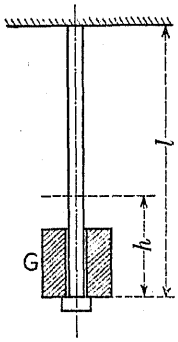
XII. 衝　撃.

73. 衝撃ニ伴フ弾性現象.

例ヘバ 107 圖ニ示ス如キ靜止セル棒ニ h ナル高サヨリ重量 G ヲ落下サセテ衝撃ヲ起ス時ハ棒ハ變形ヲ生ズル. 今變形零ノ狀態ヨリ測リテ重量ノ落下距離ヲ x トシ棒ニ衝突シタ儘之ガ離レナイトスレバ質量 $\frac{G}{g}$ ハ重力 G 及棒ノ反抗力 $-P$ ヲ受ケナガラ $\frac{d^2x}{dt^2}$ ナル加速度ヲ以テ運動スル故



107 圖

$$\frac{G}{g}\frac{d^2x}{dt^2}=G-P. \tag{1}$$

棒ノ質量ヲ省略シテ力ト變形トノ關係ヲ考ヘルニ若シ棒ノ變形ガ完全ニ弾性的デ正比例ノ法則ニ從ヒ且他ニ抵抗ナケレバ

$$P=cx. \tag{2}$$

併シ之ノミデハ非弾性變形ヲ生ズル場合ニ無論不適當デアル許リデナク夫レ程大ナル變形ノ起ラナイ時デモ不充分デアル. 此缺ヲ補フタメ別種ノ抵抗力ヲ考ヘルコトガ必要デアル. 此抵抗ガ速度ニ比例スルモノト假定スレバ

$$P=cx+\mu\frac{dx}{dt}. \tag{3}$$

從テ微分方程式ハ

$$\frac{G}{g}\frac{d^2x}{dt^2}=G-cx-\mu\frac{dx}{dt},$$

又ハ

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\mu\frac{g}{G}\frac{dx}{dt}+c\frac{g}{G}x=g.$$

此式ニ於テ

$$\left.\begin{aligned}\mu\frac{g}{G}&=a_1,\\ c\frac{g}{G}&=a_2\end{aligned}\right\} \tag{4}$$

トオケバ

$$\frac{d^2x}{dt^2}+a_1\frac{dx}{dt}+a_2x=g. \tag{5}$$

之ノ一般解ハ

$$x=A_1e^{s_1t}+A_2e^{s_2t}+\frac{g}{a_2}.$$

但A_1及A_2ハ積分常數デs_1及s_2ハ次ノ二次方程式ノ根デアル.

$$s^2+a_1s+a_2=0.$$

卽

$$\left.\begin{matrix}s_1\\s_2\end{matrix}\right\}=\frac{1}{2}\left[-a_1\pm\sqrt{a_1^2-4a_2}\right].$$

故ニ $\sqrt{a_2-\frac{a_1^2}{4}}=p$ トオケバ

$$x=e^{-\frac{a_1t}{2}}\left[A\cos pt+B\sin pt\right]+\frac{g}{a_2}. \tag{6}$$

A及Bハ積分常數デ其値ハ最初ノ條件ニヨリテ定マル. 例ヘバ衝擊ノ始マル時ヲ $t=0$ トシ之ニ對シテ $x=0$ 及 $\frac{dx}{dt}=v_0$ トオク. v_0 ニ對シテハ下ニ $v_0=\sqrt{2gh}$ ト見做スケレドモ實際ハ摩擦及空氣抵抗等ノタメニ之ヨリ多少小ナル筈デアル.

先ヅ第一ノ條件ニヨリテ

$$A=-\frac{g}{a_2},$$

卽

$$x=\frac{g}{a_2}\left(1-e^{-\frac{a_1t}{2}}\cos pt\right)+Be^{-\frac{a_1t}{2}}\sin pt,$$

$$\frac{dx}{dt}=\frac{g}{a_2}e^{-\frac{a_1t}{2}}\left[p\sin pt+\frac{a_1}{2}\cos pt\right]$$

$$+Be^{-\frac{a_1t}{2}}\left[p\cos pt-\frac{a_1}{2}\sin pt\right].$$

之ニ第二ノ條件ヲ入レル時ハ

$$B=\frac{v_0}{p}-\frac{g}{p}\frac{a_1}{2a_2}.$$

從テ

$$x=\frac{g}{a_2}+e^{-\frac{a_1t}{2}}\left[\frac{1}{p}\left(v_0-\frac{ga_1}{2a_2}\right)\sin pt-\frac{g}{a_2}\cos pt\right], \tag{7}$$

$$\frac{dx}{dt}=e^{-\frac{a_1t}{2}}\left\{\left[\frac{pg}{a_2}-\frac{a_1}{2p}\left(v_0-\frac{ga_1}{2a_2}\right)\right]\sin pt+v_0\cos pt\right\}.$$

若シ特ニ $\mu=0$ ナル場合ニ就テ考ヘレバ $a_1=0$ ナル故ニ

$$x=\frac{g}{a_2}+\frac{v_0}{p}\sin pt-\frac{g}{a_2}\cos pt. \tag{8}$$

而シテ x ノ最大ナル値ハ $\tan pt=-\frac{v_0a_2}{pg}$ ナル時ニ起リ其値 x_m ハ下ノ如クデアル.

$$x_m=\frac{g}{a_2}\left[1-\left(1+\left(\frac{v_0a_2}{pg}\right)^2\right)\cos pt\right].$$

$\cos pt=\frac{1}{\pm\sqrt{1+\left(\frac{v_0a_2}{pg}\right)^2}}$ ヲ入レレバ只今ノ場合ニハ $p=\sqrt{a_2}$ ナル故

$$x_m=\frac{g}{a_2}\left[1\pm\sqrt{1+\left(\frac{v_0}{g}\right)^2a_2}\right].$$

$v_0=\sqrt{2gh}$ ト書キ且正負二重ノ符號ノ中正ノ方ヲトレバ

$$x_m=\frac{G}{c}\left[1+\sqrt{1+\frac{2hc}{G}}\right]. \tag{9}$$

之ニ相當スルPハ棒ニ作用スル最大ノ力デ之ハ直ニ下ノ如ク書ケル.

$$\begin{aligned}P_m&=cx_m\\&=G\left[1+\sqrt{1+\frac{2hc}{G}}\right].\end{aligned} \tag{10}$$

此式ニ於テ $h=0$ トオケバ $P_m=2G$ トナル. 卽荷重Gヲ落下サセズニ只急ニ載セタ場合ノ最大ノ伸ビ及力ハ靜ニ之ヲ加ヘタ時ノ二倍ニ當ル. 此事ハ尙變形ノ仕事ノ章ニ述ベル積リデアル.

(10)ハ上ノ如キ計算法ニ依ラズトモ落下體ノ勢力全部ガ變形ノ仕事ニ費サレルモノト見ル次ノ式ニヨリテ直ニ導クコトガ出來ル.

$$G(h+x_m)=\frac{1}{2}P_mx_m. \tag{11}$$

此式ノ x_m ノ代リニ $\frac{P_m}{c}$ ヲ入レテ P_m ニ對スル二次方程式ノ根ヲ求メレ

バ宜シイ. 故ニ斯ル場合ノ計算法トシテハ寧ロ此簡便ナ方法ヲ可トスルモ上ニ殊更微分方程式カラ發足シタノハμガ零ナラザル場合ニ於テ變形及力ガ時間ト共ニ如何ニ變化スルカヲ示シタイカラデアツテ之ガ爲ニハ尙例ヲ取リテ述ベヤウト思フ.

併シ其前ニ上記ノ式ヲ簡單ニシテ置クノガ便デアル. 卽微分方程式(5)ニ於テ其右邊gハ落下體ノ重量ニ起因スル項デアルガGハPニ比ベテ小サイト見テ之ヲ省略シヤウ. 然ル時ハ

$$x=\frac{v_0}{p}e^{-\frac{a_1t}{2}}\sin pt, \tag{12}$$

$$\frac{dx}{dt}=\frac{v_0}{p}e^{-\frac{a_1t}{2}}\left[p\cos pt-\frac{a_1}{2}\sin pt\right].$$

此場合ニ $\mu=0$ トオイテx_mヲ求メ且之ニ對スルP_mヲ計算スル時ハ次ノ樣ニナル.

$$x_m=\frac{v_0}{p}=\sqrt{\frac{2hG}{c}}, \tag{13}$$

$$P_m=\sqrt{2chG}. \tag{14}$$

例ヘバ前ノ 107 圖ノ如ク斷面一樣ナル棒ニ重量ヲ落下サセテ之ヲ引張ル場合ヲ考ヘ斷面積 $f=1\,cm^2$, 長サ 40 cm, $E=2\times10^6\,kg/cm^2$ トスレバ

$$c=\frac{Ef}{l}=\frac{2\times10^6}{40}=5\times10^4.$$

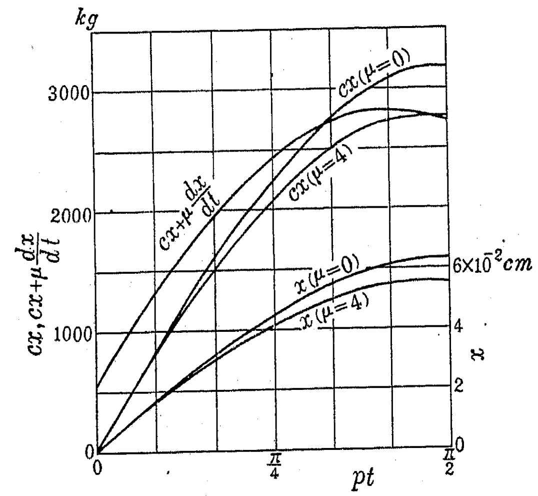
應力及變形ガ急ニ起ル時ノEノ値ハ靜的ノ場合ヨリモ少シ大デアルガ其差ハ小ナル故今問題トシテ居ナイ. 又 $G=10\,kg$, $h=10\,cm$ トスル時ハ(13), (14)ヨリ

$$x_m=\sqrt{\frac{2\times10\times10}{5\times10^4}}=0.0632\,cm,$$

$$P_m=\sqrt{2\times5\times10^4\times10\times10}=3160\,kg.$$

斯樣ナ計算ニ於テ(10)ノ代リニ近似式(14)ヲ用キテ大ナル誤ヲ生ジナイコトガ明カデアル.

偖上ノ例ニ於テμガ零デナク其値ヲ例ヘバ $4\frac{kg\,sec}{cm}$ ト假定シヤウ. 此値ハ $1\frac{cm}{sec}$ ノ速サニ對シテ $4\,kg$ ノ抵抗ヲ生ズル割合ニナル. 斯ルμノ値ヲ入レテ計算スレバ伸ビxガ$\mu=0$ノ時ヨリモ小デ且 $pt=\frac{\pi}{2}$ ニ至ル前ニ其最高ノ値ニ達スル. 從テ伸ビニ基ク力cxモ亦前ノ場合ヨリモ小ナルコト 108 圖ノ示ス樣ニナル. 又 $cx+\mu\frac{dx}{dt}$ ノ値モ亦同ジ圖ノ中ニ示シテアルガ其最大値ガ $\mu=0$ ノ時ノ夫レニ比ベテ可ナリ小トナルコトガ判ル.



108 圖

上ノ結果ヨリ知ルコトハ速度ニ比例スル抵抗ヲ導イタタメニ材料ガ衝撃ノタメニ受ケル伸ビ及力ガ斯ル抵抗ヲ無視シタ場合ニ比ベテ小トナル點デアル. 元來係數μハ嚴密ナル意味ニ於ケル常數デハナイガ斯ル係數ヲ用キテ實驗ノ結果ヲ大體說明スル事ガ出來ル.[1]

前ニ述ベタ樣ニ仕事ノ式(11)ヲ用キテ計算ヲナス時材料內部ノ摩擦ニ基因スル抵抗ヲ考ヘニ入レルタメニハ用キラレタ勢力ノ一部ガ此抵抗ニ打勝ツタメニ費サレテ殘ル勢力ガ材料ヲ彈性的ニ變形セシメルモノ

1) Rudolph Plank, Zeitschrift des V. D. I., 1912, 17 頁.

ト見テ $G(h+x_m)$ ニ 1 ヨリ小ナル或ル係數 n ヲ乘ジテ之ヲ $\frac{1}{2}Px_m$ ニ相等シクオイテ計算スルコトガ出來ル. 然ル時ハ(10)ノ代リニ

$$P_m = nG\left[1+\sqrt{1+\frac{2hc}{nG}}\right], \tag{15}$$

又ハ略シテ近似的ニ

$$P_m = \sqrt{2nGhc}. \tag{16}$$

併シ何レニセヨ μ 又ハ n ヲ實驗ノ結果ニヨリテ定メナケレバ正確ナル計算ハ出來ヌ.

若シ落下體 G ノ引起ス振動ノ際之ガ棒ヨリ離レナイ樣ニ出來テ居リ且衝擊ニヨリテ棒ニ生ズル應力ガ過大ナラザル時ハ振動ニヨリテ棒ガ彈性的ニ伸縮スル事大體(12)ニヨリテ示サレル如クデアツテ振幅ハ時間ト共ニ小トナル. 振動ノ週期ヲ T トスレバ所謂對數減衰 δ ハ

$$\delta = \frac{a_1}{2}T = \frac{\pi a_1}{p}.$$

然ルニ小ナル差ヲ省ケバ

$$p = \sqrt{a_2}.$$

故ニ

$$\delta = \pi\frac{a_1}{a_2}p = \frac{\pi\mu p}{c}. \tag{17}$$

倂伸ビ $\frac{x}{l}$ ノ增ス速サニ比例スル單位面積ノ抵抗ヲ $\frac{\xi}{l}\frac{dx}{dt}$ トシテ表セバ

$$\mu = \xi\frac{f}{l}. \tag{18}$$

從テ $\frac{\mu}{c} = \frac{\xi}{E}$ トナリテ(17)ハ次ノ樣ニモ書ケル.

$$\delta = \pi\frac{\xi}{E}p. \tag{19}$$

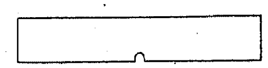
μ, ξ 等ノ數値ヲ取扱フ時ニハ應力ノ大小ニ注意スル事ガ必要ナ樣デアル. 過大ナラザル應力ヲ繰返シテ行ツタ或ル種ノ金屬ニ於ケル內部摩擦ノ研究ニ依レバ δ 又ハ ξp ハ或ル範圍內ニ於テ强イテ常數ト見做サレヌ事モナイガ併シ應力大トナレバ之等ハ變ズル. 又過大ナラザル應

力ニ於テモ ξ 自身ハ常ニ不變トハ見做シ難イ. 上ニ述ベタ引張ト類似ノ計算ヲ壓縮捩リ等ニ就テ行フ事ガ出來ル. 又衝擊捩リ試驗モ行ハレテ居ル.[1]

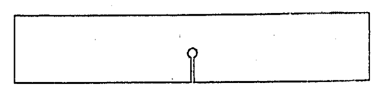
74. 切缺試驗片ノ衝擊試驗.

材料ノ彈性變形ニ關シテモ靜試驗ト衝擊試驗トノ間ニ多少ノ差ガアル事ハ素ヨリデアルガ併シ一層顯著ナル差異ガ彈性限界ヲ超エテ破壞ヲ生ズルニ至ル程度ノ大ナル變形ニ於テ顯レル. 從テ靜試驗以外ニ衝擊試驗ヲ行ヒテ材料ノ强サヲ實驗スルコトガ必要トナル. 衝擊試驗ハ種々ノ製品及試驗片ニ就テ行ハレ試驗機ノ種類モ澤山アル. 併シ普通行ハレル衝擊試驗ニ於テハ切缺アル試驗片ヲ曲ゲテ破壞シ之ニ要スル勢力ヲ見出スノデアル.

今試驗シヤウトスル材料ニ殊更溝ヲ作ツテ置ケバ其周圍ニ應力ガ集中增加シテ材料ハ破壞シ易クナル故切缺試驗片ヲ用キルノデアル. 其最モ簡單ナル方法ハ一個ノ小形ノ金槌ヲ以テ萬力ニ挿ンダ試驗片ヲ一定方式ノ下ニ打チテ破壞ニ至ル迄ニ堪ヘル彎曲ノ程度ヲ見ルノデアツテ之ニ依テ材料ノ大體ノ性質ヲ知ル事ガ出來ル. 此方法ハ大ナル設備ヲ要シナイ點ニ於テ至極便利デアル.[2] 併シ最モ廣ク用キラレツツアル衝擊試驗機ノ一種ハ 109 圖又ハ 110 圖ニ示ス樣ナ試驗片ノ兩端ヲ支持臺ニ載セ溝ノ背部ヲ水平軸ノ周リニ廻轉スル金槌ヲ墜落セシメテ打ツ趣向ニ出來テ居ル. 若シ槌ノ勢力大ナル時ハ試驗片ヲ破壞シタ後餘勢ヲ以テ尙廻轉ノ方向



109 圖



110 圖

1) 市原通敏,機械學會誌 XXXV, 1932, 678頁及機械學會論文集 I, 1935, 20頁及其他.

2) Martens-Heyn, Materialienkunde, IIA, 1912, 313頁.

ニ飛ビ上ル. 此時槌ノ始ト終トノ高サヲ測リテ夫レ夫レノ勢力ヲ計算スレバ衝擊ニ費シタ勢力ハ之等ノ差トシテ求メルコトガ出來ル. 斯樣ナ試驗法ハ Charpy ノ名ニヨリテ知ラレ獨逸ニ於テモ此方式ノ試驗法ヲ定メテ居ル. 而シテ之ハ切缺試驗片ヲ用ヰル他ノ方法 (Izod) ト共ニ屢々實用ニ供セラレル. 其試驗機ノ大サモ種々デ試驗片ノ形モ色々アル. 109 圖ハ比較的小ナル形ノ試驗片ノ一種デ 110 圖ハ大ナル形ノモノデアル. 併シ之等ハ別々ノ尺度デ示サレ小ナルモノハ割合ニ大キク描イテアル. 玆ニハ試驗法ノ詳細ヲ略シテ只次ノ注意ヲ述ベヤウ. 夫レハ此種ノ衝擊試驗ニ於ケル變形ノ狀態デ卽材質ニヨリテ切缺ノ底部附近ノ變形ニ大小ノ差ヲ示ス事デアル. 卽衝擊ニ對スル抵抗大ナルモノハ大ナル變形ヲ伴ヒ又抵抗小ナルモノハ其變形モ小ナノガ通例デアル.

上ニ述ベタ Charpy 並ニ Izod ノ兩試驗法ハ材料ヲ一回ノ衝擊ニヨリテ破壞スル方法デアルガ同ジ材料ヲ幾回モ繰返シ打チテ破壞ニ至ラシメル方法ガアル. 松村博士ノ考案サレタ試驗機ニ於テハ試驗片ノ兩端ヲ台ノ上ニ支ヘテ之ヲ交互ニ百八十度宛廻轉シテ其度毎ニ試驗片ノ中央ヲ槌ニテ打ツ裝置ニナツテ居ル.[1]

75. 衝擊抵抗ニ及ボス諸影響.

切缺試驗片ヲ衝擊デ破壞スルニ要スル仕事卽衝擊抵抗ハ材質ニヨリテ著シイ差異アル事無論デアルガ又同ジ材質ノモノモ之ヲ試驗スル方法ニヨリテ種々ノ數値ヲ得ルモノデアル. 其譯ハ試驗ノ結果トシテ求メラレル仕事ノ量ハ Charpy ノ試驗ニ於テ普通ナサレル樣ニ全量ヲ破面ノ面積ニテ除シテ單位面積ニ對スル仕事量ヲ求メルトモ夫レハ一種約束上ノ衝擊量デ試驗片ノ形及大サニ關係スルモノデアルカラ少クモ一定ノ試驗片ヲ用ヰナケレバ求メ得タ數量ヲ比較スル事ノ出來ナイノハ當然デアル. 併シ一個ノ材料カラ同ジ形ノ試驗片ヲ作リ同ジ試驗機デ

1) 機械學會誌, XXI, 52, 1918, 1 頁.

同樣ノ條件ノ下ニ試驗シテモ屢々驚ク程差異アル結果ヲ示ス事ガアル. 例ヘバ鋼材中ニ存在スル或ル成分ノ爲ニ組織不齊ナル事ガ此結果ヲ來ス原因トナル.[1] 之ハ寧ロ切缺試驗片ヲ用ヰル衝擊試驗ノ特長ト見ルベキデアツテ若シ材質ガ各部極メテ齊一ナラバ求メル數量ガ可ナリ精密ナル一致ヲ示スモノデアル.[2] 夫レ故若シ一定ノ試驗法ニヨリテ尙衝擊抵抗ニ著シイ差異ガ起ルナラバ夫レハ材質ノ差ト見ネバナラヌ. 元來材質ハ生レナガラノ化學成分ノ爲ニ種々ノ差異ヲ起ス事素ヨリ當然デアルガ一定ノ成分ヲ有スルモノモ之ヲ取扱フ方法ニ依リテ大ナル變化ヲ來スモノデアルカラ此點ニ關スル重要ナル項目ヲ下ニ述ベヤウ.

問題ノ諸條件中先ヅ溫度ハ重要ナル項目ノ一ツデアル. 卽寒冷ニ於テ鋼ハ非常ニ脆ク素ヨリ材料ノ種類ニヨリテ差アルモ $-35^\circ C$[3] 又ハ夫レ以下ノ低溫度ニ於ケル鋼ノ實驗ノ結果ヲ見ルニ常溫ニ於ケル强サトハ到底比較サレヌ程小デアル. 又常溫以上ニ於ケル軟硬各種ノ炭素鋼及二三ノ特種鋼ニ對スル實驗ノ結果ヲ見ルニ $150^\circ-200^\circ C$ 迄ハ溫度ト共ニ抵抗ガ增シ之ヨリ下リテ約 $475^\circ C$ ニテ極小トナリ更ニ溫度ヲ高メレバ再ビ抵抗ガ增加シ始メル事ガ記載サレテ居ル.[4] 此種ノ研究ハ高熱ニ曝サレル機械ノ部分ニ對シテハ望マシイ所デアルカラ近來各種材料ニ對スル實驗ガ試ミラレテ居ルガ其結果ニ依レバ材料ノ種類ニヨリテ影響ガ必シモ一樣デナイ. 卽目的ニ適スル樣ナ特種ノ材質ヲ撰擇スル事ガ必要デアル.

次ニ常溫ニ於テ材料ニ加工シテ變形ヲ與ヘレバ一般ニ靜的ノ强サハ增スケレドモ衝擊ノ强サハ著シク低下スルモノデアル. 而シテ多クノ場合ニ此低下シタ衝擊ノ抵抗ハ適當ナル溫度デ加熱スルコトニヨリテ

1) 著者論文,九州帝國大學工學部紀要, II, 1920, 89 頁.
2) G. Charpy and A. Cornu-Thenard, Journal of Iron and Steel Institute, 1917, No. II, 61 頁.
3) Zeitschrift des V. D. I., 1907, 1974 頁.
4) Léon Guillet 及 Louis Révillon, 萬國材料試驗協會報告, 1909 (コーペンハーゲン), III 4.

或ル程度迄再ビ高メラレル．夫レ故常溫加工法ニヨリテ線又ハ棒ヲ作レバ一見丈夫ナ材料ヲ得ル樣デアルガ實ハ衝擊ニ對シテ脆イモノトナル．次ノ實驗ハ此事ヲ證明スル一例デアル．

銅線製造ニ際シテ單ニ之ヲ引出シタ儘ニ止メル時ハ所謂硬銅線ヲ得ルモ燒鈍スレバ軟銅線トナル．次ノ表中珪銅線ハ矢張リ常溫加工ヲ經タ硬銅線ノ一種デアル．著者ハ住友電線製造所ノ寄附サレタ之等三種ノ銅線ニ衝擊試驗ヲ施スタメニ 75 mkg 振子形衝擊試驗機ヲ應用シ振子ノ下端ニ二條ノ試驗片ヲ取付ケルベキ金物ヲ設ケ振子ガ落下シテ此金物ノ一部ガ支持臺ニヨリテ其運動ヲ止メラレルヤ線ガ急ニ引張ヲ受ケル樣ニ裝置シテ實驗ヲ行ヒ次ノ結果ヲ得タ．

線ノ種類	軟銅線	硬銅線	珪銅線
直徑 mm	2.02	2.00	2.00
長サ mm	150	150	150
一本ニ對スル破壞ノ仕事量 mkg	5.39	0.40	0.82
單位容積ニ對スル破壞ノ仕事量 mkg/cm^3	11.2	0.85	1.74
摘要	實驗數五回卽十本ノ平均值	前ニ同ジ	實驗數十回卽二十本ノ平均值

此實驗ニ於テ硬銅線及珪銅線ハ取付ケノ箇所デ切斷サレタルモ軟銅線ハ左樣デナカツタ．併シ軟銅線ノ有スル大ナル抵抗ハ其著シイ延伸性ニ負フモノデアル．

上ノ性質ト類似ノ事柄ガ鋼ノ場合ニモ認メラレル．只注意スベキハ軟鋼ノ常溫加工ガ或ル程度ニ達スレバ遂ニ燒鈍ニヨリテ低下シタ抵抗ノ囘復ヲ圖ルコトガ出來ナクナル點デアル．次ノ實驗ハ此點ニ於テ甚ダ興味ガアル．[1)]

材料　軟鋼　0.037 % C.

試驗番號　N

1) 著者論文，231頁脚註．

試驗機　75 mkg 振子衝擊試驗機

900°C ニ於テ燒鈍シタ狀態ノ破壞ノ仕事量　4.08 mkg/cm^2

常溫延伸 %	1	3	6	9
常溫延伸ヲ經タ狀態ノ破壞ノ仕事量 mkg/cm^2	3.84	2.87	1.76	1.64
920°C ニ於テ再ビ燒鈍シタ後ノ破壞ノ仕事量 mkg/cm^2	3.96	3.93	3.11	1.51

此結果ニ依レバ 3％ ノ延伸ニヨル抵抗ノ低下ハ再熱ニヨリテ復舊スルケレドモ 6％ トナレバ囘復シ難クナリ 9％ ニ於テハ加熱後モ甚ダ脆弱デアル．尙斯樣ニ衝擊抵抗ノ囘復シ難イ程ノ延伸ヲ與ヘテ再熱シタ者ノ破面ハ甚ダ粗大ナ粒狀ヲ呈シテ居ル．此粒子擴大ノ狀況ハ顯微鏡寫眞圖ヲ見レバ一層ヨク判ル．

材料ノ處理法中加熱操作ハ衝擊試驗ニ對シテモ矢張リ重要ナル一項目デアツテ一般ニ鋼ハ加熱法ニヨリテ著シク其靱性ヲ變ズルモノデアル．殊ニ航空機關ニ必要ナ特種鋼ハ之ニ施ス加熱操作ガ適當ナラバ能ク高イ抵抗ヲ表スモノデ車軸材料トシテノニツケルクローム鋼ニ於テハ先ヅ變態溫度以上卽凡ソ 800°—850°C ニ熱シテカラ急冷シ次ニ之ヲ變態點以下デ再熱シテソルバイト乃至ハトルスタイトノ組織ヲ得ル樣ニスル．此時ノ溫度及冷却ノ速度ガ材質ニ密接ノ關係ヲ有ツモノデ卽再熱ノ溫度ヲ 650°C ト假定スレバ之ヨリ急冷スレバ高イ靱性ヲ得ルモ徐冷スレバ反テ弱クナルト云フ事實ガ認メラレテ居ル．此點ニ關シテ著者ガ曾テ行ツタ實驗ヲ述ベレバ或ルニツケルクローム鋼ヲ燒入レシタ後再熱シテ室溫ノ油ノ中ニ急冷シタ場合ト爐ノ中デ徐々ニ冷却シタ場合ト別々ノ操作ヲ經タ試驗片ニ衝擊試驗ヲ行ツタトコロ油中ニ冷シタモノハ成績良ク爐中ニ冷シタモノハ概シテ成績ガ劣ル．斯樣ニ加熱操作ニ伴テ生ズル脆サハ廣ク冶金學者ノ注意ヲ引イタ問題ノ一ツデアル．[1)]

1) Journal of Iron and Steel Institute, C, 1919, No. II, 325, 329 頁; CI, 1920, No. I, 613 頁.

例題 73節ノ問題ト類似ノ棒ヲ最初 $\frac{G}{c}$ ニ等シイ長サ丈ケ壓縮シ置キ次ニ重量 G ヲ急ニ加ヘテ引張ル時速サニ比例スル抵抗ヲ省略シテ棒ノ受ケル最大ノ伸ビヲ求メルコト.

$\mu=0$ 從テ $\alpha_1=0$ トナル故微分方程式(5)ハ

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\alpha_2 x=g.$$

而シテ之ノ一般解ハ

$$x=A\cos pt+B\sin pt+\frac{g}{\alpha_2}$$

$$=A\cos pt+B\sin pt+\frac{G}{c}.$$

積分常數 A 及 B ハ最初ノ條件即 $t=0$ ニ對シテ $x=-\frac{G}{c}$ 並ニ $\frac{dx}{dt}=0$ ナル條件カラ定マル. 即

$$A=-\frac{2G}{c},$$

$$B=0.$$

從テ

$$x=\frac{G}{c}(1-2\cos pt).$$

x ノ最大値ハ $pt=\pi$ ノ時ニ起ル. 即其値ハ

$$x_m=\frac{3G}{c}.$$

夫レ故荷ガ靜止的ニ作用スル場合ニ比ベレバ其方向ヲ急變スル事ニヨリテ三倍ノ伸ビガ生ズル譯デアル.