間は長ければ夫だけ低温度で軟化されるが5

時間と10時間は異らず。例へば熱壓延材を25%冷壓延せるものを30分で軟化するには  $650\sim 700^{\circ}\text{C}$  を要するが5時間では  $600^{\circ}\text{C}$  で充分である。

(5) 焼鈍温度が高ければ短時間で焼鈍され、例へば  $700^{\circ}\text{C}$  では30分で完全軟化されるが  $600^{\circ}\text{C}$  では5時間を要す。

(6) 冷壓延後完全軟化して同じ程度の品質を得るために要する冷壓延率は熱壓延材は15%、焼準材は25%、焼鈍材は35%位の割合である。従て熱壓延材及びそれに次ぐ焼準材は焼鈍材よりも硬くして冷壓延し難けれども、冷壓延率を小にして済む利益があり、且つ結晶が細いから冷壓延に用ひる材料は熱壓延のまま又は焼準したものが有利である。

7. 結論 鷲印美装鋼板の製作工程中酸洗前の材料に對し熱壓延儘のものを直接使用する方法と更に焼準或は焼鈍の工程を加へるもの合計3通りの方法が現在考へられ、又實際に適用されてゐるので成品材質に及ぼす優劣並に數字的關係を實驗研究した。その結果は次の通りである。

(1) 直接熱壓延材を使用する方法に依れば、硬くして冷壓延に多少の不利あるが仕上成品の結晶粒微細にして最良の成績を示し、又同品質の成品を得るためには焼準或は焼鈍の熱処理を加へたるものよりも冷壓延率は軽く済み、且つ焼鈍温度も低くして完全軟化せられ操作が簡單となる。従て熱壓延作業が常に一定に近き場合、例へば米國式の連續作業設備に對して愈々有利である。

(2) 焼準操作を酸洗前に行たものは何等熱処理せざるものよりも、冷壓延の負擔増加するが初めの熱壓延に伴ふ作業的異なるを調整し得るので、板1枚づつ壓延する如き當所高級鋼板工場の例に於て適用し得る。

(3) 充分焼鈍軟化する作業は作業上一工程を増加するのみならず、冷壓延の負擔を一層大にして良質の成品を得んとすれば過大なる冷壓延率を必要とし、最も不利益である

### III 冷壓延ロールの強弱と材質の關係

1. 序言 美装鋼板の四重ロールで強壓下して6回で40%壓延したものと三重ロールで弱壓下して48回で40%壓延したものを種々の温度で焼鈍して機械的性質を比較したるに、壓延のままでは前者が硬く、力強く伸は少いが焼鈍すれば硬度は同じく、力は稍強く而も伸は大である。従て深絞用美装鋼板としては前者が有利である。

#### 2. 試 験

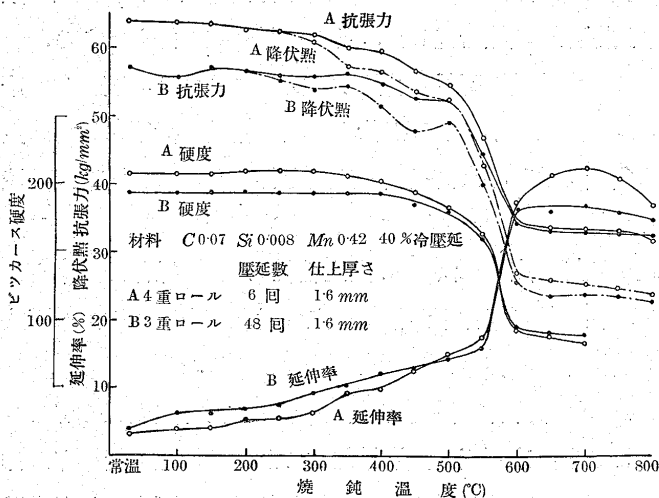
C	Si	Mn	P	S	Cu
0.07	0.008	0.42	0.009	0.038	0.27

上記成分の鹽基性平爐鋼材を高級鋼板工場にて 2.7mm 熱壓延板とし、之を燒準酸洗して厚さに於て 40% 冷壓延するに第 3 表に示すが如く、A は四重ロールに強壓下し 6

第 3 表 冷壓延工程

四重ロール				三重ロール			
壓延回数	壓下ゲージ	板の厚	板の長	壓延回数	壓下ゲージ	板の厚	板の長
0	—	2.64	1,628	0	2.5	—	2.63 1,628
1	2.00	2.28	1,828	8	1.78	0.22	2.13 1,868
2	1.80	2.03	2,030	16	1.55	0.1	1.96 2,078
3	1.70	1.87	2,212	20	1.48	0.07	1.87 2,158
4	1.60	1.75	2,387	24	1.38	0.1	1.80 2,228
5	1.50	1.70	2,557	28	1.29	0.09	1.74 2,293
6	1.75	1.56	2,662	32	1.20	0.09	1.70 2,353
				36	1.13	0.07	1.65 2,408
				40	1.12	0.01	1.62 2,463
				44	1.05	0.07	1.59 2,513
				48	1.00	0.05	1.56 2,558

第 11 圖 冷壓延率の燒鈍温度と機械的性質



回にて壓延を終り B は三重ロールにて弱壓下し 48 回にて壓延を終り 1.6mm×4'×8' の冷壓延板を作り、此の兩板より壓延方向に牽引試験片 J E S 5 號を取り、常溫より 800°C まで種々の温度に 5 時間保定緩冷（實驗爐内冷却）して抗張試験及び断面のビッカース硬度を測定せるに第 11 圖の如くである。

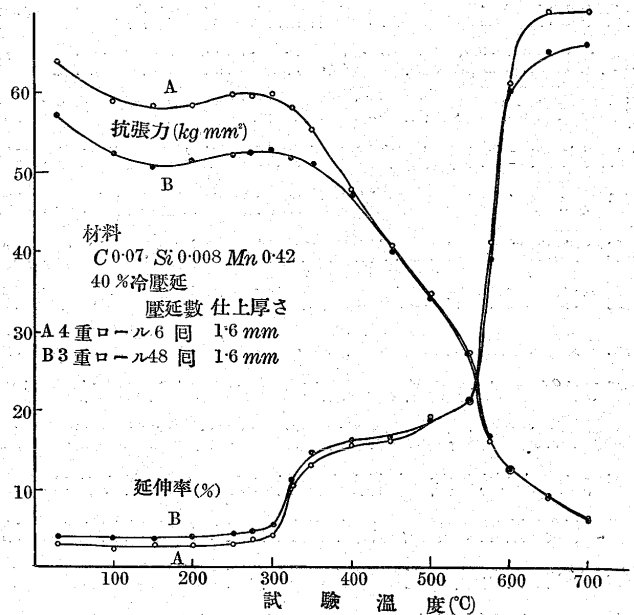
次に此の兩板の冷壓延のまま及び燒鈍せるものに就て顯微鏡組織を比較するに殆んど異ならず。

3. 試験結果 同じ 40% の壓延率でも四重ロールで強壓下し、6 回で壓延したものが三重ロールで弱壓下し 48 回で壓延したものよりは、壓延のままでは硬く力は強く、伸は少いが 600°C 以上で燒鈍すれば力は強くて而も伸は約 5% も大きい。

顯微鏡組織に依る結晶粒の形状は兩者殆んど異ならず。

4. 冷壓延板の熱間牽引試験 前記の四重ロール及び三重ロールにて 40% 冷壓延せる 1.6mm 板から J E S 5 號試験片を作り、常溫より 700°C までの種々の温度にて熱間牽引試験せる結果は第 12 圖の如し。抗張力は 150°C で

第 12 圖 冷壓延板の熱間牽引試験



少しく減じ 300°C で少しく増し 325°C より 550°C までは漸次に減少し、575°C で急に減じ 600°C 以上は漸次に減少す。延伸率は 300°C まで變らず、325°C で急に増し、550°C まで漸次に増し、575°C で急に増し 600°C 以上は漸次に増す。茲に於て 575°C の變化は青熱脆性を脱する處である。

#### IV リムド鋼質とキルド鋼質の比較

1. 序言 現在美裝鋼板の鋼質は極軟リムド熔鋼を使用して居るが、之をキルド熔鋼で製造したる場合の研究の實例として、變則であるが試験材料として、黑板向け燐ベース B 種シートバーの鋼質及び双物鋼板向けとして試作せる電氣爐製キルド熔鋼質のものを以て美裝鋼板に試作し、その物理的諸性質を試験した、試験の結果を之と同一條件で製造したる従來通りのリムド鋼質美裝鋼板と比較するに、機械的諸性質は殆んど差無く多少力は強く、反覆屈曲数は減少するが、エリヒセン値深絞り成績は劣らず、結晶粒は均齊となり此種の鋼質のものでも相當の良成績を得る事を知た。

#### 2. 試料

(1) 製 鋼 試 験 材 料 の 製 鋼 及 び 造 塊 の 概 要 は 第 4 表 の 如 し。

第 4 表 の (1)

試料 符 號	熔 鋼 型 式	鋼 種	爐	製 鋼 法	出 鋼 量	製 鋼 時 間
R	リムド	美 装 鋼 板	25t 平 爐	鑛 石 法	33,700kg	8°30'
K	キルド	B 種 シート バー	60t 平 爐	鑛 石 法	62,900	7°45'
EK	キルド	苺 刀 試 作 品	6t 電 爐	屑 鐵 法	8,980	6°10'

第 4 表 の (2)

試料 符 號	注 入 法	鑄 型	鋼 塊 單 重	添 加 材			
				Mn-鐵	Si-鐵	Al	P-鐵
R	下 注	S75	4,500kg	190kg	0kg	0kg	0kg
K	下 注	T61	4,200	220	66	40	105
EK	下注押湯	S51	2,900	38	45	7	0

第 4 表 の (3)

試料 符 號	取 鋼 分 析					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
R	0.05	0.056	0.26	0.026	0.041	0.248
K	0.08	0.051	0.36	0.054	0.035	0.246
EK	0.08	0.200	0.38	0.009	0.008	

茲に K は B 級 シートバー材として多量のアルミニウム、磷鐵及珪素鐵を以て脱酸せるもの、EK は電氣爐製にして煙草庖丁材用として念入に製鋼されたる何れもキルド型に屬する鋼質のものである。R は比較試料として従來通りのリムド型美裝鋼板豫定のものである。

尙試料 EK 即電爐鋼塊の縦断面サルファープリント及びマクロプリントにより試験せるに氣孔、パイプ、偏析無く極めて均質である。

(2) 鋼 片 前記3種のチャージより夫々1本の鋼塊を取り、第七分塊工場にて再熱し、第5表の如く壓延分塊し鋼塊底部より順次に番號を付け、2番目の鋼片を鋼種別の比較試料とした。

第 5 表

符 號	鋼 片 寸 法	鋼 片 重 量	鋼 塊 底 部 切 捨 量	試 料 鋼 片 及 び 其 符 號
R	70×550mm	470kg	100kg	底部より二番目 R 2
K	70×550	470	80	" R 2
EK	80×400	240	70	" EK 2

尙リムド鋼は鋼塊の頭部より底部に至る位置により組織が多少異なるから、成品に就ての鋼塊位置別比較の試料として鋼塊底部より6番までの鋼片6ヶを採用した。此の符號を R1~R6 とす、而して此の鋼片の採用歩留りは鋼塊に對し 62.7% となる。

(3) シートバー 鋼片 R1~R6 及び K2 は平鋼工場にて EK2 は二中板工場にて加熱壓延して第6表の如きシートバーを作た。

第 6 表

符 號	工 場	シ ー ト バ ー 寸 法	シ ー ト バ ー 重 量	採 用 數	符 號	用 途
R	平 鋼	8'8×550	483	6	R1~R6	鋼塊位置別比較
K	"	"	"	6	R 2	
EK	二 中 板	6'5×765	40	6	K 5	鋼塊別比較
					EK 2	

此の内にて鋼種別比較用の R2, K2, EK2 の3鋼片より壓延せるシートバーは連続せる6本宛を採用し、鋼塊位置別比較用の R1~R6 の6鋼片より壓延せるシートバーは各鋼片の中央部より1本宛を採用した。

(4) 美裝鋼板 鋼種別比較用として採用せる R2, K2, EK2 の3鋼片を壓延して得たる各6本のシートバーは、高級鋼板工場にて夫々第7表の如き6通りの仕上法を異にする美裝鋼板を作た。此の内冷壓延は皆三重ロール機を用ひた。

第 7 表

符 號	成 品 名	仕 上 寸 法	仕 上 法
A	青 鳩	1'6×1,000×2,000mm	熱壓延 900°C 燒準
B	白 鳩	"	熱壓延, 箱燒鈍
C	"	"	熱壓延, 燒準, 冷壓延 2 回
D	鶯	"	熱壓延, 燒準, 酸洗 5% 冷壓延, 箱燒鈍
E	"	1'0×1,000×2,000	熱壓延, 燒準, 酸洗 35% 冷壓延, 箱燒鈍
F	"	"	熱壓延, 燒準, 酸洗 35% 冷壓延

以上の試料を以てリムド鋼、キルド鋼の鋼質別比較試料とし、更に上表中の符號 F 仕上試料は燒鈍試験用に用ひた。尙リムド鋼の R1~R6 鋼片を壓延して得たる6本のシートバーは、夫々上表の E 仕上の美裝鋼板を作て鋼塊位置別比較の試料に用ひた。

### 3. 材 質 試 験

(1) 成 分 試料の分析結果は第8表の如し。但し此の分析試料は熱壓延して 900°C 燒準せる A 符號仕上の美裝鋼板より採りたるものである。

第 8 表

試 料	鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Cu
R	リムド	0.06	0.04	0.23	0.012	0.055	0.274
K	キルド	0.08	0.065	0.35	0.052	0.03	0.248
EK	キルド	0.08	0.21	0.40	0.024	0.011	0.234

(2) 機 械 的 性 質 リムド及びキルド鋼質の材料から、高級鋼板工場にて仕上たるままの前記6通りの美裝鋼板 A~F の試料に就て、種々の機械試験せる成績は第9表の如し。

之に依れば平爐製リムド鋼質 (R) が平爐製キルド鋼質 (K) よりも僅に力弱く、伸は例外はあるも概して多い。電氣爐製キルド鋼は力、伸共に平爐製リムド鋼質よりも多い。

第 9 表 リムド鋼及びキルド鋼美裝鋼板の機械試験

鋼質	記號	牽引試験									反覆屈曲		エリヒセン	板の厚 mm	仕上法
		JES 1 號(縦方向)			JES 5 號(縦, 横, 兩方向)						縦	横			
		降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>		抗張力 kg/mm <sup>2</sup>		延伸率%						
			縦	横	縦	横	縦	横							
R リムド鋼	A	28.3	36.3	26.5	26.8	26.3	36.6	37.0	37.0	37.0	17	18	11.13	1.80	熱壓延 90°C 燒準 熱壓延, 箱燒鈍 熱壓延, 燒準, 冷壓延 2 回 熱壓延, 燒準, 酸洗 5% 冷壓延, 箱燒鈍 熱壓延, 燒準, 酸洗 35% 冷壓延, 箱燒鈍 熱壓延, 燒準, 酸洗 35% 冷壓延
	B	18.4	33.0	27.5	17.4	18.3	29.6	33.5	33.0	38.0	20	20	11.37	1.76	
	C	30.9	41.4	18.0	31.0	31.4	40.8	41.7	26.0	26.0	16	17	10.39	1.70	
	D	27.8	35.2	26.5	28.2	28.3	35.5	36.1	36.0	36.0	24	26	11.65	1.70	
	E	24.3	34.5	29.5	22.3	23.6	34.6	34.8	40.0	38.0	28	27	10.02	0.94	
	F	58.2	70.8	1.5	—	—	63.9	69.3	4.0	2.5	11	9	6.33	1.70	
K キルド鋼	A	30.9	41.4	26.5	29.5	30.5	41.1	41.3	33.0	33.0	12	12	10.60	1.77	同
	B	22.9	37.0	—	20.0	21.7	32.5	37.5	36.0	35.0	18	—	10.90	—	
	C	30.9	44.1	18.5	33.1	33.6	44.8	45.9	26.0	28.0	12	13	9.83	1.73	
	D	31.6	39.9	24.0	31.2	31.8	40.6	41.4	32.5	34.0	19	16	10.79	1.68	
	E	26.2	37.3	26.5	25.9	26.2	37.9	38.9	36.0	37.0	21	18	10.05	1.04	
	F	—	73.3	2.5	—	—	68.9	72.8	5.0	4.0	8	4	6.24	—	
EK キルド鋼	A	33.8	42.3	28.3	36.4	—	43.4	—	33.5	—	22	—	10.86	1.80	同
	B	19.6	34.2	28.9	26.0	—	34.9	—	35.0	—	20	—	10.40	—	
	C	31.3	38.3	24.1	35.9	—	40.2	—	33.5	—	25	—	10.99	1.78	
	D	33.6	42.0	23.3	38.1	—	44.1	—	29.5	—	26	—	11.38	1.71	
	E	25.0	38.8	28.6	—	—	40.7	—	31.5	—	28	—	9.93	1.05	
	F	—	—	—	—	—	65.3	—	7.0	—	—	—	—	—	

註 縦は板の壓延方向, 横は夫と直角方向なり

疵の出るまでの反覆屈曲數は電氣爐製リムド鋼質, 平爐製リムド鋼質, 平爐製キルド鋼質の順序となる。エリヒセン値は 3 者とも略同様である。次に深絞り試験の結果は第 10 表の如し。試片盤の直径 85mm にては何れの鋼質の試料も完全にコップ形まで深絞りするも疵を生ぜず。而し

第 10 表 深 絞 試 験

試料	試片直径 85mm			試片直径 100mm			試片直径 110mm		
	最大絞力 kg	最大絞力時の深さ mm	成績	最大絞力 kg	最大絞力時の深さ mm	成績	最大絞力 kg	最大絞力時の深さ mm	成績
RD	122	17	完						
	103	16							
RE	74	18	"						
		65							
RF	132	18	"						
		138							
KD	110	17	"						
		100							
KE	82	20	"						
		78							
KF	134	14	"						
		119							
EKD	112	20	"	155	32	完	155	17	破
		119		19	156		29	159	
EKE	79	18	"	113	32	"	111	18	"
		77		"	104		30	109	

て絞る深さとその時の應力との関係を曲線に書き, その最大應力(表には最大絞力と記す)とその時の絞り深さは表示するが如く, 同じ方法にて仕上たる板は各鋼質とも略同様である。要するに深絞り試験の結果はリムド鋼質もキルド鋼質も殆ど同等である。

(3) 組織 リムド及びキルドの各鋼質毎に 6 通りの仕上をしたる美裝鋼板の縦断面の組織を比較するに, 各鋼

質とも A 仕上板は燒準したるものであるから結晶が細い。B 仕上板は箱燒鈍したるものであるから結晶が粗い。C 仕上板は A 仕上に類似する。D 仕上板は燒準して箱燒鈍したるものであるからかかる二段熱處理せるものに屢現はるる處の組織即ち板の表面に直角なる柱狀の粗大結晶が現はる。此の柱狀晶の起る原因は極軟鋼を A<sub>1</sub> 變態點以上の溫度から急冷したる即ち燒準又は燒入したるものは, 板の表面に直角なる方向に熱歪を受け, 此の歪を受けたものを A<sub>1</sub> 變態點と A<sub>2</sub> 變態點の間の溫度で燒鈍すれば, 再結晶して歪に沿うて發達せる柱狀晶となる。而して鋼中のパーライトや不純物は柱狀晶の發達を妨げるので, リムド鋼質の如き外殼の不純物少き部分に著しく發達し, キルド鋼質の如き外殼にも多少のパーライトや微滓を含むものには柱狀晶の發達を妨げらる。

次に E 仕上板は燒準後に箱燒鈍したけれども, その間に 35% 冷壓延して居るので柱狀晶を生ぜず, 且つ同じく箱燒鈍にても B 仕上よりも結晶が細い。F 仕上板は燒鈍後に 35% 冷壓延したるままであるから壓延方向に結晶が延びて居る。

而して各仕上を通じてリムド鋼質は不純分が内部に偏析して居るから, 板の表面は結晶が粗く, 内部は細い。結晶の大きさが不揃である。キルド鋼質は内外の結晶が揃て居る。

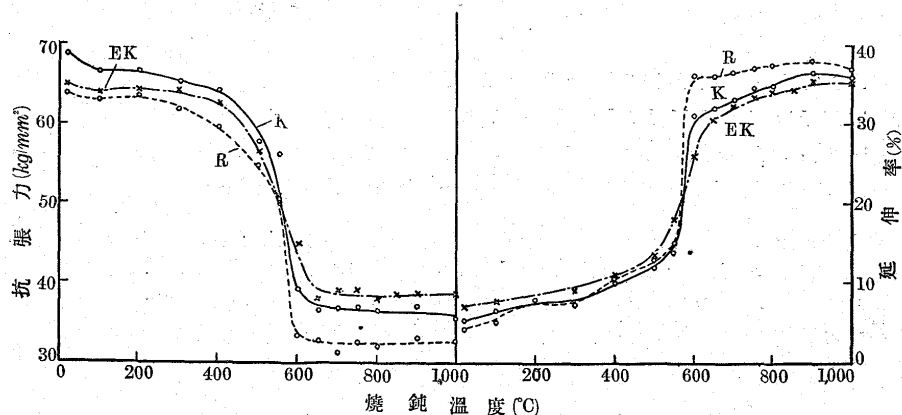
4. 燒鈍試験 リムド鋼質及びキルド鋼質の符號 F' の

第 13 圖 冷壓延板の焼鈍温度と機械的性質

焼鈍前の板は熱壓延、焼準酸洗、35% 冷壓延せる 1mm 板 (F)  
 焼鈍は各温度にて 30 分保定爐内冷却

		C	Si	Mn	P	S	Cu
試料の化學成分	R 平爐リムド	0.06	0.04	0.23	0.012	0.055	0.274
	K 平爐キルド	0.08	0.065	0.35	0.052	0.03	0.248
	EK 電氣爐キルド	0.08	0.21	0.40	0.024	0.011	0.234

引張方向は壓延方向とす 試片は J E S 5 號とす



仕上板即ち熱壓延、焼準、酸洗 35% 冷壓延せる厚さ 1mm 板から冷壓延方向に牽引する様に J E S 5 號試片を作り、常温より 100°C までの種々の温度に 30 分間加熱し、爐内冷却して抗張試験せる結果は第 13 圖の如し。之に依れば 600°C 以上の温度にて各鋼質とも軟化し、焼鈍温度の影響は各鋼質とも同様である。

5. 附 録 リムド鋼質の鋼塊位置別比較試験. リムド鋼質の鋼塊は周知の如く不純物が頭部に多く底部に至るほど少いから、従てかかる鋼塊を原料とする美装鋼板に於てはその鋼塊位置に依りて材質的相異なるべく考へらるるのでその程度を試験した。

試料は本文に示せる如く 4,500 kg 鋼塊を第七分塊工場にて壓延し、鋼塊底部 100 kg を切捨て 70×550mm, 470 kg 鋼片に分塊し、鋼塊底部より順次に番號を付け符號 R1~R6 の 6 鋼片を採り、試験材に向けた。故に此の鋼片の採用歩留は鋼塊に對して 62.7% となる。此の鋼片を平鋼工場にて壓延して 8.8×550mm, 48.3 kg シートバーとし各鋼片の中央部に當る 1 本のシートバーを試料に向けた。此

深 絞 試 験

鋼塊位置	試片直径 85mm		成 績
	最大絞力 kg	最大絞力時の深さ mm	
R 6	76	18	完
R 5	66	18	〃
R 4	62	16	〃
R 3	76	17	〃
R 2	64	16	〃
R 1	74	18	〃
	65	〃	〃
	68	〃	〃
	67	17	〃
	66	17	〃
	63	〃	〃

のシートバーを高級鋼板工場にて熱壓延、焼準、酸洗 35% 冷壓延、箱焼鈍して美装鋼板とす。

此の美装鋼板に就て種々の機械試験せる結果は第 11 表の如し。表中鋼塊位置は R1 が底部にして R6 が頭部に

第 11 表 リムド鋼塊位置別比較

試験方向	鋼塊位置	牽 引 試 験						反覆屈曲回数/90°	エリヒセン
		JES 1 號			JES 5 號				
		降伏點 g/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %		
縦	R 6	24.5	35.3	29.8	23.5	34.5	37.0	30	10.54
	R 5	24.0	34.5	30.8	22.6	33.9	36.8	31	9.64
	R 4	24.5	34.2	29.5	22.4	33.7	38.7	26	10.20
	R 3	24.3	34.5	〃	22.3	33.6	40.0	28	10.02
	R 2	24.6	33.6	29.1	22.6	33.8	38.1	26	10.8
	R 1	22.9	33.1	32.1	20.9	32.0	39.6	28	10.44
横	R 6	—	—	—	23.6	34.6	38.6	〃	—
	R 5	—	—	—	22.8	34.7	38.2	29	—
	R 4	—	—	—	23.8	34.5	〃	25	—
	R 3	—	—	—	23.6	34.8	38.0	27	—
	R 2	—	—	—	22.7	34.0	39.2	26	—
	R 1	—	—	—	21.5	33.0	40.6	〃	—

當る。試験方向の縦は冷壓延方向にして横はその直角方向である。此の試験に依れば頭部が底部よりも極めて僅かに力強く、伸少いが、エリヒセン値、深絞試験成績は殆んど同様である。之を要するに S75 型 4,500 kg 鋼塊にては頭部を除き、下半部の 63% は何れも同品質の成品が得らる。