衝撃振り試験(第2報)

1. 送り速度, 2. 衝撃振り機, 3. 常温各種金属の
静衝撃ダイアグラム, 4. 衝撃抵抗力の考察

(昭和7年11月3日 大阪臨時大会講演會に於て講演)

正員 工学士 市 原 通 敏⁽¹⁾

Impact Torsion Tests (2nd Report)

1. Specific Sliding Speed, 2. Impact Torsion Testing Machine, 3. Impact and Static Torsion Diagrams of Metals at the Room Temperature, 4. Consideration on the Sliding Resistance of Impact Deformation.

By Mititosi ITIHARA, Kôgakusi, Member

摘 要

先づ衝撃の速さと送り速度の関係を衝撃引張り、圧縮、振りの各試験について求め次で衝撃振り試験機について説明しその実験結果として常温にて行ひたる各種金属の静的及び衝撃振りダイアグラムを比較し更にその相違の原因を考察した。

1. 衝撃の速さと送り速度との関係

衝撃の速さと材料の變形の送り速度との関係は第1報⁽²⁾にも略述して置いたがこれを一般的に求めた。求め方は附録に記して有る。その結果について述べる。今 $\dot{\gamma}$ を単位長さを経てる2送り面の間の比送り量とすれば、送り速さは $\dot{\gamma} = d\gamma/dt$ である。即ち $\dot{\gamma}$ は単位時間に2面は其の距離の幾倍送るか云ふ値で有る。衝撃引張り或は圧縮の場合は錠の速度 V と $\dot{\gamma}$ との関係、又衝撃振りでは振り切る時の回転数 n rev/mn と $\dot{\gamma}$ との関係は(6)(10)(13)附録式で次の如くで有る。

衝撃引張り

$$\dot{\gamma} = 2V/l_0(1+\lambda) \dots\dots(1)$$

衝撃圧縮

$$\dot{\gamma} = 2V/l_0(1-\lambda') \dots\dots(2)$$

衝撃振り

$$\dot{\gamma} = \pi r n / 30 l_0 \dots\dots(3)$$

茲に V は引張り又は圧縮の場合の錠の速度 l_0 は試片の

元の長さ λ は延伸率 λ' は圧縮率で有る。又 r は半径、 n は衝撃振りの回転数で有る。(1)(2)について加速度を求めて見ると次の如くなる。

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} = \frac{2}{l_0(1+\lambda)} \frac{dV}{dt} - \frac{2V^2}{l_0^2(1+\lambda)^2} \dots\dots(4)$$

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} = \frac{2}{l_0^2(1-\lambda')^2} \frac{dV}{dt} + \frac{2V^2}{l_0^2(1-\lambda')^2} \dots\dots(5)$$

今錠の速度を一定とすると各第1項は消えて第2項だけと

第1圖 衝撃速度と送り速さの関係

なり、かゝる場合には衝撃引張りでは減少し、圧縮では $\dot{\gamma}$ は次第に増加即ち加速度を有するので有る。これに反して衝撃振りには(3)式の如く n 一定の元に振り切るならば試片の半径 r と長さ l_0 の変化は他の場合に比して極めて少く殆ど無しと考へ得る故に衝撃振りでは n 一定の時は $\dot{\gamma}$ は外径 r のところで一定である。この事は「はずみ」車を充分大きくすれば可能で有つて他の(1)或は(2)式の場合は $\dot{\gamma}$ を一定で引張り或は圧縮試験を行ふのは餘程困難な事である。第1圖は(1)(2)(3)式に数値を入れた例で V 及び n を一定とした

場合で数値は圖面に記入して有る。試験方法に依りて $\dot{\gamma}$ は加工と共に増減する。變形の最初に於る初送り速さで比較して見ると振り速さ 1,600 rev/mn が恰も引張り或は圧縮の場合では錠速度 1 m/s に相當する。第1表は $\dot{\gamma}$ の比較表で各種

(1) 東北帝國大学工学部助教授

(2) 本誌昭和7年35巻679頁

の試験法、工作法によるものを比較した。この報告中の衝撃振り試験は $\dot{\gamma}=50\sim100$ であるから静的試験に比すると 10 万倍の速さであるがシャーパー衝撃試験に比すれば遅くその 1/3 で鍛冶ハンマー或は低速切削作業に於る $\dot{\gamma}$ と大體似た値で有る。

第 1 表 衝撃速度と送り速さ

試験の種類	試片寸法	衝撃速度	送り速さ
衝撃振り	8 徑 × 10 長	$n=1,600 \text{ rev/mn}$	67
〃	〃	$n=830$ 〃	47
同本報告中のもの	8 徑 × 7.37 長に該當	$n=1,700$ 〃	97
衝撃引張り	30 長	$V=1 \text{ m/s}$	67
シャルピー引張り	〃	$V=5$ 〃	335
シャルピー彎曲*	120 長	$V=4$ 〃	~200
衝撃圧縮	30 長	$V=1$ 〃	67
彈丸	〃	$V=800$ 〃	53,000
鍛冶ハンマー	30 長	$V=1.2$ 〃	80
切削作業*	1 mm 切込深	$v=300 \text{ mm/s}$	~243
静的振り	8 徑 × 10 長	1 回/52 mn	0.00081
オルゼン引張	30 長	10 mn/50 mn	0.0067

* 概算

2. 衝撃振り試験機

第 2 圖は装置の断面で第 3 圖は外觀の寫眞を示す。この試験機は第 1 報⁽²⁾に掲げたものと全々同一の振り試験機であるが只前の豫備装置を全部改造して回轉數 1,700 rev/mn に

第 2 圖 衝撃振り装置

て試験し得る様にした。第 2 圖を説明する。試験片 (3) は振りスプリング (1) と軸 (4) の間にタップで固着する。一方ボールベアリングに乗れる「はずみ」車 (8) をベルトプリー (9) を通して 1,700 rev/mn に回轉し置く。回轉數は回轉計 (10) にて讀む。その時引金を引きてクラッチの齒 (6) と (7) とを急に噛み合はせると今迄靜止して居たる試片 (3) は瞬間に振り切られる。その時試片の抵抗力はスプリング (1) に取
昭和 10 年 2 月]

付けたる金屬製鏡 (2) の振れで乾板 (11) の上に描き又試片の振れ角は軸 (4) 上に固着したるブローマイド紙 (5) の上に描く。乾板の振りモーメントとブローマイド紙の振り角の關係はタイムマーカー (12) で入れる。乾板とブローマイドを組合せて振りモーメント對振り角の振りダイアグラムを得る。この方法は第 1 報に詳述して有る。この試験機では前述の如く「はずみ」車 (8) が充分大であるに依つて試片は一定の $\dot{\gamma}$ の元に振られる。即ち丸棒試片の外周は一定の送り速度

第 3 圖 衝撃振り試験機

で送るし又その際の送り抵抗力を測定出来るのである。勿論 $\dot{\gamma}$ は n 又は試片の寸法を變える事に依りて任意の値で試験を行ひ得る。これ等の點が衝撃振り試験の特徴で有る。

3. 常溫に於る各種金屬の衝撃並に靜的振り試験の比較

常溫に於る各種金屬の振りダイアグラムは靜的と衝撃とでは如何に異なるかを見るために行つた。然しこの種の研究では既にシャーパー衝撃試験機にて衝撃のダイアグラムを求めて居る。Körber 及び Storp⁽³⁾ (1925, 1926) 山田博士⁽⁴⁾ (1928) 等は鋸の加速度より求め又 渡邊工學士⁽⁵⁾ (1929) はビエゾ並に陰極線オシログラフを應用して求められた。これ等は皆衝撃引張り或は彎曲であるから變形の送り速度 $\dot{\gamma}$ は勿論一定では無い。次に述べる衝撃振りには試片の外徑の處で $\dot{\gamma}=97$ 一定の元に振りたる振りダイアグラムである。

第 2 表には金屬の種類、熱處理、組織及び振りの回轉數、硬度及び化學分析表亦各圖面番號をも記入してある。以下掲載したる振りダイアグラムの點線は靜的試験で實線が衝撃試験を示す尚各振りダイアグラムは全部 3 本宛同一のを行ひたる平均値であつて、尚靜的と衝撃試片は平均硬度が同一である。先づ鐵及び瑞典炭素鋼より説明する。

アームコ鐵及び炭素鋼に就ては第 4 圖乃至第 11 圖に振りダイアグラムを掲げ又その内には $n=830, 1,700 \text{ rev/mn}$ の 2 種の衝撃がある。この 830 rev/mn の方は第 1 報に記載した試験機による結果である。總て衝撃振り圖は靜的に比較す

(3) Körber u. Storp: Mitt. Kaiser-Wilhelm Inst. f. Eisenforsch., 7 (1925), 81, 8 (1926) 8.

(4) 山田良之助: 本誌第 31 卷, 第 136 號頁, 金屬の研究第 7 卷 36 頁

(5) 渡邊俊平: 理研彙報, 第 8 輯第 9 號 135 頁

るとより大なる抵抗力を出してゐる。然しそれは加工度に依りて静衝の割合が異なる。即ち鐵及び炭素鋼では衝撃抵抗モーメントは降伏點が最も差が大で加工度 γ 或は振り角が進むと共に次第に低下して静的に接近する。アルムコ鐵又は 0.1% C 鋼では $\theta = 400^\circ$ 位振れたところでは衝撃値は静的と殆ど等しい値を取つてゐる。第 12 及 13 圖に振り角に對する静衝兩モーメントの比を示して有る。第 12 圖が $n=830$ 、第 13 圖が $n=1,700$ rev/mn である。これに依れば常温では炭素量に關係せず静衝兩モーメントの比は非常に良く一致して居る。然るに温度が變れば全く別の値を取ることは第 13 圖の -160°C 、 -110°C の如くで或は高温になれば静衝の比が逆に大となる。第 14 圖には炭素量に對する静的並に衝撃振りの全振り角度、降伏點、最大モーメント、切斷エネルギー

一等を比較して有る。實線は衝撃で又點線は静的である。全振り角度は衝撃の方が 10~20% 静的より大で有る。降伏點の差は最も大で 3 倍強である。切斷點の振りモーメントは前述したる如く炭素量の少きものには差少く炭素量多くなる程差が大である。これは切斷をなすまでの振れ角度の多少に依るものであつて炭素量の増加する程延びが減少するので一致しない。切斷に要する衝撃仕事量は静的のそれより 30% 大で静的に平行で有る。尙第 14 圖中に於て 0.8, 1.0, 1.3% C を連結する別の線は組織の異なるものに就てありて 0.8% C は粗粒陂他は球狀セメント組織のもので有る。實線點線の區別は前記の通り。粗粒陂組織のものは焼戻靱性と稱し、この組織の鋼が最も吸收エネルギーが大である。これはこの組織の鋼が他の組織即焼入或は標準に比して強く且よく伸び

第 4 圖 アルムコ鐵

第 5 圖 0.1% C 鋼

第 2 表

材 料	熱 處 理 組 織	$H_B 5/750/30$ 或は $5/250/30$	衝 撃 振 り 回 轉 數		圖 面 番 號	備 考
			rev/mn	rev/mn		
アルムコ鐵	800°C/2h 標	89	840	1,669	4	C 0.03, Mn 0.04, Si 0.08
0.1% C	〃 燒 準	113	850	1,671	5	C 0.10, Mn 0.38, Si 0.07, P 0.021, S 0.021
0.5% C	〃 組	173	866	1,653	6	C 0.50, Mn 0.41, Si 0.27, P 0.029, S 0.020
0.8% C	〃 鈍 織	195	824	—	7	C 0.80, Mn 0.16, Si 0.025, P 0.023, S 0.020
1.0% C	〃 球狀セメ	186	856	1,703*	8	* 試片 1 本
1.3% C	〃 ンタイト	199	745	—	9	C 1.00, Mn 0.16, Si 0.22, P 0.028, S 0.024 C 1.29, Mn 0.22, Si 0.28, P 0.031, S 0.017
1.0% C	1,000°C 燒 標	250	—	1,725	10	常温並 -160°C
1.3% C	1,100°C 鈍 準	252	—	1,782	11	以上炭素鋼は全部瑞典炭素鋼
0.8% C	800°C 油焼入 600°C 焼 戻	288	850	—	7	粗粒陂
軟 鋼	940°C 燒 鈍	120	829	1,623†		† 第 3 報第 8 圖參照、C 0.15%
眞鍮 (a)	650°C/1h 燒鈍	93	830	—	15	第 3 報 第 5 圖參照
眞鍮 (a)	〃	97	—	1,647	16	
Sn	砂 型 鑄 造	45	—	2,148	17	
Pb	同	5	—	1,745	18	
Al	300°C/1h 燒鈍	28	—	1,681	19	$H_B 10/157/30$
Cu	600°C/1h 燒鈍	48	—	1,660	20	第 3 報第 6 圖參照
Zu	鑄造後鍛鍊	57	—	1,650		
デュラルミン	住 友 製	111	—	1,963		Cu 3.75, Fe 0.44, Mn 0.45, Mg 0.58, Si 0.35
A	(840°C 油焼入 200°C 焼 戻)	444	—	1,648	21	Ni 3.0, Cr 1.0, Mo 0.5~1.0, C 0.30~0.5
B	(730°C 水焼入 200°C 焼 戻)	434	—	1,553	22	金属材料研究所渡邊直行
C	(840°C 油焼入 300°C 焼 戻)	416	—	1,652	23	工學士製並に熱處理
Mn 鋼	1,000°C 水焼入 200°C にて試験 800°C にて試験	259 〃 〃	— — —	1,741 1,750 1,770	24	Mn 12.7, C 1.1 大州田

るものに相当してゐるがためである。この脆性転移は衝撃のみならず静的にも存してゐて、これは靑熱脆性等の如く材料の衝撃抵抗に關する上に於ては重要な意味のものではない。

第6圖 0.5% C 鋼

要するに鐵及び鋼に於ては衝撃振りモーメント即ち動的に抵抗力は静的に比して大である。而して加工少ない間は著しく異なるも加工大なるに従つて動的に抵抗力は次第に低下して遂には静的と同一となる。但しこれは常溫に於ての事である。

他の非鐵金屬では必ずしも鐵と同一ではない。眞鍮、銅 (第3報第6圖参照)、Al デュラルミン等は第15乃至20圖に掲げて有る。熱處理は第2表参照。これ等面心立方型に於ては普通 α 鐵とは斯く趣を異にすると考えられる。

第7圖 0.8% C 鋼、軟鋼、眞鍮

立方型に屬する金屬は静的衝撃の差が少く又兩者平行方で降伏點に於て特に差が大なりと云ふが如きことは無い。殊にデュラルミンとか次に掲げる Mn 鋼の如き面心型であつて又格子面が歪みてゐると考へられるものは静的衝撃の差が少い。鉛は振りを加へてゆくと直径が大きくなつて振りモーメントを増す。衝撃も同様なるが切斷面が頗る奇妙で片方

第8圖 1.0% C 鋼

子は中空の腕状となりてゐる (第17圖)。

錫及び亜鉛第16及び19圖。特別の振り抵抗力を示す。錫は或る角まで振れて開き破損でこの様な例は鋼の低温第10及び11圖にも有る。次に特殊鋼を掲ぐ。

防彈鋼第21, 22, 23圖は金屬材料研究所本多博士及び渡邊工學士の研究された最優秀の材料にして同工學士の製作及び熱處理になれるものである。この内實験試驗にて最も優秀なるはBにしてこの事はBの面積の最大なる事と一致してゐる。然も静的に於るよりも衝撃に於てその差が著しい。然

昭和10年2月]

第9圖 1.3% C 鋼

Mn 鋼。これは水焼入れに依りて水取したるものにして大洲田組織で有る。この振りダイアグラム形態が特殊で降伏點は低いが共加工と共に直線的に硬化する、試験は常溫200°C, 800°Cの3種に就て行ひたるが200°C迄は静衡の差至つて少く800°Cになると普通の鋼の高温型である。常溫は前記デュラルミンに於るが如く差が少い。Mn 鋼は面心立方型で有るために普通 α 鐵とは斯く趣を異にすると考えられる。

4. 鉄及び鋼の衝撃振りモーメントが θ と共に低下する機構についての考察

第10圖 1.0% C 鋼

第11圖 1.2% C 鋼

し第1表にも掲げた如く彈丸速度の v はこの試験とは比較にならぬ程大なる故に本衝撃試験そのものは彈丸の貫通の際の變形抵抗力とは一致しては居ない。

上記の實驗に依れば衝撃振り圖は金屬の種類に依つて色々違つた形を取る事が明かである。この相違又鐵鋼に於ては何故に振りモーメントが後下りに降下するかそれ等の理由を次に少しく考察する。

静的振りモーメントと丸棒試片の外周に於るに抵抗力 r とは第1報に於て述べたる如く P. Ludwik に依ると密接な關係が有りて $M-\theta$ 圖と $r-\gamma$ 圖とは相似形である。これと同様の事が衝撃振りモーメント圖と試片の外周に於

動的にり抵抗力及びにりの R - γ 関係との上にも當てはまるものと考へられる。如何ならば Ludwik の証明には只 $\dot{\gamma}$ が γ に比例すれば良いがこれは静衝共に先づ大差無いと考へる。従つて吾々は今一般的なる材料の動的にり抵抗力 R とにり量 γ の関係に於てにり速さ $\dot{\gamma}$ が如何に作用するかを知られば振りモーメント圖も相似であるから

第 12 圖 鐵及び鋼の静衝振りモーメントの比 $n=830$

同時に明になるわけである。

にり面に於る動的にり抵抗力 R は静的にり抵抗力 τ よりは常に大である。金屬は固體に於ても粘性的抵抗力を有するものであるからこの粘性抵抗力と弾性的抵抗力 R_s の和が R であるこれを式で示せば

$$R = R_s + \mu \left(\frac{d\dot{\gamma}}{d\gamma} \right)^n \quad (6)$$

μ は粘性係数であるから第 2 項は液体についてと同一である。但し n は常數。只金屬固體のにりであるから液体の如き流動とは異なるのは勿論で次第に結晶は破壊し硬化するのである。又温度が高温になれば焼鈍作用も伴ふし又硬化作用も出ることもある。又焼鈍或硬化と云ふのは時間を要するから $\dot{\gamma}$ の大小が大いに影響する。即ち (6) 式の R_s 及 μ は共に γ , t , $\dot{\gamma}$ 等の函數であるから R の大小を論ずるには一應これ等の各變數について考察せねばならない。

第 25 圖は第 4 圖のアルムコ鐵の振り圖より求めたる動的並に静的 R - γ 圖である。圖中 τ , R , R_1 及び R_2 の 4 線の内 τ は静的振り及び R は $n=840$ rev/mn の衝撃振りの抵抗力で R_1 及び R_2 は降伏點に於る粘性抵抗 μ_1 丈に τ に加へ又は τ に比例して引ききたる線である。従つてもしも金屬が變形しても内部に變化が無ければ變形のにり抵抗力は R_1 又は R_2 の線に近き値を取る可きであるが事實は加工の進むに従ひ後下りになりて τ と重つて居る。又眞鍮、Al デュラルミン等は別の形である事は皆第 6 式の R_s 及び μ が一定ではなく γ と共に變化するからである。

$\dot{\gamma}$ の影響。 $\dot{\gamma}$ が振りの中途で下るならば R は τ に接近するのは勿論である。然しそれは第 25 圖の下の迴轉數圖に示す如く n は殆ど一定である。 n 一定であるから $\dot{\gamma}$ も一定で (6) 式は $R = R_s + \mu \dot{\gamma}^n$ となる。この (6) 式は R - γ 圖形に對して與へられた式では無く只 R - γ 圖上の一に點に與へたものである従つて加工度 γ の増す程 R_s 及び μ が如何様に變化するかを明にすれば R - γ 圖の説明が出来るわけである。

次に温度の影響である。鐵及び鋼では R - γ 圖は低温にな

る程後下りになる。第 11 圖には高炭素鋼 -160°C を掲げてあるが衝撃は加工硬化型である共、尙靜的よりも低い。アルムコ鉄軟鋼では低温では振り圖が減じる一方である。高温度では第 24 圖にも 800°C の 1 例がある如く低温型とは異なる。要するに常溫試験の後下り R - γ 圖は低温型に屬するのでありて次の如き機構であると考へる。

靜的試験では加工度 γ の大なる程原子配列面は彎曲しにり干渉に依りて加工硬化する。靜的變形では $\dot{\gamma}$ が小なるため靜かににりて原子間隔が左程大とならぬ共 $\dot{\gamma}$ が増す程彎曲した面はその儘なるので原子間隔が落ち付く違無くにる。従つて原子間隔が大となりてにり面の垂直引力減じ従つてにり抵抗 R_s (弾性抵抗力) を減少する。同時に原子配列も著しく混亂する結果粘性係数 μ も加工度の進むと共に減じ (6) 式の R は γ と共に低下する。又低温に於ては原子運動が弱く従つて原子混亂を整頓する事なくにりつゞけるので γ と共に R_s 及び μ を減少する。高温度では逆に原子運動が盛んになり、混亂された原子も衝撃變形の時間内に整頓されて低温常溫に於るが如き低下は無くなる。

降伏點では加工は未だ少く $\gamma=0$ で原子面の彎曲或は混亂する事無きため $R_s=\tau$ と置く事を得る。従つて衝撃値は靜的より $\mu \left(\frac{d\dot{\gamma}}{d\gamma} \right)$ 丈常に大である。故に降伏點の差より μ を求める事が出来る (第 3 報)。

又眞鍮 Al Cu 等の如く R が低下せざるは何故であらうか。斯る面心型の金屬は元來 μ の小なるもの多く且 γ は大

第 13 圖 鐵及び鋼の静衝振りモーメントの比 $n=1,600$.

度を有し孰れの加工法に依るとも加工硬化の程度は變ら無いこの事實から上に述べた原子混亂は衝撃的變形の最中に於る事柄でありて、變形を停止すれば直ちに止み、靜的に加工したとのと少しも變らない丈の加工硬化を呈するのである。

5. 結 言

衝撃引張り圧縮振りの各衝撃の速さと、それに依りて材料の變形するにり速度 $\dot{\gamma}$ との関係求めた。衝撃振りでは n 一定で振る時は $\dot{\gamma}$ も一定である。次で新衝撃試験の説明及び

第14圖 鐵及び鋼の静的衝撃振りの比較

常温に於ける各種金屬の衝撃振りを静的と比較した。最後に體心立方型の金屬鐵及び鋼は衝撃モーメントが降伏點では静的より大であるが夫を過ぎると低下して静的と同じ程度になるが他の面心立方型の金屬では静的に平行なる振りダイアグラムなる理由について考察を試みた。そのために衝撃變形の迂り抵抗 R は $R = R_s + \mu \left(\frac{d\dot{x}}{dq} \right)^n$ なる項より成ると置いた。 $\mu \left(\frac{d\dot{x}}{dq} \right)$ は粘性抵抗であり R_s は粘性以外の弾性抵抗常温以下では γ が大きになると $R_s < \tau$ となる又 μ も減少する。その理由を原子配列の混亂に依ると考へた。體心立
昭和10年2月]

第15圖 眞鍮

第16圖 錫

第17圖 鉛

第18圖 アルミニウム

第19圖 亜鉛

方型の低下の急なるは面心に比して迂り面の對稱の少なるため前者の原子配列には混亂が甚しく從つて面心立方型との間に前記の差の有る事になると説明した。

附 録 衝撃の速さと迂り速さとの關係。

d なる距離にて相對する2面間の迂り量を s とすると

$$\tau = s/d \quad \dots\dots\dots (1)$$

今迂り速さを $\dot{\gamma}$ とすれば

$$\dot{\gamma} = d\gamma/dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

静的引張り試験に於ては

$$\gamma = 2 \log(1 + \lambda) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\lambda = \frac{l - l_0}{l_0} \quad \dots\dots\dots (4)$$

茲に l_0 及び l は試片の初め及び伸びた長さ。(3) (4) はもしも試片の一端が V なる鈍速で打ち延ばされたる時も成立すべし従つて

第 20 圖 デュラルミン

$$l = l_0 + \int_0^t V dt \quad \dots\dots\dots (5)$$

(3) (4) (5) を微分して

$$\frac{d\gamma}{dt} = 2 \frac{1}{(1+\lambda)} \frac{d\lambda}{dt} \quad (3)', \quad \frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{l_0} \frac{dl}{dt} \quad (4)', \quad \frac{dl}{dt} = V \quad (5)'$$

(4)' (5)' を (3)' に代入して衝撃引張りの場合を得

第 24 圖 Mn 鋼

第 25 圖

Ni-Cr-Mo 鋼

第 21 圖 防弾鋼

第 22 圖 防弾鋼

第 23 圖 防弾鋼

(*) P. Ludwik: Element der Technologischen Mechanik.

$$\dot{\gamma} = \frac{2V}{l_0(1+\gamma)} \quad (6)$$

次に静的圧縮試験に於ては

$$\gamma = 2 \log \left(\frac{1}{1-\lambda'} \right) \quad (7)$$

$$\lambda' = \frac{l_0 - l}{l_0} \quad (8)$$

l_0, l は前と同一。 λ' は圧縮率。(7) (8) も試片が V なる錠速で打ち縮めらるゝ場合にも亦成立す。従つて

$$l = l_0 - \int_0^t V dt \quad (9)$$

(7) (8) (9) を微分して

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{2}{(1-\lambda')} (7)', \quad \frac{d\lambda'}{dt} = \frac{-1}{l_0} \frac{dl}{dt} (8)', \quad \frac{dl}{dt} = -V (9)'$$

(8)' (9)' を (7)' に代入して衝撃圧縮の場合を得

$$\dot{\gamma} = \frac{2V}{l_0(1-\lambda')} \quad (10)$$

次に静的振り試験

$$\gamma = \frac{2\pi r z}{l_0} \quad (11)$$

r は半径, l_0 は長さ, z 振り回数。今試片が一端より n rev/mn で振られてゐる場合には

$$z = \frac{n}{60} t \quad (12)$$

(11) (12) を微分して

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{2\pi r}{l_0} \frac{dz}{dt} (11)', \quad \frac{dz}{dt} = \frac{n}{60} (12)'$$

故衝撃振りでは

$$\dot{\gamma} = \frac{\pi r n}{30 l_0} \quad (13)$$

衝撃振り試験 (第3報)

1. 金属の粘性係数 2. 加工せる金属の衝撃振り

(昭和8年9月30日 仙臺地方講演會に於て講演)

正員 工学士 市原通敏⁽¹⁾

Impact Torsion Tests (3rd Report)

1. Coefficients of Viscosity of Solid Metals 2. Impact Torsion Tests of Cold Worked Metals.

By M. Mititosi ITIHARA, *Kôgakusi, Member*

摘 要

先づ第2報⁽²⁾に記述せる實驗結果より金属の粘性係数を求めた。その求め方は常溫に於る各種金属の静的並に衝撃振りモーメントの降伏點の差よりこの係数を求めた。次に撓鈍せる材料と振り加工をしたる材料の衝撃振りを比較した。而して更に衝撃振りの中途に於て一旦振ることを停止し荷重を取去り休息し更に衝撃振りをなす場合に得る可き振りダイアグラムに就いて考察した。

1. 金属の粘性係数

静的及び衝撃振りダイアグラムに於ては衝撃振り圖の降伏點が静的よりも常に大で有る事より次の如く金属の粘性係数を求める。

先づ静的振りでは第1圖(a)の如き中實丸棒の振りモーメント M は次の如し

第 1 圖

$$M = 2\pi \int_0^a \tau r^2 dr \quad (1)$$

今第2圖の如く半径 r にて單位距離にある2點 P, Q が $P'Q'$ 如く振れたる時に於て $r\theta = \gamma$ を半径 r の個處の單位

第 2 圖

位送り量とす。材料の送り抵抗力 τ は上の r の函數でありて $\tau = f(r)$ τ - r 曲線を剪斷の應力對歪の曲線と云ふ。この關係を (1) に代入する時は

$$M = \frac{2\pi}{\theta^3} \int_0^{r_a} f(r) r^2 dr \quad (2)$$

茲に $r_a = a\theta$ である。即ち θ° だけ振れたる時の振りモーメ

(1) 東北帝國大学工学部助教授 (2) 本誌