

X. 弾性及強サノ實驗.

62 履歴現象.

材料彈性ノ數學的研究ニ於テハ普通應力及伸ビガ互ニ一次的關係ニヨリテ結ビ付ケラレルモノト假定スル。之ハ計算ヲ簡單ニスルタメニハ必要デアルガ實際ノ材料ハ左様ニ單純ナ性質ヲモタヌ。即直交座標軸ニ對シテ表サレタ應力及伸ビノ線圖ハ近似的ニ一直線ニナルケレドモ極嚴密ニ調ベレバ緩カナル曲線ヲ描キ且往復ノ道程ヲ異ニスル場合ガ普通デアル。一見甚ダ彈性ニ富ム材料モ之ヲ變形セシメタ後荷ヲ除ク時ハ其履歴ニ應ジテ往路ト異リタル道ヲ取り從テ所謂履歴曲線ヲ生ズルノデアル。而シテ一定ノ應力範圍内ニ取ラレタ履歴曲線ノ面積ハ此現象ノ爲ニ費サレル仕事ヲ與ヘル。斯ル仕事ハ一般ニ材料内部ノ摩擦ノ爲其一部分ガ熱ニ變ズル外他ノ部分ハ組織ノ變化ニ費サレルノデアラウ。

倘材料ノ變形ニ時間ヲ要スルハ當然デアツテ即材料ニ荷重ヲ與ヘテ放置スル時ハ變形ガ或ル程度迄時間ト共ニ進ミ又荷重ヲ除去シテ放置スレバ殘リノ變形ガ或ル程度迄減退スル事ハ能ク知ラレタ事實デアル。之ハ變形ノ或ル部分ガ粘性的ノモノデアルト說明スル事が出來ル。從テ場合ニ依リテハ抵抗ヲ簡單ニ變形ノ速度ニ比例スルト見做スノガ便デアル。例ヘバ材料ノ急激ナル破壊ヲ目指ス衝擊試験ノ如キ變形ノ大ナル問題ニ於テハ少クモ此種ノ抵抗ヲ考ヘル事が必要デアル(73節參照)。

併シ斯ル抵抗デ材料變形ニ伴フ履歴現象ヲ說明シ盡ス事ハ不可能デアツテ¹⁾之ハ極徐々ニ行ハレタ靜試験ニ於テサヘ尚變形ガ可逆性ヲ有シナイコトニヨリテ說明サレル。素ヨリ斯ル實驗ノ結果モ矢張リ上ニ述べタ時間ノ影響ヲ蒙ル故荷重ヲ増ス際ニハ變形ガ幾分カ小ニ過ギ又

1) Lord Kelvin, Mathematical and Physical Papers, III, 27 頁。

荷重ヲ減ズル際ニハ變形ガ幾分カ大キ過ル譯デアルケレドモ履歴曲線ノ幅カラ見テモ時間ノ影響ノミヲ以テ履歴現象ヲ説明スルノハ無理デアルト思ハレル。著者ハクルツブ會社製造ノ珪素鋼ヨリ取レル試驗片ニ就テ此現象ヲ研究シタガ此材料ハ殘留變形ガ小デアル點ニ於テ極メテ彈性的デアルガ之ト同時ニ一次的關係ニ從ハヌ點ニ於テモ亦顯著ナル性質ヲ有シテ居タ²⁾要スルニ材料ハ永久變形ノ際ノミデナク極彈性的ノ狀態ニ於テモ尙能ク履歴現象ヲ認メ得ルノデアル。

彈性履歴現象ニ關スル研究ガ種々ノ著者ニヨリテ發表サレテ居ル中高速度ヲ以テ應力ヲ繰返ス時ノ勢力消磨ガ低速度(即靜試験)ノ時ニ比べテ如何ナル差異ヲ呈スルカヲ研究シタ結果ヤ³⁾又上述シタ様ニ極彈性的ノ範圍内デモ履歴曲線ガ輪ヲ描クコトヲ捩リノ場合ニ實驗シタ成績⁴⁾等ハ此種ノ問題ニ興味ヲ有スル人ノ參考ニ值スルトコロデアラウ。

一定容積ノ材料ニ於テ彈性履歴現象ノ爲ニ應力ノーサイクル間ニナサレル機械的ノ仕事ヲ測リ又之ニ對スル發熱量ヲ測リテ其仕事當量ヲ前ノ仕事量ニ比較スレバ應力サイクルノ繰返數大ナラザル限り多少ノ差ガ存在スル。之ハ本節ノ初メニ述べタ様ニ仕事ノ或ル部分ガ材料組織ノ變化ニ費サレル爲ト說明サレル。此事ハ尙繰返應力ノ章ニ於テ之ヲ述べヤウ。

63. 時間ト強サ及伸ビ.

前節ニ述べタ様ニ永久變形ニハ時間ガ必要デアルカラ其影響ヲ受ケ易イ材料例ヘバ軟銅, 調革等ノ試験ニ於テハ此點ニ充分注意ヲ拂ハネバナラヌ。而シテ此影響ハ單ニ變形ノ測定ニ於テ認メラレル計リデナク

- 1) 九州帝國大學工科大學紀要, I, 269 頁。
- 2) B. Hopkinson and G. T. Williams, Roy. Soc., Proc., A, LXXXVII, 1912, 502 頁.
Engineering, XCIV, 1912, 827 頁.
- 3) F. E. Rowett, Roy. Soc., Proc., A, LXXXIX, 1914, 528 頁.
- 4) J. J. Guest and F. C. Lea, Roy. Soc., Proc., A, XCIII, 1917, 313 頁。

強サニ於テモ亦材料ニヨリテ多少ノ影響ガ實驗サレル。

茲ニ金屬ニ關スル一例トシテ Bauschinger ノ試ミタ鎌錫ノ一實驗ノ結果ヲ引用シタイト思フ。¹⁾

試片ノ寸法 橫斷面 $2.95 \times 0.94 \text{ cm}^2$

測定距離 15 cm

試片番號	1	2	3	4
試験時間 分	16	21	65	83
引張ノ強サ kg/cm^2	139	141	121—119 (142)	135
破壊ノ伸ビ %	24.3	25.1	44.4	31.8

此試驗ニ於テ試片 1 及 2 ハ時間ニ於テ大ナル差ガナイ丈ケニ結果モ稍似テ居ル。然ルニ最モ長イ時間ヲ費シタ 4 ノ結果ハ低イ強サト大ナル伸ビトヲ示シテ居ル。即時間ヲ増セバ伸ビハ増スガ強サハ下ルコトガ明カデアル。此處ニ試片 3 ハ稍異様ノ成績ヲ呈シテ居ルノデアツテ即最大應力ガ最初 $121 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ニ達シテ直ニ $119 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ニ減少シ稍暫ク不變デアツクノニ拘ラズ急ニ實驗ノ速度ガ增加シタ爲ニ應力ガ増シテ $142 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ニ迄昇ツタト云フコトデアル。從テ此原因ノタメニ一見不調和ナル如キ結果ヲ與ヘタノデアル。

Bauschinger ハ上ニ掲ゲタ錫ノ外ニ尙數多ノ金屬ニ就テ時間ノ影響ヲ研究シテ其結果ヲ公ニシテ居ルガ其中ノ或ルモノハ此影響ガ稍明カデアルノニ對シテ多クノモノハ實驗ノ範圍内デ影響ヲ確ニ認メル迄ニ行カヌト云フ結論ニナツテ居ル。例ヘバ吾々ニ最モ關係ノ深イ鐵鋼ノ場合ニ就テモ亦然リデアル。併シ此結論ハ實驗ニ費サレタ時間ノ範圍内デ影響ガ少イト云フ迄デ鐵鋼ノ如キ材料ニ於テ影響ヲ見様ト思ヘバ時間ヲ餘程小トセネバナラヌ。試ニ佛國 P—L—M 鐵道實驗室ニ於ケル實驗ノ結果ヲ見ルニ先づ厚薄二種宛ノ軟鋼板カラ作ツタ試驗片ヲ高低種

1) Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. technischen Hochschule München, XX, 1891.

々ノ速度デ試驗シ引張ノ強サ及長サ 200 mm ニ對スル破壊ノ伸ビヲ測定シタ處大體ニ於テ 1 分間以下ノ時間ヲ以テ試驗シタ場合ト數分若クハ數十分ヲ費シタ場合トニヨリテ明カニ結果ノ差異ヲ認メルコトガ出來タノデアル。¹⁾ 即速度高ケレバ強サ大ナル代リニ伸ビガ小デアル。此實驗ノ一組ガ示ス時間ト強サトノ關係ハ次ノ表ノ様デアル。表中或ル應力以上ノ時間ヲ示スハ烈シ永久變形ヲ起ス際ノ時間ノ影響ガ著シイカラデアル。

時 間	引張ノ強サ kg/cm^2	摘 要
20 秒	3585	四本ノ平均
3 分	3415	二本ノ平均
6 "	3350	
16 "	3325	
85 "	3300	

此結果ニ依テ見ルニ只今ノ鋼ニ對シテハ時間ガ非常ニ短カケレバ可ナリノ影響ヲ受ケルガ併シ時間ガ相應ニ長イ時ハ大ナル差異ヲ生ゼヌコトガ明カデアル。夫レ故破壊試驗ニ於テハ極端ニ速イ試驗法ヲ採ルコトハ避ケネバナラヌト共ニ速サヲ必シモ一定ニスベキ程ノ必要ハナイ。寧ロ鋼質ガ各部齊一デナイタメノ差ガ存在スル故或程度以上ニ精密ヲ望ムノハ實際上ノ試驗ノ目的ニ適シナイ様ニ見エル。

64. 溫度ト彈性係數.

例ヘバ棒ヲ引キ曲ゲ又ハ振ル時ノ彈性ガ溫度ノ影響ヲ受ケルコトハ從來實驗者ノ注意ヲ引キ來ツタ問題デアツテ其試驗法ニハ靜的ノ方法モアリ又振動ヲ用キル方法モアルガ元來此種ノ影響ハ餘程精密ナ測定ヲシナケレバ判リ難イ。從テ實驗ノ結果ヲ使フ前ニ果シテ其實驗が如

1) Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, deuxième session, Tome II, 1900, 153 頁。

何程迄信頼ニ値スルカヲ能ク考へナケレバ甚ダ不安心デアル。是迄試ミラレタ実験ノ中ニハ隨分高溫度迄試験ヲ施シタ成績ガアル。溫度ガ高ケレバ實験ノ困難ハ益々大デアツテ正確ヲ期シ難クナル故上ノ注意ガ尙更必要デアラウ。

斯様ナ注意ヲ以テ從來ノ實験中鐵鋼ニ關スル最モ確カラシト考ヘラレル結果ヲ綜合スレバ溫度ノ上昇ニ連レテ材料ハ變形シ易クナリ即彈性係數ハ小トナル。而シテ彈性係數ノ減少スル割合ハ材料ノ種類及溫度ニヨリテ一定シナイ。此事ヲ説明スルタメニ Mayer¹⁾ ガ行ツタ實驗ヲ見ルニ炭素含有量 0.15% ヨリ始メテ 1.286% ニ至ル迄五種ノ鋼ニ對スル E の値ハ溫度ガ 0°C ヨリ 100°C ニ昇ル間ニ 2.24 乃至 3.09% の減少ヲ示シテ居ル。而シテ炭素ノ少イモノ程減少ノ度合ハ小デアル。又上ノ溫度ノ間ニ於テ低イ溫度ノ方が高イ溫度ヨリモ係數減少ノ速サガ遅イノデアル。例ヘバ 0°C ト 20°C トノ間デハ 1°C = 付平均 0.02% 宛減少スル割合ニナツテ居テ之ハ 0°C ト 100°C トノ間ノ平均値以下デアル。

著者ガクルツブ會社ノ製造ニ係ル珪素鋼ニ就テ試ミタ實驗ノ結果ニ於テモ 15° - 50°C の範圍内ニ於テ矢張リ溫度ト共ニ係數減少ノ速サガ大トナル事ヲ認メタノデアルガ此材料ノ前記範圍内ニ於ケル E の値ハ 1°C = 付キ平均 0.024% の減少ヲ示シテ居ル。

65. 溫度ト強さ及伸び。

工業用材料ハ其用途ニヨリテ高熱ニモ遭ヘバ又嚴寒ニモ曝サレル故常溫以外ニ於テ破壊試験ヲ試ミテ強さ、伸び等ノ性質が如何ニ溫度ノ影響ヲ蒙ルカヲ知ル必要ガアル。

63節ニ於テ鐵鋼ニ對スル時間ノ影響ガ餘り著シクナイ事ヲ述べタ。之ハ無論常溫ニ於ケル話デ高溫ニ於テハ鐵鋼ト雖時間ノ影響著シクナリ伸びハ次第ニ匍フ様ニ進行シ應力相應ニ大ナラバ遂ニ破壊スル。斯

1) A. M. Mayer, Phil. Mag., XLI, 1896, 168 頁。

ル現象ノ研究ハ耐熱材料ニ取リテ大切デアル。併シ下ニハ只普通ノ引張試験ノ例數個ヲ引用スルニ止メヤウ。

軟 鋼 (Martens)

溫度 $^{\circ}\text{C}$	降伏點 kg/cm^2	引張ノ強さ kg/cm^2	伸び %	縮ミ %
-20	2470	4120	31.9	55.8
+20	2200	3840	30.4	58.6
+100	2000	3910	14.1	50.9
+200	1990	5030	15.8	41.5
+300	1550	4740	20.0	22.9
+400	1130	3410	35.0	57.5
+500	—	1930	50.3	79.6
+600	320	1070	76.7	90.5

鐵 鋼 (Rudeloff)

材料	溫度 $^{\circ}\text{C}$	引張ノ強さ kg/cm^2	伸び %	縮ミ %
壓延セル平爐鋼	-80	4520	23.4	61.9
	-20	4360	33.3	61.6
	+18	4040	32.8	62.7
壓延セル鍊鐵	-80	4320	20.2	32.0
	-20	4160	21.7	32.7
	+18	4020	21.3	33.2
スプリング鋼	-80	8440	10.9	23.8
	-20	8420	14.0	24.1
	+18	7720	16.0	28.8
堵塙鋼	-80	8410	13.9	36.2
	-20	8160	16.8	38.6
	+18	7930	17.1	37.9

最初ノ表ヲ見ルニ -20° ヨリ次第ニ溫度ノ昇ルニ連レテ常溫ト 100° トノ間ノ或ル點迄引張ノ強サハ下ルモ再ビ增加シテ凡ソ 200° ニ至リテ最高點ニ達シ更ニ溫度ヲ増セバ急ニ下ル。之ニ反シテ伸ビモ縮ミモ共ニ溫度ノ上昇ト共ニ下リ即前者ハ約 100° 乃至 200° ニ於テ最小トナリ又後者ハ約 300° ニ於テ最小トナル。¹⁾

1) Mitteilungen aus dem königl. technischen Versuchsanstalten, Berlin, 1890, 159 頁。

斯様ニ鋼ノ伸ビ及縮ミハ常溫以上ニ於テ夫レ夫レ或ル極小點ヲ有ス
ル外尙低溫度ニ於テモ其低下ヲ見ル事第二ノ表ノ示ス如クデアル。寒
冷ノタメ鐵鋼ノ延伸性ガ減退スルコトハ高溫ニ於ケルト同様ニ注意ス
ベキ點デアル。¹⁾

尚鑄鋼鑄鐵青銅等ニ關スル實驗ヲ紹介シテ此節ヲ結バウ。

鑄 鋼 (Bach)

溫度 °C	引張ノ強サ kg/cm ²	伸ビ %	縮ミ %
20	4285	25.5	50.4
200	4502	7.7	15.9
300	4788	12.0	15.8
400	3984	15.3	24.1
500	2691	33.3	44.6
550	2071	39.5	49.2

鑄 鐵 (Bach)

溫度 °C	引張ノ強サ kg/cm ²	強サノ減少 %
~20	2362	—
300	2335	1.1
400	2177	7.8
500	1793	24.1
570	1230	47.9

青 銅 (Bach)

Cu	Sn	Zn	Pb	Fe
91.35	5.45	2.87	0.28	0.025 %

溫度 °C	引張ノ強サ kg/cm ²	伸ビ %	縮ミ %
20	2395	36.3	52.1
100	2424	35.4	47.4
200	2245	34.7	48.2
300	1368	11.5	16.2
400	625	0	0
500	441	0	0

1) Mitteilungen aus dem königl. technischen Versuchsanstalten, Berlin, 1895, 197 頁。

鑄鋼ノ此實驗結果ヲ見ルニ伸ビハ 200°ニ於テ又縮ミハ 200°—300°ニ於テ何レモ非常ニ小トナル。又鑄鐵ニ於テハ溫度ト共ニ強サノ減少スルコト實ニ著シイ。最後ニ示ス青銅ニ於テハ約 200°以上デ上記ノ諸性質ガ著シク低下スル故斯ル材料ヲ高溫ノ場所ニ用キル事ハ危險デアル。

66. 弾性限界ノ變動.

實用ニ供セラレル材料ハ何レモ完全ナ彈性體デハナク從テ茲ニ言フ
彈性界(限界ヲ略シテ單ニ界ト呼ブ)モ前ニ定義シタ様ニ(II章 8 節)約束上
ノ名稱ニ過ギヌ。材料ガ例ヘバ壓延作業ヲ受ケテ棒又ハ板トナリ次ニ
或ル加熱操作ヲ經テ遂ニ實驗ニ供セラレル狀態ニナツタモノトシ此時
ヲ最初ノ狀態ト呼ンデオク。斯ル材料ヲ使用シテ例ヘバ引張試験ヲ行
ヒ比例界以内ノ或ル上下兩限ノ間ニ應力ヲ加ヘ又外シテ材料ノ生ズル
全體ノ伸ビ及殘留性ノ伸ビヲ測定シ主トシテ後者ノ値ニ注意ヲ拂フ時
ハ甚ダ興味アル事實ヲ認メ得ルノデアル。著者ノ實驗結果ニ依レバ次
ノ様ナ事ガ確メラレタ。¹⁾

(i) 比例界(又ハ略ボ之ニ相當スル應力)以下ノ小ナル應力ト雖材料ノ性
質ニ或ル影響ヲ及ボス。未ダ力ヲ加ヘザル最初ノ狀態ニ在ル材料ヲ引
張リテ初回ノ實驗ヲ試ミタ後直ニ第二回ノ實驗ヲ同様ノ方法ニヨリテ
繰返ス時ハ後ノ方が前ニ比ベテ小ナル殘留性ノ伸ビヲ與ヘルモノデア
ル。即比例界以内ニ於テ材料ヲ引張レバヨリ多ク彈性的トナル。

(ii) 引張ニヨリテ最初ノ狀態ヨリモ高イ彈性ヲ有スル様ニナツタ材料
ヲ數週間常溫ニ於テ靜ニ放置シタル後再び試験スレバ彈性狀態ガ舊ニ
歸リ即比較的大ナル殘留性ノ伸ビヲ生ズルノガ例デアル。

尤モ上ノ規則ハ材料ガ新シイトキニヨク適合スルモ餘リ屢々實驗ヲ
繰返ス内ニハ或ル不規則ナ現象ヲ呈スル。併シ彈性界ガ一定不變ノモ
ノデナク極メテ變動シ易イ性質ノモノデアルコトハ明カデアル。

1) 前出, 205 頁脚註。

67. 比例限界及降伏點ノ變動.

棒又ハ板ヨリ取リタル鐵鋼ノ試片ヲ試験機ニ取り付ケテ之ニ荷ヲ與ヘ遂ニ材料ガ流レ出スニ至ル迄應力ヲ高メル時ハ其性質ニ著シイ變化ヲ生ズルモノデアル。此點ニ關スル Bauschinger¹⁾ ノ實驗ノ結果カラ要點ヲ記セバ凡ツ下ノ如クデアル。

(i) 材料ヲ引張リテ之ニ生ズル應力ヲシテ零ヨリ漸次高メテ其比例界ヲ越エシメル時ハ材料が不自然ナル狀態ニアラザル限り比例界ハ變化スル。即一度應力ヲ零ニ返シタ後改メテ此材料ノ比例界ヲ檢スレバ前ヨリ高イ値ヲ取ルコトヲ知ル。同様ノ事柄ヲ降伏點以下ニ於テ繰返セバ常ニ比例界ノ上ルノヲ見ルノデアル。

(ii) 若シ應力ノ上限ヲ高メテ材料ノ降伏點以上ニ達セシメル時ハ比例界ハ忽チ低下シ甚シキニ於テハ比例界零トナル。斯ル材料ヲ靜ニ放置スレバ時間ト共ニ比例界高マリ初メハ速ニ次第ニ遅クナル。而シテ歲月ト共ニ初メノ降伏點ヲ越エ場合ニヨリテハ曾テ與ヘラレタル應力ノ上限ヲサヘ凌グニ至ルモノデアル。

次ニ降伏點ニ關シテハ應力ノ上限ガ材料ノ降伏點以上ナル場合ニハ即座ニ降伏點ノ上昇ヲ見ル。斯様ニ引張リタル後材料ヲ放置スレバ時間ト共ニ降伏點高マリ遂ニハ應力ノ上限以上ニ達スル。

此時彈性係數ニ就テ次ノ如キ結果ガアル。應力ノ上限ヲ降伏點以上ニ高メル時ハ彈性係數 E ハ一段低下スル。併シ荷ヲ外シテ之ヲ放置スレバ E ハ徐々ニ高マリテ數年後ニハ初メヨリモ大ナル植ヲトルテ例トスル。

尙又比例界及降伏點ノ變動ニ對スル激動並ニ熱ノ影響ニ關シテハ降伏點以上ニ引張リタル後放置シテ高メラレタル比例界及降伏點ハ材料ヲ常溫ニ於テ激動セシメルコトニヨリテ(例ヘバ槌ヲ用キテ)再び低下スルケレドモ降伏點ノ方ノ低下ハ小デアル。同様ノ材料ヲ一定溫度以上

1) Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. technischen Hochschule München, XIII, 1886.

ニ加熱シテモ亦比例界並ニ降伏點ノ低下ヲ引起スモノデアルガ此時ニモ比例界ノ受ケル影響ノ方が烈シイ。

以上ハ應力ヲ一回上下シタ場合ニ起ル事柄デアルガ次ニ應力ヲ一定ノ範圍内デ反覆繰返セタ時ノ結果ヲ見ルニ應力ガ下限值零ト比例界ニ近イカ又ハ之ヨリモ多少高イ上限值トノ間ニ何回モ繰返サレル時ハ比例界ハ高マリテ上限值ヲ超エ屢々遙ニ之ヲ凌駕スルニ至ル。此上昇ハ繰返數ノ大ナル程大ナルモ或ル大サヲ超エルコトハ出來ヌ。但繰返應力ノ上限ヲ高メル時ハ遂ニ餘程澤山ノ繰返ヲ經ルモ尙比例界ガ應力ノ上限ヲ超エルコトハ出來ヌ様ニナル。

Bauschinger ハ進シテ上ノ事柄ト繰返應力ノ強サトノ關係ヲ説明シテ居ル。即

若シ比例界ガ繰返應力ノ上限ヲ超エテ高マリ得ル時ハ餘程澤山ノ繰返(數百萬)ヲ以テスルモ尙材料ノ破壊ヲ生ジ得ザルモノデアル。之ニ反シテ應力ノ上限ガ比例界ノ達シ得ベキ最高位ヲ超エル時ハ有限數ノ繰返ヲ經テ破壊ヲ生ズル。而シテ數百萬回ノ繰返應力ノタメニ材料ノ靜的ノ強サハ増シコソスレ減少スルモノデナイ。

以上引張作用ノ同ジク引張ニ對スル比例界及降伏點等ニ及ボス影響ヲ述べテ來タノデアルガ材料ヲ引張レバ之ガタメニ壓縮ニ對スル比例界及降伏點ガ變動ヲ受ケ又反對ニ材料ヲ壓セバ引張ニ對スル之等ノ點ガ變ズルモノデアル。其有様ハ次ノ如クデアル。

(i) 最初ノ比例界 $+P$ 點(引張)ヲ過ギテ材料ヲ引張レバ最初ノ $-P$ 點(壓縮)ノ絕對值ハ低下シ引張ノ應力大ナレバ下降ノ程度モ亦大デアル。材料ヲ壓ス場合ニモ之ト同様ノ事實ガアル。斯様ニ低下シタ土 P 點ガ同符號ノ應力 $\pm\sigma$ ニヨリテ一度高メラレルトモ應力ガ P 點ヲ超過スレバ反對側ノ P 點ハ直ニ下リテ零トナル。

(ii) 正負兩値ノ間ニ變ジツツ次第ニ增大シ行ク繰返應力ニ於テモシ應力ガ初メノ P 點ヲ過ギル時ハ初メテ異符號ノ P 點ヲ低下セシメルモノ

デアル。

(iii) 斯様ニ低下シタ P 點ハ正負兩値ノ間ニ變化シナガラ次第ニ増加スル應力ノタメ或ル程度迄ハ高メラレル。併シ此程度ハ初メノ P 點ヨリモ遙ニ下方デアル。

降伏點以上ニ荷重スレバ著シク材料ノ性質ヲ變ズルコトハ已ニ Bauschinger の實驗ニヨリテ知ル如クデアルガ尙 Muir¹⁾ ハ斯ル處分ヲ受ケタ材料ノ彈性回復ニ關スル研究ヲナスタメ半軟鋼 (C 0.430—0.450%) ニ就テ種々ノ實驗ヲ試ミタ。其中引キ過ギタル材料ヲ沸騰水中ニ少時間浸シテ加熱シタルニ之ガタメ彈性ノ回復ニ著シイ效果アルコトヲ確メタ。
(Bauschinger の結論参照)。

68. 加熱操作。

金屬材料ノ製造ニ於テ加熱操作ガ重要ナ仕事ノ一つナルハ素ヨリデ例ヘバ常溫ニ於テ加工サレタ材料ノ性質ヲ改善スルタメニ燒鈍ヲナスガ如キ²⁾ 又ハ鋼ノ強サ及硬サヲ適度ニ調整スルタメニ燒入レ及再熱操作ヲナスガ如キハ普通ノ例デアル。近來工業用材料ノ具備ス可キ要件益々繁多トナルニ連レテ冶金學ノ研究モ亦日ニ進ミテ特殊ノ材料益々多キヲ加ヘツツアルガ之等ノ材料ヲ最モ適切ニ使用シヤウトスレバ必ず加熱操作ヲ要シ從テ其作用ヲ研究スルノが甚グ肝要デアル。例ヘバ自動車及航空機等ニ用キラレル構造用材料ニ對シテハ一般ニ極メテ強く而モ脆カラザルコトガ要求サレル。之ガタメニハ材料ノ選擇及適當ナル熱處理ガ必要デアル。尙強サ大ナル者ノ例トシテハ適當ノ熱處理ヲ經テ其值 20000 kg/cm^2 ニ達スル事が記載サレテ居ル。

茲ニハ先づ常溫加工ニヨリテ硬化サレタ鋼ノ燒鈍ノ例トシテ次ノ一實驗ヲ引用シヤウ。³⁾

1) J. Muir, Phil. Trans. Roy. Soc., Series A, Vol. 193, 1900, 1 頁。

2) P. Goorens, Iron and Steel Institute, Carnegie Scholarship Memoirs, III, 1911, 320 頁。

3) C. v. Bach, Elastizität u. Festigkeit, 6 版, 159 頁; 9 版, 191 頁。

鋼線 (Bach)

材料ノ狀態	降伏點 kg/cm^2	引張ノ強サ kg/cm^2	伸ビ %	縮ミ %	破壊ニ要スル仕事 mkg/cm^2
常溫ニテ 牽伸	不明瞭ナレド モ破壊應力ニ 近シ	6589	8.8	46.4	3.3
燒鈍	上 3195 下 3159	4395	26.6	64.4	8.7

更ニ著者ノ實驗中特殊鋼ノ燒入レニ關スル試驗成績ヲ見ルニ

ニッケルクローム鋼 (1922)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr		
0.34	0.209	0.40	0.028	0.023	2.75	0.879 %		
直 徑		10 mm	測定距離 100 mm					

加熱操作	降伏點 10^3 kg/cm^2	引張ノ強サ 10^3 kg/cm^2	伸ビ %	縮ミ %	彈性係數 E 10^6 kg/cm^2
850°C ニテ 燃鈍	4.73	7.81	18.6	56.8	2.125
850°C ニテ燒入レ 後ノ燒戻シ溫度 °C					
700	5.01	7.05	24.0	65.7	2.102
650	7.97	9.08	14.9	60.1	2.086
600	8.95	9.91	14.8	57.1	2.080
550	不明瞭	10.83	11.6	54.1	2.077
500	不明瞭	12.07	9.9	48.3	2.063
400	不明瞭	14.24	6.5	44.2	2.044

表ノ最初ノ欄ニ示ス様ニ燒鈍シノ場合ノ結果ヲ其第一行ニ記シ又燒入レノ後燒戻シニ依リテ多少軟クシタ場合ノ結果ヲ順次其下ニ記シテアル。而シテ燒戻シノ爲ノ再熱溫度ガ高イ程燒入狀態ヲ去リテ燒鈍シ狀態ニ近ヅク故表ノ結果ハ下位ノ者ニ比ベテ上位ノ者程軟イ狀態ヲ示ス。之ニ依テ見レバ上ヨリ下ニ進ムニ從テ即燒入狀態ニ近ヅク程降伏點及強サハ増スケレドモ伸ビ及縮ミハ減ズル。尙彈性係數ノ値モ多少ノ變化ヲ受ケル様デアル。

本節ニ屬スル事項ヲ詳ニシヤウト思ヘバ勢ヒ金屬組織ニ關スルコトヲ知ラネバナラヌ。併シ之ハ冶金學ノ書籍ニ就テ學バレタイ。茲ニハ

只焼入レシタ鋼ニ見ラレル例ノ硬イマルテンサイトノ組織カラ常態ノ
鋼ガ有スルバーライト組織ニ變ズル道程中ノ適當ナル組織ヲ與ヘテ望
ム様ナ強サ及硬サヲ得様トスルノガ鋼ノ加熱操作ニ於テ平常行ハレル
所デアル事ヲ附加ヘテオカウ。