

金屬並に合金折れ口 (Fracture) の 4 型式

(第 2 報、單相の部の結論)

飯 高 一 郎

4 TYPES OF FRACTURES OF METALS AND ALLOYS. PART 1. PURE METALS AND MONO-PHASE ALLOYS. (2nd. REPORT)

By Ichirō Itaka,

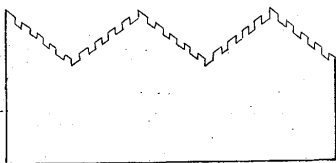
SYNOPSIS:— The experimental results contained in the 1st. report were discussed from another angle and the 4 types were described in more exact and perfect form. A few new data were also added.

- Type 1. Transgranular. Separation occurs along cleavag planes or "Spaltfläche". Fineness of fracture coincides with grain size. Very rough fracture as shown by *Bi* and *Zn*.
- Type 2. Transgranular. Slipping occurs along slip planes. Fracture is generally very much finer than grain size, fineness is equal with the width of one to three slip bands or with the width of a twin. Very fine fracture as shown by annealed brasses and brozes.
- Type 3. Transgranular. Breaking occurs along the boundaries of dendrite stems and big branches, and even when they are crossed the zigzags of their sizes are revealed on the fractured surface. Very fine fracture as shown by most cast metals and alloys.
- Type 4. Intergranular. An abnormal fracture breaking along grain boundaries. Fineness coincides with grain size. Very rough fracture as shown by most metals and alloys broken at high temperatures.

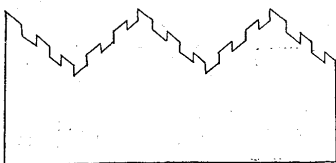
1. 第 1 報(鐵と鋼第 18 年第 8 號)に於ては實驗結果を稍詳細に記述したのであるが、茲には其の要點大綱のみを抜いて結論を正確に記述し且前報告に洩れたる一二の點を追加する。猶前回とは著しく異なる論述方法を採用する事とする。

折れ口を肉眼で見た時の粗密度 (Fineness 又は Roughness) は表面の粗い凸凹に依るものではなくて細かいギザギザの凸凹に依つて定まるものである。第 1 圖甲と

第 1 圖甲 密なる折れ口



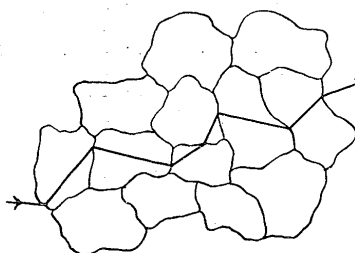
乙とを比較するに粗い凸凹は同じ大きさであるにも拘らず甲は折れ口が密で乙は甲の 2 倍許り粗い折れ口を呈するのである。



第 1 圖乙 粗なる折れ口

Grain, Dendrite, Slip band 等の所謂組織要素と破壊の通路との

第 2 圖 第 1 型折れ口



關係に立脚して折れ口を次の 4 型式に分類せんとするのが著者の提案である。

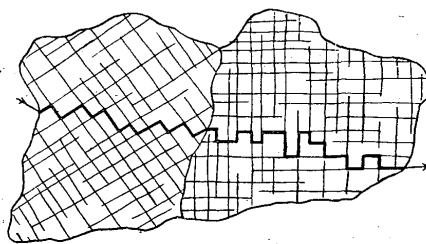
第 1 型. Grain を横切り (Transcrystalline, Transgranular, Across the grain) 劈開面 (Cleavage, Spaltfläche Reiszfläche) に沿つて割れる。Fracture の Fineness は Grain Size と一致する。

粗い不良の折れ口である。Bi, Zn の如き Brittle のものが之に屬する。破壊の通路は第 2 圖の如くである。折れ口には Grain と同大同形で色々に傾いた澤山の劈開平面が現れてキラキラ光つて居る。

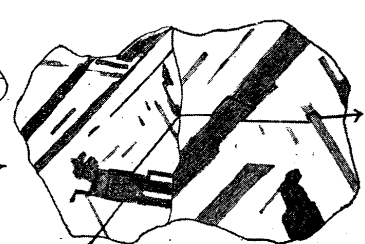
第 2 型. Grain を横切り滑り面 (Slip Plane) に沿つて滑り Grain が延びた後に折れる。Fineness は 1 本乃至 2,3 本の Slip band の幅と一致する (Twin が存在すれば Twin の幅と一致する)。

緻密の良好の折れ口である。焼鈍した眞鍮、青銅類の如き Ductile のものが之に屬する。破壊の通路は第 3 圖甲、乙の如くである。1 つの Grain 内には數 10 本の

第 3 圖甲 第 2 型折れ口



第 3 圖乙 第 2 型折れ口

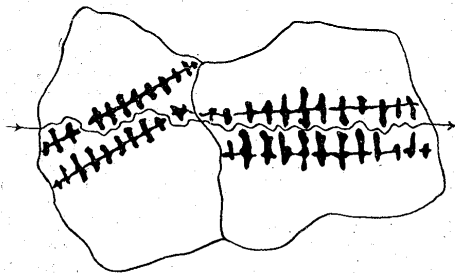


Slip bands があるから Fineness は Grain size より 10 數分の 1 乃至數 10 分の 1 緻密になる譯である。第 1 型と違つて劈開面は現れない。滑り方が少ない場合には第 1 型に類似し Fineness は Grain Size と一致する事もある。破壊の通路が Twin に突き當れば其の平行せる境界面に沿つて進み Twin の幅だけの凸凹を生ずるから Fineness は Twin の幅と一致する。

第 3 型。Grain を横切り Dendrite の幹や大枝の境界に沿つて折れる (Along the dendrite boundaries)。力の具合で之等を横切らねばならぬ場合にも之等の太さだけの凸凹を生ずる。Fineness は Dendrite の幹や大枝の Size (太さ及び間隔) と一致する。

緻密の良好の折れ口である。通常の純金屬並に合金は大抵此の型に屬する。破壊の通路は第 4 圖の如くである。

第 4 圖 第 3 型折れ口

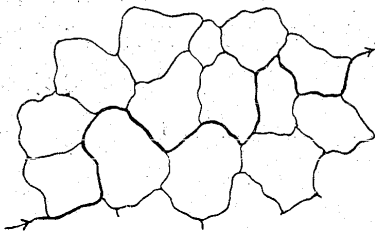


Dendrite の太さ及び間隔は Grain の直径の 10 數分の 1 乃至數 10 分の 1 であるから Fineness は Grain Size より 10 數分の 1 乃至數 10 分の 1 緻密となる。

第 4 型。Grain の境界に沿つて (Intercrystalline, Intergranular, Along the grain boundaries) 割れる。Fineness は Grain, Size と一致する。

粗い不良の折れ口である。熔融點近くの高温度で折ればどんな Ductile の材質でも此の型に従つて折れる。破壊の通路は第 5 圖の如くである。Normal の折れ口ではな

第 5 圖 第 4 型折れ口



い。過熱、不純物の析出等の不良原因に依つて起る。Abnormal の折れ口である。

以上 4 型式の内第 3 型式は新たに発見されたものであり、第 2 型式も従来上記の如く明確に研究表明されて居なかつたものである。

2. 次に之等 4 型式の代表的折れ口に就て Fineness を與へるギザギザの凸凹の幅、Dendrite の太さ或は間隔、

又は Dendrite が樹状をなすして Network をなす場合にはその直径、Slip band や Twin の幅、Grain の直径等を表示しよう。之等の値は非常に不揃いのものであるから第 1 表に於ては最小程度と最大程度との兩値を擧げて

第 1 表 4 型式の Fineness と組織要素との關係

型式	材 料	Fineness × 100	Dendrite の太さ又は Network の直径 × 100	Slip band 又は Twin の幅 × 100	Grain 直 径 × 100
第 1 型	銅棒 (C=0.15%)	0.7—3mm	なし	なし	0.7—3mm
	蒼鉛 (金型鑄造)	30—300"	なし	なし	30—300"
第 2 型	7:3 眞鍮 (金型焼鈍)	1—6"	なし	0.5—3mm	15—250"
	青銅 Sn10% (")	2—10"	なし	0.8—13"	200—1000"
第 3 型	純 銅 (金型)	1.5—7"	2—7	なし	30—100"
	コンスタンタン (")	0.5—3"	0.5—2	なし	5—40"
第 4 型	飯高メタル (高温度にて折る)	75—750"	10	なし	75—750"

大きさの範圍を示す事とした。第 6 圖は此の表を圖示したもので次の如くにして畫かれてある。例へば第 2 型の 7:3 眞鍮の Fineness は 100 倍にした値が 1—6mm であるから 1, 2, 3, 4, 5, 6mm の幅を持つ 6 つの凸凹を 1 直線上に順次に列べ且つ繰り返して畫く。Dendrite, Twin, Grain, 等に就ても同様に畫く。第 4 型だけは 100 倍でなくて 10 倍に畫いてある。第 6 圖に依つて次の事實が明瞭である。

Fineness は第 1 型と第 4 型とでは Grain Size と一致し、Dendrite size 等とは關係しない。第 2 型では Slip band 又は Twin の幅と一致し、Grain size には關係しない。第 3 型では Dendrite の太さ間隔又は Dendrite Network の直径と一致し、Grain size には關係しない。

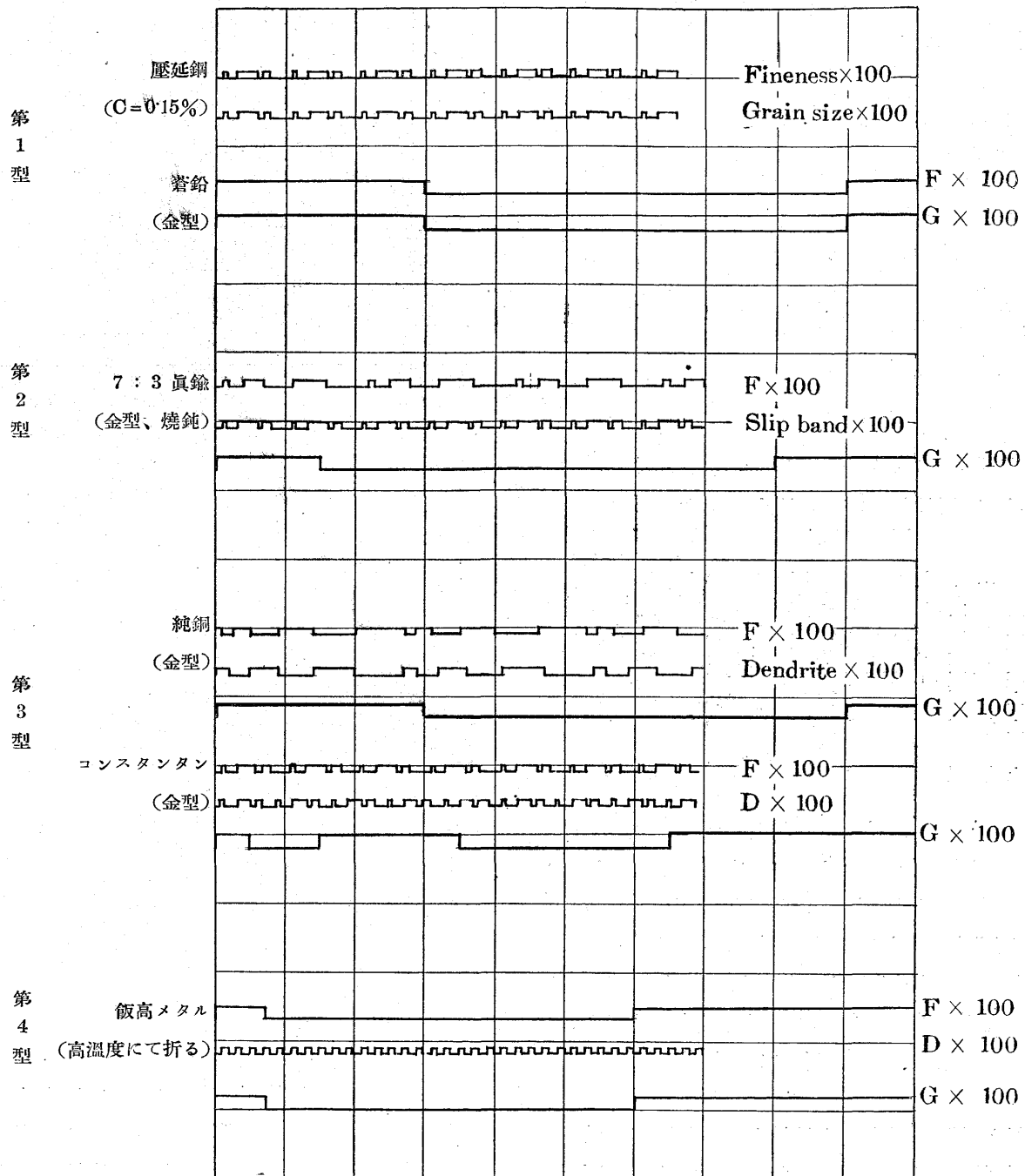
3. 第 3 型は著者の発見した型式である。純金屬並に合金の大多數は實に此の新型式に屬し其の例は枚舉に暇がない。第 2 表には 10 例を示した。Fineness と Dendrite

第 2 表 第 3 型折れ口の Fineness と組織要素との關係

材 料	Fineness × 100	Dendrite の 太さ又は其の Network の 直径 × 100	Grain の 直径 × 100
純 銅 (金型)	1.5—7mm	2—7mm	30—100mm
アルミニウム (")	1.5—15"	1.5—15"	15—200"
鑄 銅 (砂型)	5—16"	6—16"	200
コンスタンタン (")	1—10"	2—8"	50—200"
コンスタンタン (金型)	0.5—3"	0.5—2"	5—40"
青 銅 (5%) (砂型)	1—5"	2—5"	70
砲 金 (金型)	5 以下	0.5—1.3"	30—300"
シルダン青銅 (砂型)	1.5—7"	2—7"	30—300"
眞 鍮 (7:3) (金型)	10mm 以下	0.4—4"	20—170"
グ ル ミ ン (")	10mm 以下	1—4"	50—300"

size とは常に同じ Order であるが獨り Grain size だけは常に著しく大きくて全く Order を異にする。次に同じ湯を用ひて種々なる條件の下に鑄込んだ砲金インゴット

第6圖 組織要素(Dendrite, Slip band, Grain 等) と Fineness との関係



に就ての結果を第3表と第7圖とに示した。第7圖に於ては第3表の Fineness, Dendrite, Grain の直径を示す数字の平均値を縦軸に採つてある。Grain size の大小の順に左から列べてあるが、Fineness 及び Dendrite size の大小の順は之と一致しない。此の圖及び第2, 3表から次の結論を得られる。

第3型式では Fineness は常に Dendrite size に等しい。Fineness は常に Grain size の数10分の1に當る。Fineness 並に Dendrite size は Grain size に比例する事もなくて全く無関係である。

4. 種々の合金又は色々の處理(Treatment)を受けた合

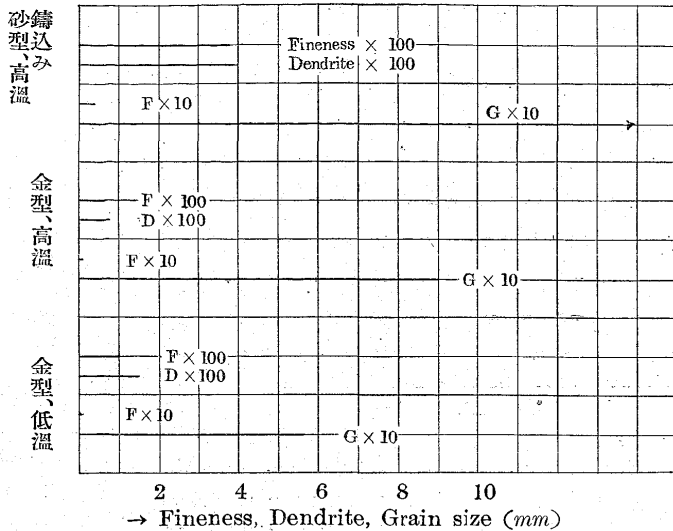
金で而も同じ Fineness の折れ口を呈するもの Dendrite Slip band, Grain の size を第4表に示した。太字に入れた数字は Fineness と一致するものである。此の表から次の事實が明かとなる。

Fineness を定める因子(第1,4型の Grain size, 第2型の Slip band 或は Twin の幅、第3型の

第3表 砲金の Fineness と組織要素との關係

鑄込み條件	Fineness × 100	Dendrite の太さ × 100	Grain の直径 × 100
低温鑄込み(金型)	0.6—1.7 ^{mm}	0.5—2.5 ^{mm}	13—100 ^{mm}
高温鑄込み(〃)	0.3—1.0〃	0.5—1.0〃	13—180〃
高温鑄込み(砂型)	0.5—7.0〃	2.0—6.0〃	25—250〃

第7圖 砲金の組織要素と Finesse との関係



第4表 同じ Fineness の材料の Grain, Dendrite, Slip band.

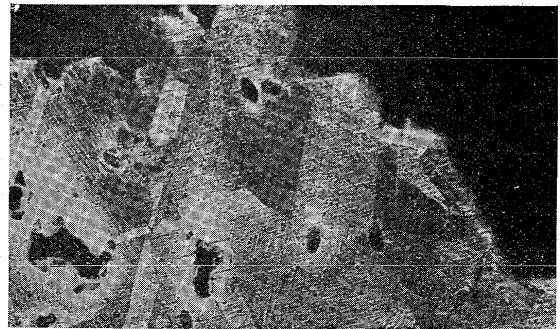
材料	處理	型式	Fineness $\times 100$	Dendrite, 太さ $\times 100$	Slip band, 幅 $\times 100$	Grain, 直徑 $\times 100$
軟鋼	壓延	第1型		なし	なし	0.5—3mm
7:3 眞鍮	金型	第3型	10mm以下	0.4—4mm	なし	20—170"
同上	同上	焼鈍第2型	大體は	なし	0.5—3mm	15—250"
砲金	金型	第3型	1—5mm	0.5—1.3"	なし	30—300"
クルミン	同上	第3型		1—4"	なし	50—300"
コンスタンタン	同上	第3型		0.5—2"	なし	5—40"
アルミニウム青銅 (6%)	同上	第2型		なし	0.3—2mm	30—150"

Dendrite size,) の size さへ等しければ違つた合金でも違つた形式の折れ口でも違つた處理を受けた合金でも又 Grain の大小に拘らず常に同じ Fineness の折れ口を現すものである。従つて見た所は同じ Fineness の折れ口でも一歩進んで考察すれば 4 つの型式があるので、若し第 2, 第 3 型ならば良好であるが、第 1, 第 4 型ならば不良の折れ口と見做さねばならない。

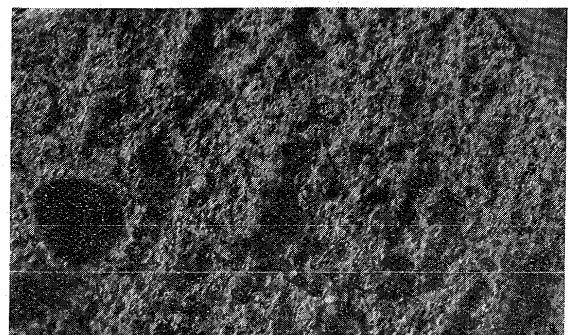
第 2 型式補遺。眞鍮や青銅類を焼鈍すれば多數の Twin を生ずる事寫眞第 1 の如くである。材質としては Ductile の良好のものである。かゝる材料を折れば破壊の通路は勿論滑り面に沿ふのであるが、通路が Twin に突き當れば Twin の平行せる境界面に沿つて進み、或所まで進行すれば Twin 内の滑り面に沿つて之を横切り、横切り終れば又平行の境界面に沿つて進む、従つて Twin の幅だけの凸凹を生ずるので折れ口の Fineness は Twin の幅と一致する事になる。之等の關係は第 3 圖乙に示してある。寫眞第 2 は寫眞第 1 に示した青銅を折り、之を縦に切断し、その切断面を研磨腐蝕したもので折れ口の側面を示す。之を見れば破壊の通路に關して上に述べた處を良く實證して居る。寫眞第 3 は折れ口の實物寫眞で 10 倍大に



寫眞第 1
 $\times 100$
 Sn 10%
 Cu 90%
 金型鑄造、800° 5 時間焼鈍



寫眞第 2
 $\times 100$
 同折れ口の断面



寫眞第 3
 $\times 10$
 同折れ口

撮影してある。此の寫眞から折れ口の凸凹の幅を測れば 0.02 乃至 0.08mm である。實物に就て折れ口の凸凹の幅を蟲眼鏡で測れば 0.05mm 以下である。寫眞第 2 からこの凸凹の幅を測れば 0.02 乃至 0.10mm である。故に折れ口の Fineness を 0.02 乃至 0.10mm と見做して誤りはない。寫眞第 1 から Twin の幅を測れば 0.008 乃至 0.13mm であるが 0.008mm 程度のものは寫眞に於て 0.8mm 程度に現れて居る所の最も細い Twin で、かゝる細いものは單獨に凸凹を作り得ないのであるから Fineness を與へる Twin の幅はもつと太いものだけであらう。乃ち Twin の幅は Fineness とよく一致すると見做し得られる。Grain は非常に大きくて寫眞には見えないけれ共その直徑は 2 乃至 10mm であるから Fineness とは全く Order を異にする。