

## 鍛延鋼の性質に就て

(日本鐵鋼協會 第6回講演大會講演)

石原善雄  
永澤清

**ABSTRACT. ON SOME PROPERTIES OF FORGED STEEL:** *By Yoshiwo Ishihara and Kiyoshi Nagasawa* The effect of forging ratio on the mechanical properties of forged steels was examined on a carbon steel and two alloy steels both in annealed and heat-treated conditions. In the result we see that the tensile strength and the elastic limit show a slight decrease with the increase of forging ratio in the case of carbon steel and Ni-Cr steel, while in high Cr steel they are, on the contrary, increased as the forging ratio rises. Brinell's hardness also shows the same tendency as the tensile strength. The elongation and the contraction of area are markedly increased at the first step of reduction and attain their stational values at the forging ratio 1/4. The impact resistance and the number of repeated impact are found to reach their stational values at the forging ratio higher than 1/8. It has been considered that the forging effect in a steel billet is greater at its center than the surface; in the present investigation we confirmed the fact experimentally, and further made some mechanical tests to show the gradual change of the mechanical properties, from surface to center, in a forged billet

## 研究の目的及び概要

本研究の第1部に於ては鍛延鋼の機械的性質が其の鍛延率の増加するに従ひ如何に變化するかを見たるものなり。此の問題に關しては既に若干の研究結果<sup>1)</sup>あれ共此等は何れも部分的研究にして即ち:—

- (1) 1種類の鋼種のみに関するもの。
- (2) 単一なる熱處理状態に就てのもの。
- (3) 鍛延率は或る限られたる範圍(一般に低し)に止めたるもの。
- (4) 1,2種類の機械的性質のみを測定するもの。

1) P. Junkers, S. u. E., 1921 (41), p. 677  
F. Wüst u. W. C. Huntington, S. u. E., 1917 (37), p. 829  
F. Wüst u. W. C. Huntington, S. u. E., 1917 (37), p. 849  
齋藤省三、鐵と鋼、大正13年(10), No. 8, p. 25 G.  
Charpy, Ir. and St. Inst., 1918, (48) No. 2, p. 309

の。

等なり。依つて著者等は今回次記要項に従ひ稍一般的に此の問題を考察することゝしたり:—

- (1) 鋼材、3種類の代表的鋼材に就て實驗したり。即ち炭素鋼、Ni-Cr鋼及び高Cr鋼(耐蝕鋼)。
- (2) 鍛延率、鑄造鋼塊を次第に鍛延し其の斷面積が最初の値の1/128に達するまでの數階梯の鍛延率を有する試料を用ひたり。
- (3) 熱處理、燒鈍状態の他に一般的使用状態たる燒入燒戻状態に就て試験したり。
- (4) 試料の採取法、鍛延材の内外部より試料を採取し其の機械的性質の差異をも調査したり。

又本研究の第2部に於ては炭素鋼の鍛延材に關し其の外面より中心に進むに従ひ次第に鍛延度が增加することを示し、且つ之れに伴ふ機械的性質

の變化を實驗的に明にしたるものなり。

第 1 部

(1) 實驗試料

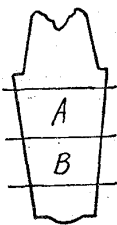
本實驗に使用したる鋼材は總て 500 kg 鋼塊として鑄造したるものにして其の化學的組成は下の如し：——

第 1 表 鋼材の化學分析 %

%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
炭素鋼	0.42	0.24	0.65	0.021	0.014	—	—
Ni-Cr 鋼	0.35	0.26	0.31	0.019	0.012	3.04	0.88
高 Cr 鋼	0.17	0.37	0.21	0.015	0.014	0.56	14.00

鋼材は各鋼種の代表的のものを選択したり。即ち炭素鋼としては半硬鋼、最も一般なる構造用特殊鋼としては Ni-Cr 鋼、又特殊元素を多量に含有せる合金鋼としては耐蝕鋼を採りたり。

第 1 圖



(2) 鍛 延 率

鋼塊は第 1 圖に示せる如く切口正方形にして鍛延に當りては先づ其の上部を適當に除去したる後に續く A 部を切り取り、鑄造の儘の試験試料採取に供し、殘餘の部分 B は之を次第に鍛延し、鍛延率を異にする各種の試験試料採取に使用したり。第 2 表は斯の如くして得られたる各階梯の試料の鍛延率及び該角材の切り口の一邊の長さを示す。

第 2 表 鍛延材の鍛延率及び寸度

鍛延率 (R)	1 (鑄造の儘)	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128
邊	265 mm	187 mm	132 mm	94 mm	66 mm	47 mm	33 mm	23 mm

尙鍛延率は夫々の場合の斷面積を最初 (鑄造の儘) の斷面積にて除したる分數値を以て示すことゝしたり。

(3) 熱 處 理

本實驗は燒鈍状態及び燒入燒戻状態の兩場合に就て行ひたるものにして、兩場合に於ける夫々の鋼材の熱處理方法は下の如し：——

A. 燒 鈍

炭素鋼 830°C に 30 分間加熱後爐中冷却。

Ni-Cr 鋼 850°C に 2 時間加熱後爐中冷却

耐蝕鋼 同 上

B. 燒入燒戻

炭素鋼

580°C 水中燒入、600°C 30 分間燒戻。

Ni-Cr 鋼

850°C 油中燒入、600°C 30 分間燒戻。

耐蝕鋼

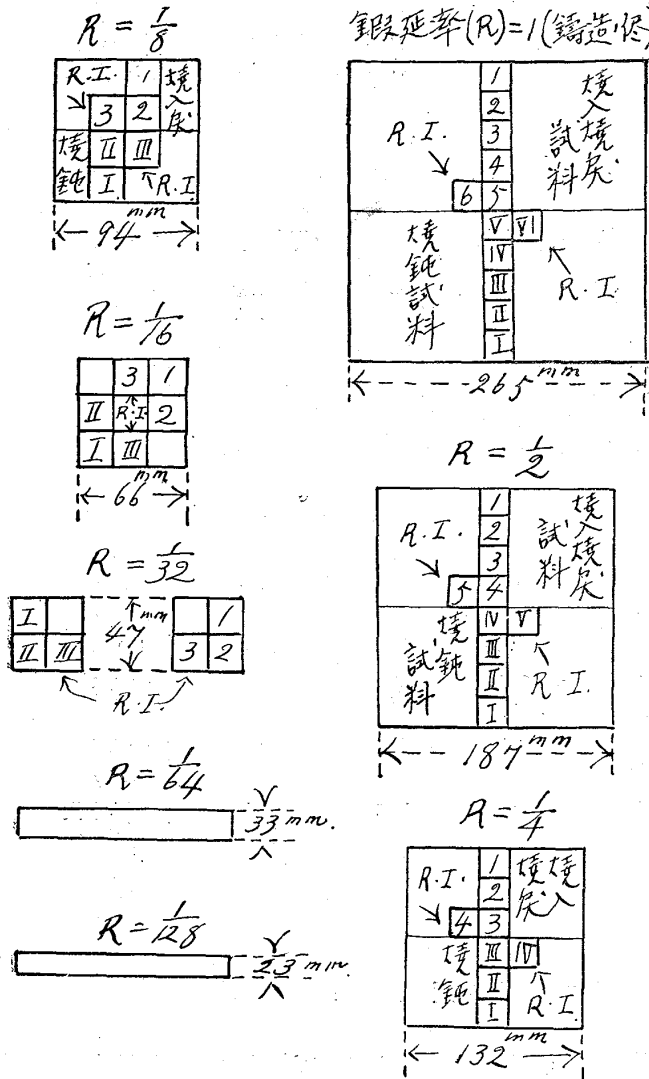
900°C 油中燒入、750°C 30 分間燒戻。

(4) 試 料 の 採 取 法

試験試料は總て鍛延材より鋸を以て切り出せるものにして、抗張力試験試料は同時に又硬度試験試料及び衝擊試験試料として用ひたり。但し繰返し打撃試験試料は鍛延鋼片の中心に近く別に之を切り出したり。

本實驗に於ては鍛延率の相異に依る機械的性質の變化を求むると同時に一鍛延鋼材の内外部に於ける機械的諸性質の相違をも知ることを目的としたるを以て抗張力試験試料の切り出しに當りては鍛延率の低き鋼片 (鍛延率 1, 1/2, 1/4) に就ては外面より中心に到るまで連続的に多數の試料を採取したり、但し鍛延率 1/8 以上のものにありては各部殆ど同一性質となるを以て試料は任意の場所より採取したり。上述の方法により採取せられたる試料の數は鍛延率 1 (鑄造の儘) のもの 5 本、1/2

第2圖 試料の採取方法



のもの4本、1/4のもの3本にして、1/8以上のものは總て2本宛とし合計 22 本なり。従て兩種の熱處理状態を通じて 44 本となる。第2圖は各階段の鍛延材より試料切り出しの方法を示すものなり。圖に於てアラビア數字は焼入焼戻試料を又ギリシヤ數字は焼鈍試料を示す。又 R. I. は繰返打撃試験試料なり。鍛延率 1/64 及び 1/128 の場合に於ては最早切り出し不可能なるを以て適當の長さに切斷し其の儘試料に供したり。

(5) 機械的試験

抗張力試験桿は徑 14 mm、標點間距離 50 mm に作製しオルセン試験機に依り試験したり。硬度試験はブリネル硬度計を用ひ、衝擊試験はシャルピー式 30kg.m. の試験機に依り、又繰返打撃試験機は松村氏のものにして其の打撃勢力 20k.g.m. を採用したり。

試験結果の數値は第3表乃至第8表に又其の曲線圖は第3圖乃至第8圖に示したり。

尙鍛延率 1, 1/2 及び 1/4 の諸場合には鍛延鋼の中心部と其の外面とに於て著しく機械的性質を異

第3表 焼入焼戻炭素鋼に關する實驗結果

鍛延率 R	試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 on50mm%	收縮率 %	硬度 ブリネル	衝擊抗力 kgm/cm <sup>2</sup>	松村式 打撃數
R=1 (鑄造の儘)	1	84.0	72.1	23.0	52.0	241	8.2	試料 6 1,680
	2	83.7	72.4	23.0	52.0	248	8.0	
	3	84.3	72.4	20.0	42.0	243	6.4	
	4	83.7	71.5	18.4	30.6	248	6.1	
	5	81.9	71.2	15.0	23.8	248	5.7	
R=1/2	1	81.2	68.1	25.8	60.6	248	9.0	試料 5 2,020
	2	81.8	68.7	24.2	58.4	241	8.9	
	3	79.3	68.6	26.4	59.6	241	10.2	
	4	78.0	67.1	25.4	53.5	248	12.4	
R=1/4	1	81.0	67.5	25.6	63.9	241	13.1	試料 4 2,550
	2	80.3	66.7	27.4	60.8	241	14.4	
	3	77.7	64.6	27.6	64.9	243	14.7	
R=1/8	1	79.8	66.1	26.0	63.9	241	16.2	試料 3 3,010
	2	81.5	67.5	27.2	62.7	241	16.1	
R=1/16	1	80.9	68.2	26.8	64.7	241	16.3	試料 3 2,850
	2	80.6	67.9	27.0	62.9	235	16.0	
R=1/32	1	81.2	68.8	26.4	63.0	235	16.2	試料 3 3,010
	2	81.7	69.6	26.4	61.5	235	16.6	

$R = \frac{1}{64}$	{	1	80.4	68.0	23.2	63.5	235	16.3	試料 3 3,020
		2	81.2	69.5	27.0	61.3	235	16.4	
$R = \frac{1}{128}$	{	1	81.5	67.4	23.6	63.0	235	16.5	試料 3 2,940
		2	79.8	68.5	27.3	63.0	235	16.6	

第4表 焼鈍炭素鋼に關する實驗結果

鍛延率 $R$	試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 on50mm%	收縮率 %	硬度 ブリネル	衝撃抗力 kgm/cm <sup>2</sup>	松村式 打撃數
$R=1$ (鑄造の儘)	I	60.1	41.5	30.2	41.0	166	4.3	試料 VI 1,160
	II	58.6	40.9	29.0	42.3	166	3.9	
	III	61.9	41.8	23.4	40.5	170	3.3	
	IV	61.9	41.8	25.8	34.2	170	3.3	
	V	61.6	41.5	26.0	38.5	170	2.9	
$R = \frac{1}{2}$	I	62.8	42.7	33.0	52.1	156	5.5	試料 V 1,180
	II	63.5	42.4	32.4	53.6	156	5.0	
	III	62.8	43.3	31.8	51.9	156	6.1	
	IV	61.5	42.7	31.0	51.3	156	5.9	
$R = \frac{1}{4}$	I	62.0	42.3	31.8	52.1	163	5.7	試料 IV 1,190
	II	61.4	42.1	32.2	52.1	163	6.8	
	III	60.3	41.2	32.6	52.4	163	5.6	
$R = \frac{1}{8}$	I	60.1	39.1	32.4	52.3	156	6.3	試料 III 1,200
	II	61.3	40.3	31.0	51.8	163	6.5	
$R = \frac{1}{16}$	I	59.3	41.3	32.6	53.7	152	6.1	試料 III 1,200
	II	58.8	36.5	32.6	54.0	156	6.5	
$R = \frac{1}{32}$	I	58.2	37.1	32.2	52.0	156	6.8	試料 III 1,180
	II	59.1	37.2	33.8	54.0	163	6.5	
$R = \frac{1}{64}$	I	57.7	37.3	33.0	54.0	156	6.7	試料 III 1,190
	II	56.9	36.6	35.2	56.7	153	7.1	
$R = \frac{1}{168}$	I	58.5	36.5	33.7	55.3	156	6.4	試料 III 1,210
	II	57.6	36.0	34.0	56.4	156	6.7	

第5表 焼入焼戻Ni-Cr鋼に關する實驗結果

鍛延率 $R$	試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 on50mm%	收縮率 %	硬度 ブリネル	衝撃抗力 kgm/cm <sup>2</sup>	松村式 打撃數
$R=1$ (鑄造の儘)	1	105.5	96.6	17.2	45.2	321	6.8	試料 6 3,880
	2	106.1	96.7	17.2	35.4	"	5.7	
	3	106.1	96.7	15.6	26.5	"	4.7	
	4	106.4	96.3	12.4	20.8	"	4.5	
	5	107.2	97.6	12.4	19.0	"	4.5	
$R = \frac{1}{2}$	1	105.3	97.6	22.0	57.3	321	9.5	試料 5 4,070
	2	105.0	97.3	19.0	50.7	"	9.9	
	3	104.0	94.0	20.0	49.8	311	10.5	
	4	103.8	95.3	19.8	48.0	321	11.0	
$R = \frac{1}{4}$	1	105.8	94.3	22.2	58.8	311	11.2	試料 4 4,200
	2	105.8	94.9	21.4	54.5	"	11.9	
	3	104.7	95.7	21.8	57.7	"	11.2	
$R = \frac{1}{8}$	1	104.6	95.8	21.4	58.3	311	11.8	試料 3 4,270
	2	102.6	95.4	22.4	58.7	"	12.4	
$R = \frac{1}{16}$	1	104.3	95.2	23.0	58.8	311	13.0	試料 3 4,310
	2	104.1	96.0	22.0	60.4	"	13.5	
$R = \frac{1}{32}$	1	102.0	94.2	23.4	60.8	302	13.3	試料 3 4,300
	2	102.8	95.0	21.8	59.0	311	13.6	
$R = \frac{1}{64}$	1	103.9	94.5	23.3	61.2	302	13.3	試料 3 4,320
	2	102.5	95.9	21.9	66.7	311	13.3	
$R = \frac{1}{126}$	1	102.1	94.1	22.6	61.0	302	13.6	試料 3 4,310
	2	103.8	94.3	21.8	60.1	311	13.7	

第6表 焼鈍Ni-Cr鋼に関する実験結果

鍛延率 R	試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 on50 <sup>mm</sup> %	收縮率 %	硬度 ブリネル	衝撃抗力 kgm/cm <sup>2</sup>	松村式 打撃數
R=1 (鑄造の儘)	I	76.3	47.1	24.6	49.0	207	6.1	試料 IV 1,810
	II	76.7	45.5	23.2	42.8	"	5.8	
	III	76.7	44.8	22.6	38.5	"	5.0	
	IV	77.8	43.9	20.0	32.0	212	4.9	
	V	76.1	44.2	20.1	31.4	207	4.6	
R=1/2	I	75.0	45.9	27.0	53.1	212	7.5	試料 V 1,900
	II	74.3	44.8	25.0	47.0	207	6.6	
	III	73.1	42.4	24.4	40.0	201	7.2	
	IV	70.7	41.8	17.8	40.2	"	8.7	
R=1/4	I	75.7	45.4	27.8	54.0	192	7.6	試料 IV 2,210
	II	74.6	44.7	26.0	54.2	"	8.2	
	III	74.2	44.1	26.0	54.5	207	7.5	
R=1/8	I	74.9	44.0	27.5	55.6	207	7.6	試料 III 2,290
	II	74.2	44.6	27.6	54.9	201	8.5	
R=1/16	I	72.2	44.2	27.6	54.1	201	8.2	試料 III 2,280
	II	74.3	44.9	26.6	54.1	"	7.9	
R=1/32	I	71.9	45.2	29.0	55.5	192	8.7	試料 III 2,290
	II	70.4	44.6	29.6	54.1	201	8.5	
R=1/64	I	70.1	43.6	29.4	57.3	201	9.5	試料 III 2,310
	II	68.9	42.4	28.4	56.0	"	9.6	
R=1/128	I	70.1	43.3	29.2	56.0	197	9.1	試料 III 2,320
	II	69.5	43.6	29.2	54.1	192	9.2	

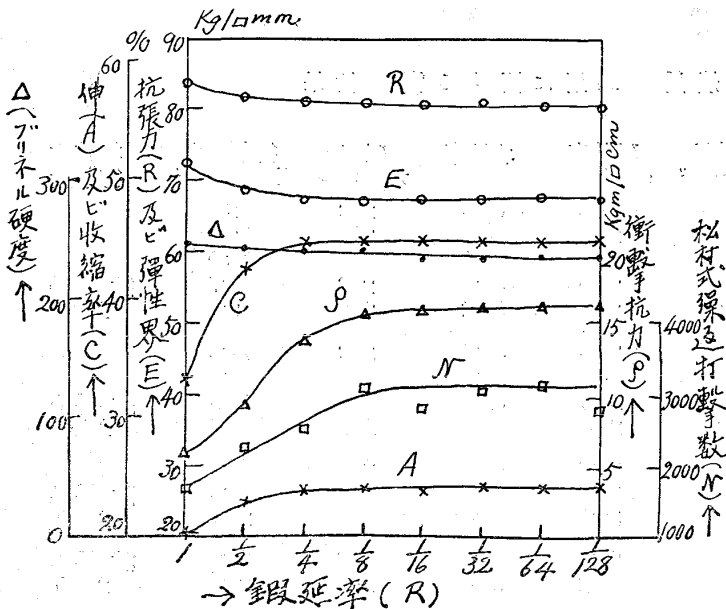
第7表 焼入焼戻耐蝕鋼に関する実験結果

鍛延率 R	試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 on50 <sup>mm</sup> %	收縮率 %	硬度 ブリネル	衝撃抗力 kgm/cm <sup>2</sup>	松村式 打撃數
R=1 (鑄造の儘)	1	69.2	56.3	31.4	67.4	212	12.6	試料 6 2,160
	2	70.1	51.8	28.8	59.7	207	10.7	
	3	69.6	53.7	29.0	63.0	"	12.0	
	4	69.5	52.4	29.0	57.3	212	9.7	
	5	70.3	52.1	29.0	54.2	207	9.1	
R=1/2	1	75.3	58.3	29.4	65.7	212	17.3	試料 5 2,260
	2	74.7	58.7	30.5	63.5	"	14.8	
	3	73.0	57.2	29.0	62.7	"	16.9	
	4	73.3	58.9	29.4	52.1	217	15.7	
R=1/4	1	73.7	59.8	29.2	67.4	217	22.6	試料 4 2,320
	2	72.2	58.0	30.0	67.4	"	18.2	
	3	70.7	59.5	30.0	67.4	"	20.7	
R=1/8	1	72.2	58.6	29.6	68.2	212	23.3	試料 3 2,350
	2	73.7	58.9	30.2	67.4	217	23.6	
R=1/16	1	75.7	61.0	29.7	67.0	228	23.0	試料 3 2,350
	2	74.0	59.3	30.3	64.5	"	24.8	
R=1/32	1	74.3	60.4	30.6	69.4	228	26.2	試料 3 2,340
	2	74.5	60.5	30.8	68.1	"	24.3	
R=1/64	1	75.3	59.2	29.6	69.0	228	24.5	試料 3 2,380
	2	74.3	58.9	30.8	69.8	"	24.8	
R=1/128	1	75.5	59.2	31.0	70.2	228	25.0	試料 3 2,370
	2	75.3	60.1	30.2	70.2	"	25.5	

第8表 焼鈍耐蝕鋼に関する實驗結果

鍛延率 R	試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 on50mm%	收縮率 %	硬度 ブリネル	衝撃抗力 kgm/cm <sup>2</sup>	松村式 打撃數
R=1 (鑄遠の儘)	I	53.6	31.5	37.4	67.0	156	10.6	
	II	55.1	30.8	35.6	64.2	"	9.4	
	III	54.5	29.8	34.0	63.0	"	9.1	
	IV	56.3	32.0	32.8	61.9	159	9.7	試料 VI
	V	54.8	31.5	34.8	61.5	"	10.5	810
R=1/2	I	59.5	34.5	36.6	68.2	170	14.8	
	II	58.9	34.7	35.4	67.4	"	13.2	
	III	58.3	33.8	34.8	66.5	163	12.4	試料 V
	IV	57.1	33.0	34.4	66.2	"	12.2	1,040
R=1/4	I	57.1	33.0	36.4	68.2	163	13.7	
	II	55.4	31.8	36.8	67.4	"	12.1	試料 IV
	III	57.9	34.3	35.8	67.4	159	12.5	1,090
R=1/8	I	58.1	34.2	36.2	68.6	163	17.5	試料 III
	II	58.8	34.3	36.4	69.4	"	18.3	1,190
R=1/16	I	59.5	36.2	35.0	69.0	166	18.3	試料 III
	II	59.7	35.1	36.8	68.4	"	17.1	1,200
R=1/32	I	60.4	34.7	36.4	70.6	170	21.3	試料 III
	II	60.1	37.4	35.6	70.2	"	20.4	1,220
R=1/64	I	59.5	35.3	35.6	70.6	170	18.7	試料 III
	II	58.3	34.4	36.0	69.0	"	18.5	1,260
R=1/125	I	60.4	36.8	36.6	71.0	170	21.8	試料 III
	II	59.5	35.3	36.2	70.6	"	22.2	1,280

第3圖 焼入焼戻炭素鋼に関する實驗結果



上記の試験結果より次の諸事項を結論するを得べし。

(I) 抗張力、弾性界に関しては3鋼種を通じて焼鈍、及び熱処理の兩場合共に其の値は鍛延率に依り殆ど影響せられずと言ふを得べし。但し仔細に檢するに炭素鋼及びNi-Cr鋼は鍛延率の増加と共に僅かに其の値を減少し、耐蝕鋼にありては逆に増加するを見る此の前者の示したる傾向は興味あるものにして鍛延率低き場合に強度大なるは鋼塊内の樹枝状組織に基く諸元素

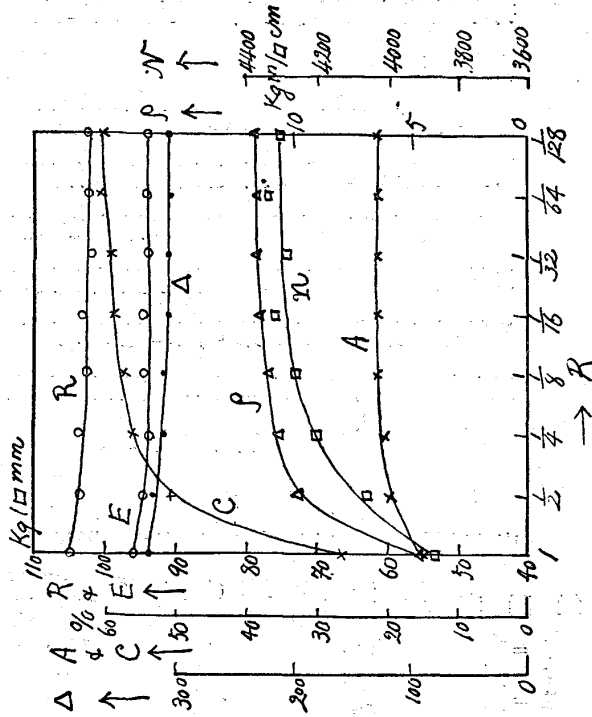
にするを以て曲線圖には略兩者の中間試料に就ての値を記載することゝしたり。

衝撃抗力の數値は總て2個の試料に就て之を行ひ其の平均値を表並びに曲線圖中に記入したり。

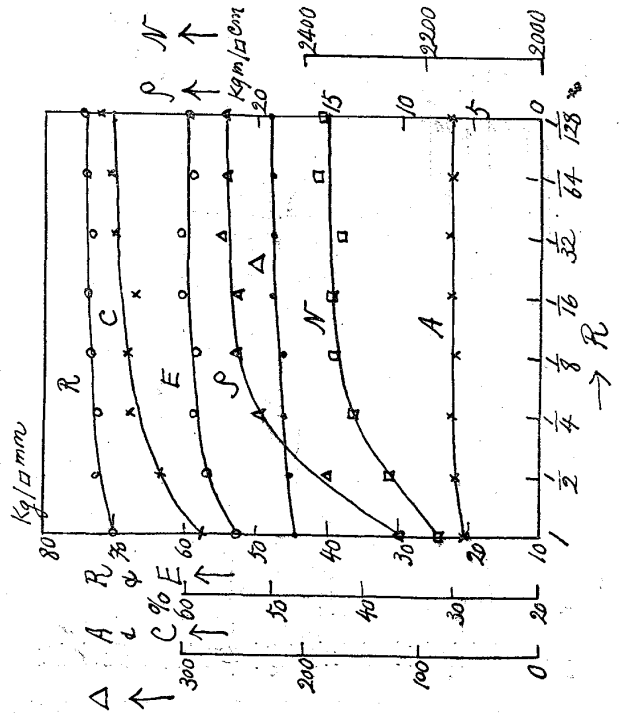
(6) 試験結果の考察

(主として炭素)の偏析現象によるものなるべく又後者に於て然らざるは其の樹枝状組織の發達が前兩者程著しからざる爲と又其の爲に偏析せらるべき炭素の含有量が低きによるものと考へらる。尙兩種の傾向は鋼塊の大きさにも關係を有すべきも

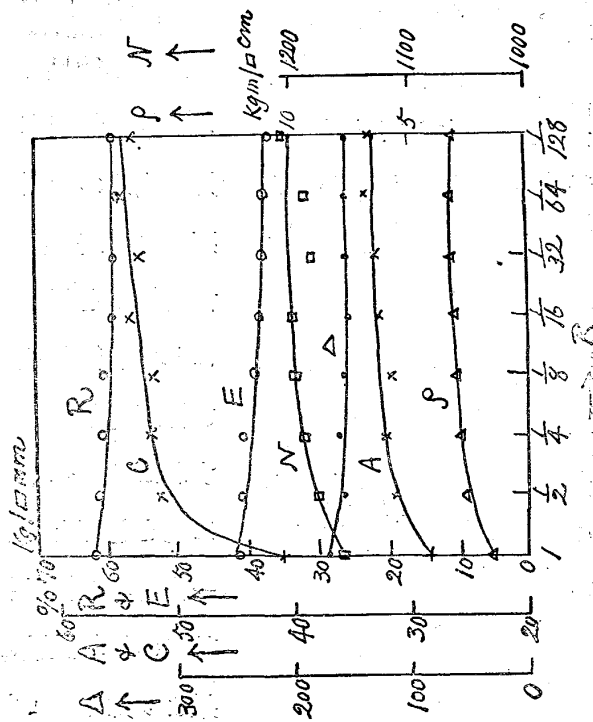
第5圖 焼入焼戻 N-Cr 鋼に関する實驗結果



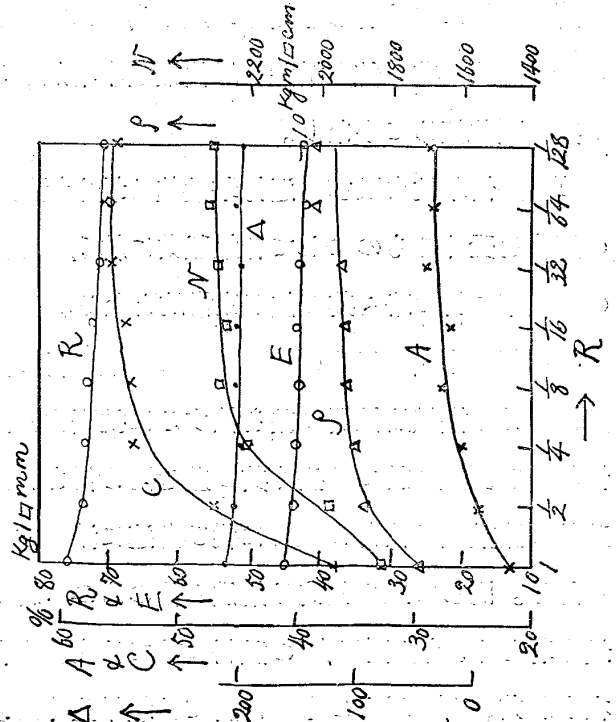
第7圖 焼入焼戻耐蝕鋼に関する實驗結果



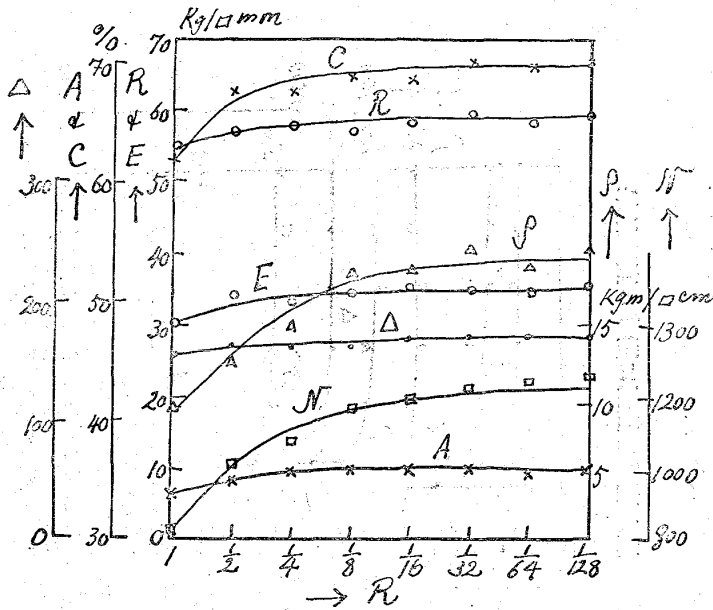
第4圖 焼鈍炭素鋼に関する實驗結果



第6圖 焼鈍Ni-Cr 鋼に関する實驗結果



第 8 圖 燒鈍耐蝕鋼に關する實驗結果



のと考へらる。

(II) 硬度も亦殆ど鍛延率の影響を受けざれ共、  
嚴密に言へば之れ又抗張力、弾性界と同一傾向の  
變化を示すものなるを知る。

(III) 延伸率及び收縮率は總ての場合に共通  
に鑄造の儘にては著しく低く、之を 1/2 に鍛延す  
る時は急速に其の値を増加し以後鍛延率増加する  
も其の變化極めて小なり。

(IV) 衝擊抗力及び繰返打撃數値は最も鍛延率  
の影響を受くるものにして各鋼種共に約 1/8 以上  
の鍛延率に於て略々其の値が定常的となる。

次に鍛延率 1/4 以内のものに就て一鍛延材の内  
外に於ける機械的性質の差を検するに抗張力、弾  
性界及び硬度に於ては全く其の差を認め得ざれ共  
殘餘の諸數値は内部に進むに従ひ急速に減少する  
を知る。而して此の傾向は鑄造の儘のものに於て  
最も著しく、鍛延率 1/2 の試料に於ては尙多少存  
在すれ共、1/4 以上のものに於ては最早全く認め  
得ざるに到る。

依て此等の諸事項を總括すれば鍛延鋼の機械的

性質中抗張力試験數値は鍛延率 1/4 以上に  
於て全く定常的となり、衝擊抗力及び繰返  
打撃數値は鍛延率約 1/8 以上に於て定常的  
となるを知る。

(7) 横試料に就ての衝擊試験結果

上に述べたる鍛延率を異にする各種鋼材  
に就て、鍛延の方向に直角に採取せる試料  
に焼入焼戻を施したる後衝擊試験を行ひた  
る結果は第 9 表及び第 9 圖に見るが如し。  
但し鍛延率 1/32 以上のは試料の切出し  
不可能の爲め之れを省くことせり。

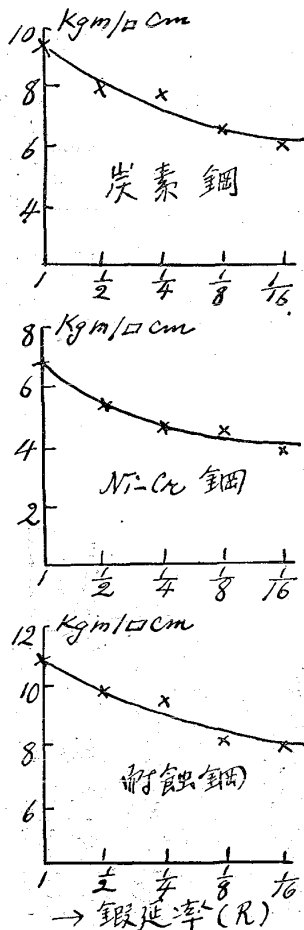
第 9 表

直角試料に於ける鍛延率と衝擊抗力の關係

鍛 延 率	炭 素 鋼 (kgm/mm <sup>2</sup> )	Ni-Cr 鋼 (kgm/mm <sup>2</sup> )	耐 蝕 鋼 (kgm/cm <sup>2</sup> )
R=1	94	68	109
R=1/2	80	54	98
R=1/4	78	47	95
R=1/8	66	45	82
R=1/16	60	39	80

第 9 表

直角試料に於ける鍛延率と衝擊抗力との關係



(8) 鋼の鍛延に  
關する問題

以上の結果より見  
るに鋼は鍛延率 1/4  
乃至 1/8 の範圍の鍛  
延により略々其の定  
常的性質を得るもの  
にして、衝擊抗力及  
び繰返打撃數値より  
すれば成るべく 1/8  
に近きを可とすれ共  
一方前項の横試料に  
就ての衝擊試験の結  
果より知らるゝ如く  
横の方向の靱性は鍛  
延率の増加と共に急



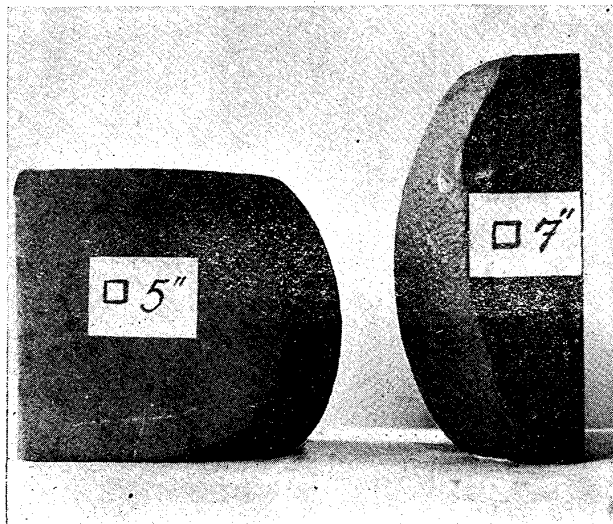
速に失はるゝもの故此れを顧慮すべき場合に於ては鍛延率は 1/4 に近く取るを適當とすべし。

次に上述の如き鍛延率の範圍まで鍛延を受けたる鋼材にありては、其の材質検査の爲に之より試験試料を採取するに當り、所謂「切り出し」に依る必要は毫もなく、之れを更に鍛延して試験棒製作上に適當なる太さに迄到らしめて可なるものなり。何となれば斯の如き鍛延を行ふも其の機械的性質は殆ど不變なるを以てなり。

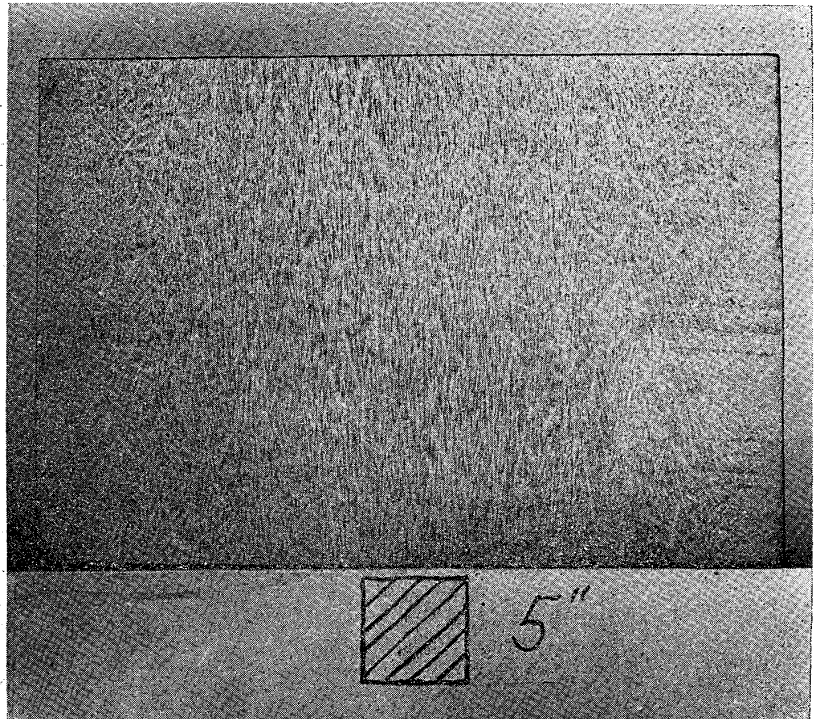
## 第 2 部

鋼材を鍛延する際、肉の移動は其の中心部に於て最も著しく外面に進むに従ひ次第に其の度を減すべきことは容易に首肯せらるゝ所にして實際鍛延鋼片の兩端は寫眞第 1 に見るが如く球面を成して突出することよりも知らるべし。寫眞第 1 に示せるは 10 吋角の鋼塊を夫々 7 吋及び 5 吋角に鍛延せる場合の端部の狀況なり。

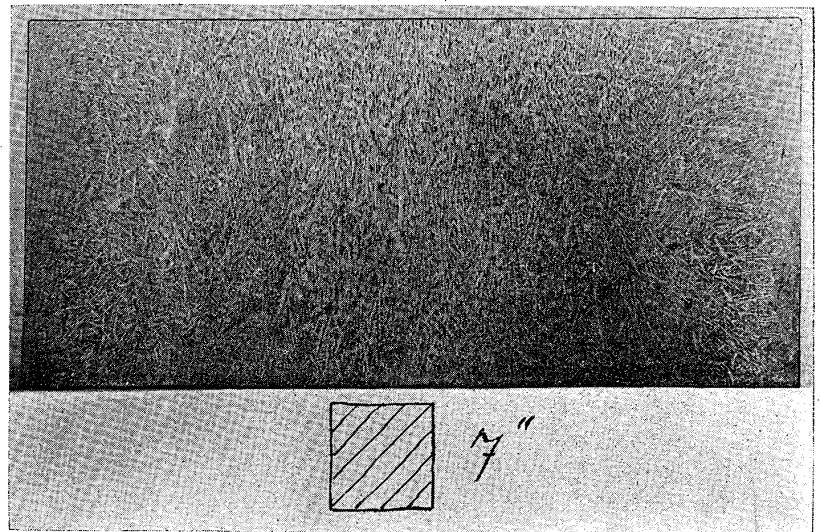
寫眞 第 1



寫眞 第 2



寫眞 第 3

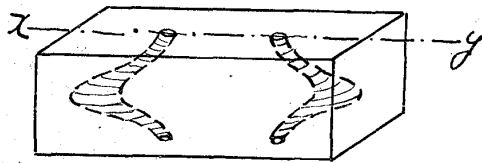
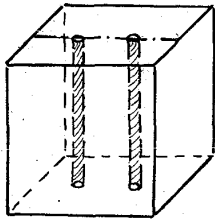


次に此等鍛延材の縦断面（鍛延の方向に平行なる面）をマクロ腐蝕する時は寫眞第 2 及び寫眞第 3 に見るが如き纖維狀組織が顯はる。兩者共に表面より中心部に進むに従ひ次第に纖維的特徴が明瞭となることを知る。

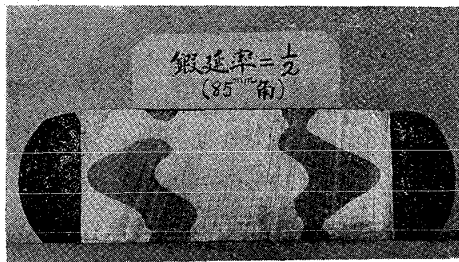
鍛延鋼材の内外に於て其の纖維度を異にするは鍛延率の相異に基因するものにして、次に此の差を定量的に知る目的の下に第 10 圖に示す如く、

12cm<sup>2</sup> の耐蝕鋼塊中に 2本の低炭素鋼棒を埋め、これを同圖の下部に示せる如く鍛延し、其の鍛延率 1/2 及び 1/4 なる角棒としたり。然る後象眼鋼棒の中心を連ねる xy 線に沿ひて切斷し炭素鋼棒の變形移動を觀測したり。寫眞第 4 及び寫眞第 5 は其の實況を示すものにして兩場合共に中心部に於ける移動は表面に於ける移動の約 2 倍に相當するを見る。

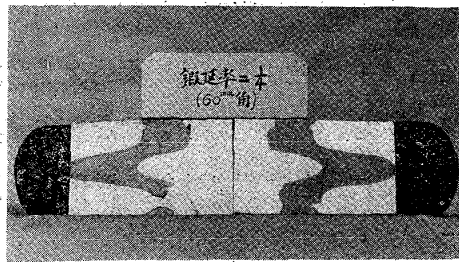
第 10 圖



寫眞第 4



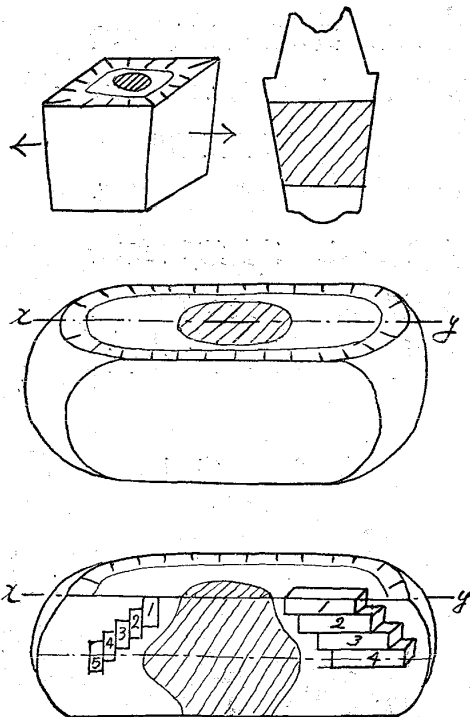
寫眞第 5



次に一鍛延鋼材の内外に於ける鍛延率の相違が機械的性質に如何なる差を與ふるかを調査したり。先づ本研究第 1 部に於ける實驗結果に依れば鑄

造の儘に於ては内部の機械的性質は著しく外部に劣るに拘らず之を 1/2 に鍛延せる場合には其の差著しく減ぜられ（衝擊抗力の如きは却て内部の方が良好となる場合あり）更に 1/4 に鍛延せる場合には全く其の差を認め得ざるに到る。此の事實は内部に於ける鍛延効果が外部の夫より大なるに基因するものと思考せらる。此の場合の如く鋼塊を其の儘鍛延する場合には、鋼塊の中心部に於ては其の鍛延効果は外部に優ると雖も、元來偏析現象の爲めに其の鋼質は外部に劣るを以て内外に於ける鍛延効果の差を完全に知る事不可能なり。依つて鍛延効果の差を單獨に知る目的の下に第 1 部に使用したる炭素鋼に就て次の如き實驗を行ひたり。本實驗には是非共内外均一なる鋼材を用ひざ

第 11 圖 試驗試料採取方法



るべからず。即ち鑄造鋼塊の表面部（柱狀結晶部）又は中央部（偏析帶部）が試験試料中に含まるゝことを避くるを要す。依つて鋼塊の 1 部を第 11 圖に示すが如く鍛延し、之れより試験試料を切出

すに當りては外部より中心部に進むに従ひ次第に端の方向に偏れる位置より試料を採取したり、此れ、元鋼塊中に於て同一位置にありたる部分が鍛延により斯の如く内部移動を行ふべきを以てなり斯の如く試料を切り出すことに依り元鋼塊中の柱状結晶部及び偏析部は全く試料中に含まるゝことなし。

此等試料は總て焼入焼戻(850°C、水中焼入、600°C、30分間焼戻)の後試験に供したり。第10表は鍛延率1/2及び1/4の兩場合に就ての抗張力試験及び衝撃試験の数値にして第12圖は其の曲線圖を示す。

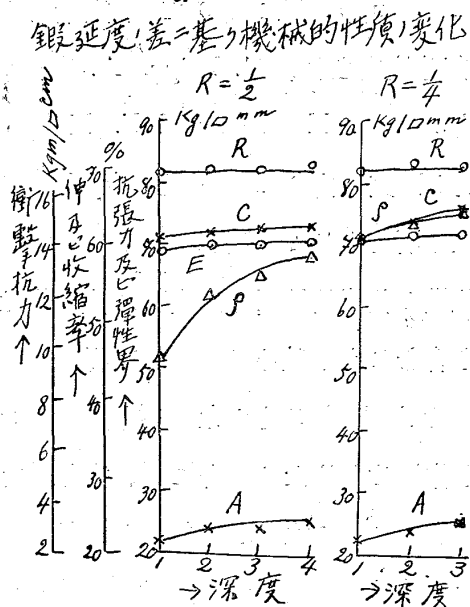
第10表 鍛延鋼内外に於ける鍛延度の差に基く機械的性質の變化 (A)  $R=1/2$  の場合

試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (%)	收縮率 (%)	衝撃抗力 kgm/cm <sup>2</sup>
1	81.5	69.9	22.2	60.5	9.6
2	81.7	70.7	23.8	60.7	12.1
3	81.7	70.2	23.8	62.1	12.9
4	82.0	70.2	24.0	63.4	13.6

(B)  $R=1/4$  の場合

試料番號	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (%)	收縮率 (%)	衝撃抗力 kgm/cm <sup>2</sup>
1	82.3	70.7	23.6	60.7	14.4
2	84.0	70.9	23.8	61.9	14.9
3	83.2	71.8	25.2	62.5	15.3

第12圖



次に第11圖に示す如く外部より中心まで數個の試料を鍛延の方向に直角に採取し之れに焼入焼戻(850°C 水焼入 600°C 30分間焼戻)を施した

る後衝撃試験を行ひたる結果は第11表及び第13圖に示すが如くにして内外に於ける鍛延効果の差は一層明瞭に指示せらるゝを見る。

第11表 直角試料に於ける衝撃抗力の變化

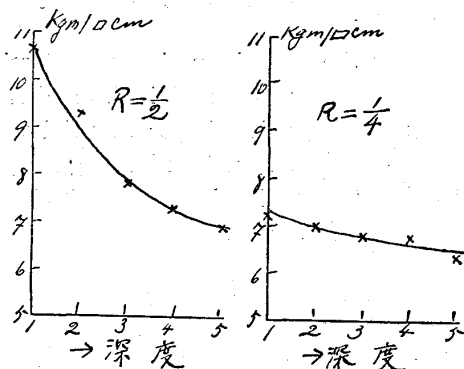
試料番號	$R=1/2$ kgm/cm <sup>2</sup>	$R=1/4$ kgm/cm <sup>2</sup>
1	10.6	7.2
2	9.3	7.0
3	7.8	6.8
4	7.3	6.8
5	6.9	5.4

結論

本研究の結果を要約すれば次の如し:—

(1) 炭素鋼 Ni-Cr 鋼及び耐

第13圖 鍛延度の差に基く衝撃抗力の變化



蝕鋼に關し其の機械的性質に及ぼす鍛延率の影響を見たる結果次の如し:

炭素鋼

及び Ni-Cr 鋼にありては抗張力及び弾性界は鍛延率の増加と共に僅かに減少し、耐蝕鋼にありては僅かに増加する傾向あり但し3種の鋼材を通じて其の影響殆ど無しと言ふを得べし。

延伸率及び收縮率は總ての場合、1/2の鍛延に依り急速に増加し1/4以上に於て定常値に達す。

衝撃抗力及び繰返打撃數値は鍛延率と共に比較的緩慢に増加し1/3以上に於て定常値に達す。

(2) 鋼塊を鍛延する場合、鍛延率1/4以下に於ては尙偏析現象の影響を存し中心部の機械的性質は外部に劣るも夫以上に於ては各部殆ど均一なる性質となる。

(3) 鍛延鋼にありては其の中心部に進むに従ひ鍛延効果大にして、抗張力及び弾性界を除く他の諸性質は一樣に良好となる。

終りに望み著者等は本研究の遂行並びに發表の機會を與へられたる日本特殊鋼合資會社々長工學博士渡邊三郎氏の御厚意を深謝し、又本實驗中の機械的試験に當られたる同社々員平田作一氏に厚く御禮を申上ぐる次第である。

以上の結果に依れば抗張力、弾性界には殆ど差を認め得ざれ共其他の諸數値は一樣に中心部に進むに従ひ良好となることが知らる。