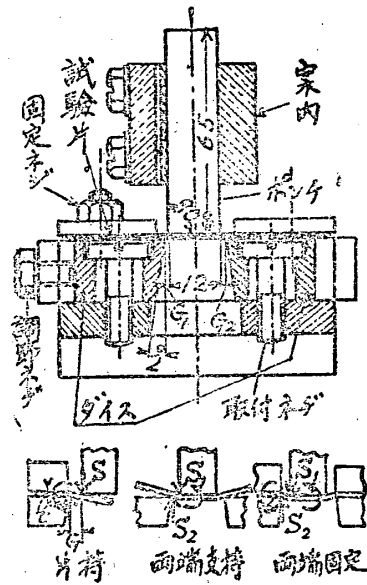


超デュラルミン合せ板 SDC について、二つの直線的固體剪斷稜の間の剪斷、及びゴムと固體稜の間で切斷する場合、合せて方向性顯著な板の歪特性を調べたので、それらの結果を報告する。

II. 剪斷の實驗方法及び装置

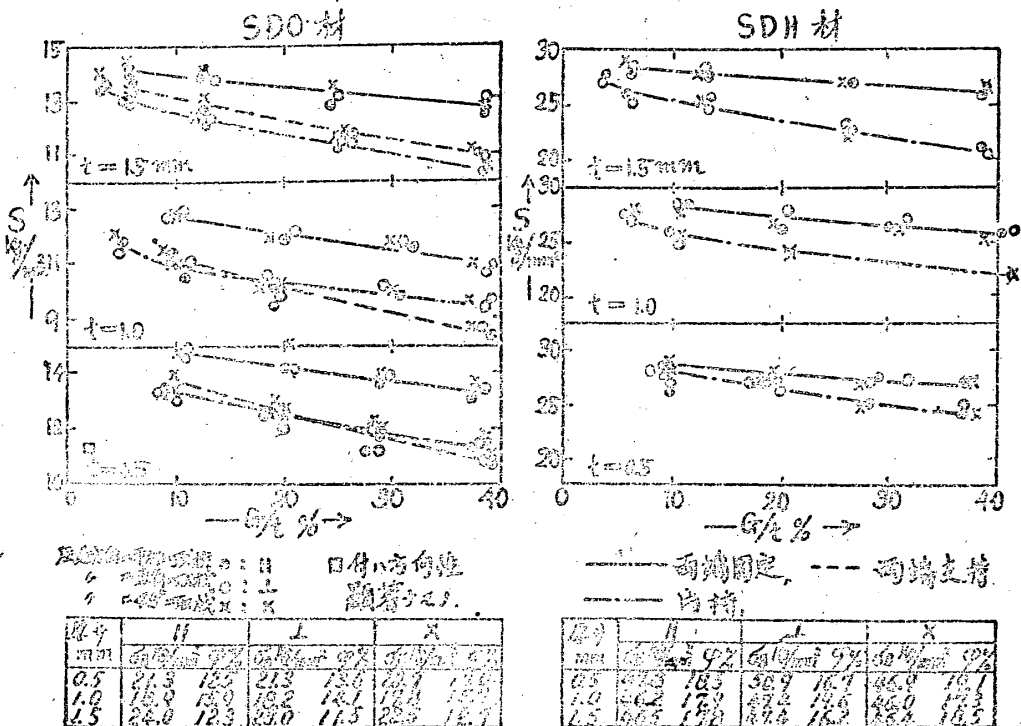
剪斷される形状は一般に多種多様であるが、直線に沿つて剪斷されるのが一番基本的と思へるので、直線剪斷稜の場合を取扱つた。これでも第1圖の下に示す様に一對の剪斷稜を用ひ、加工される試片の一端をダイス側に固定し、ポンチ剪斷稜を動して切る片持剪斷と、二對の剪斷稜を用ひ、試片をダイス側の2個の上に支へ、その間でポンチの兩側の稜で切る 兩端支持と、又試片の兩端をダイス側に固定する 兩端固定の場合がある。更に一對の稜が互に平行な場合と、その間の鈍み角  $\mu$  が0でない場合がある。以上の様な場合の實驗に用ひた装置の略圖が第1圖で、枠にダイス側剪斷稜を取付ネジで固定し、その上に試片をのせ、固定の時は枠に付いた固定ネジと抑へ板でダイスに抑へつけて固定し、一方枠に固定した案内の中をポンチが這る様にし、枠全體を材料試験機に取付け、ポンチの外端を押せば板は剪斷される。片持の場合是一方のダイスのみを使ふ。試片の厚さは0.5~1.5mmで、巾は約10mm、長さ約50mmである。

剪斷の際第一に問題になるのは稜間の間隙  $G$  で、



第1圖 剪斷實驗装置の略圖

普通板厚の5~15%位が最適とされて居るので、5~40%の範圍を實驗した。實際の寸法は0.05~0.6mmで、小さい方は調節が仲々困難で、稜は油砥石で磨き、ポンチとダイスの稜を同一平面内に置き、ダイス孔の裏から顯微鏡で覗き、接眼微測計で測定し、剪斷長さ約10mmの全長に亙り $\pm 0.005$ mm以内で均一である様調節ネジで繰返へし調節、固定して用ひた。



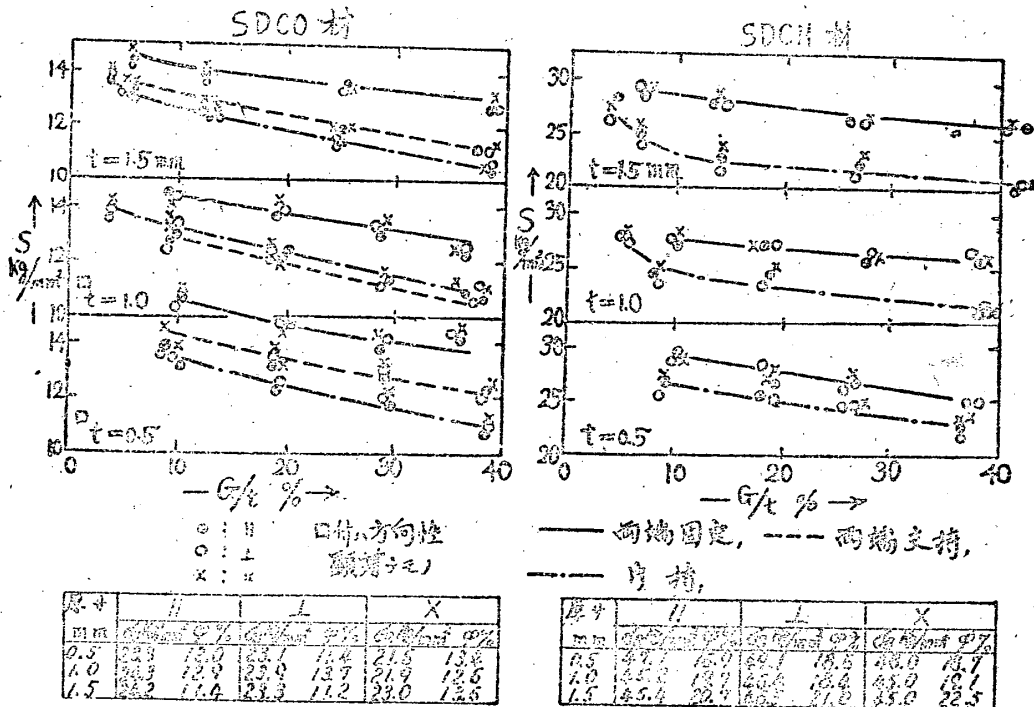
第2圖 SDO, SDH の剪斷實驗結果

III. 剪斷實驗の結果

被加工材料は焼鈍板 SDO, SDCO, 焼入時硬板 SDH, SDCH で、夫々厚さ0.5, 1.0, 1.5mmの合計12種類である。第2圖はSD板の結果で、何れも横軸は稜間隙  $G$  を板厚の % で示し、縦軸はポンチにかゝる最大剪斷抵抗  $P$  を剪斷部面積即ち剪斷長さ  $L$  × 板厚  $t$  で割つた單位剪斷抵抗  $S$  である。何れの場合も壓延方向に平行に取材し、直角方向に剪斷される物、壓延方向に直角に取材し、平行方向に剪斷される物、45° 方向に取材し、45° 方向に剪斷される物を實驗し、方向性を示すか否かを調べた。左の一番上はSDO, 厚さ1.5mmの結果で、實線は兩端固定の場合で、 $G$  が約5%では  $S$  は  $14.5 \text{ kg/mm}^2$  であるが、 $G$  が増すと共に略直線的に減小し、約40%では  $13.5 \text{ kg/mm}^2$  となる、點線は兩端支持で、傾向は略同様であるが  $S$  は全體に10~20%小さい。鎖線は片持の場合で兩端支持に近い結果を示して居る。又剪斷の方向の違ふ試片の間では  $S$  の規則的の違ひは認められず、従つて方向性は認め難い。中央は厚さ1.0mmの場合であるが、全て同傾向を示し、又値も等しい程度である。下は厚さ0.5mmの結果で、矢張り同様

な事が云へる。特にこの板は深絞り加工を行つた場合耳<sup>(4)</sup>の發生著しく、方向性が顯著であつたが、 $S$ にはその傾向は認められない。更に最下に引張試驗結果を示してあるが、一般に抗張力  $\sigma_B$  は壓延方向に平行に取材し引張つた物が一番高く、45° 方向が一番低い傾向があるが、その差は數%を越えない程度で、一方伸率  $\phi\%$  は45° の方向が一番高く、特に0.5mm板では顯著である。 $S$ は兩端固定の場合に  $\sigma_B$  の70~55%で、他は60~45%の値を示し、板厚の差の影響は殆んど認められない。右はSDHの結果であるが全て前者と同傾向で、 $S$ は  $\sigma_B$  の65~45%の範囲にあり又殆んど方向性を示さない。引張り試驗結果は壓延方向に直角に取材し、引張れる物が  $\sigma_B$  は最高である傾向を示し、又深絞り試験では耳は出ない。

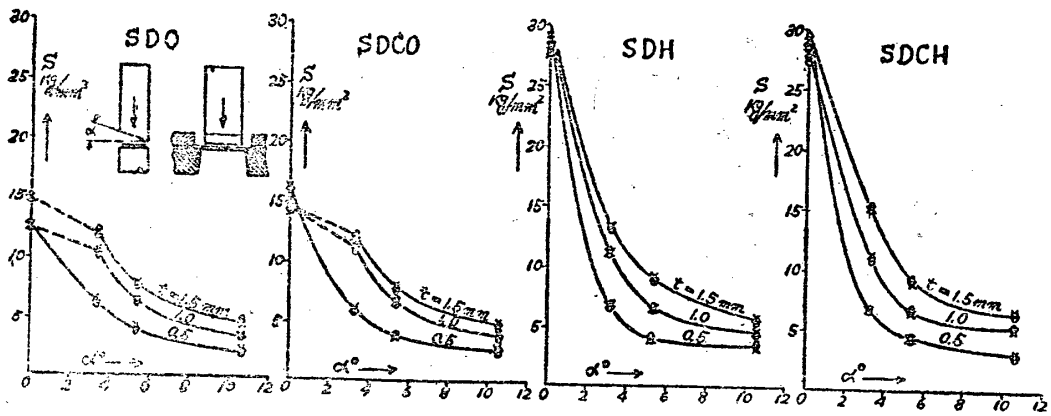
第3圖はSDCの結果で、左はSDCO板であるが全てSDの場合と同様な傾向を示し、1.0mm, 0.5mmの板は深絞り加工に對しては方向性が顯著であるが、 $S$ は45° 方向の物が幾分高いかの如き傾向を示すが、その程度は實驗の誤差程度で、方向性を示すとは云ひ難い。右のSDCHについても全て前者と同傾向で特に注意すべき事はない。



第3圖 SDCO, SDCH の剪斷實驗結果

以上を通じて兩端固定の場合が他よりも  $S$  が大きいのは奇異に感ぜられる。剪斷の機構は稜が楔の様に喰込み、應力集中を起し、極く局部的に大塑性變形を生じて後破斷する現象で、解析は殆んど不可能である

から理由は適確には説明出来ないが、固定の場所には第1圖の下に示す様に固定モーメントがある管で、剪斷稜の喰込む側に壓縮應力を生ずるか、又引張應力を減小させる様に作用する管である。一方稜が喰込んで



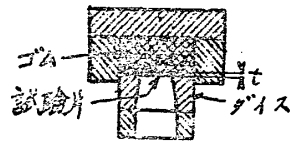
第4圖 剪斷に對する銜み角の影響

破壊する爲には引張應力を必要とするから、固定モーメントの作用に打勝つ爲により大きな剪斷力を必要とし、 $S$ が見掛上大きくなり、兩端支持は圖で見て片持の場合を上下逆にした者と見做されるので、兩者の $S$ が互に近い値を示し、且つ固定モーメントのない側から破壊するので $S$ は見掛上低いと解釋される。

以上は二つの剪斷稜が平行な場合であつたが、普通は銜み角を付ける事が多い。銜み角の影響を示すのが第4圖である。圖の様にポンチの剪斷稜を銜み角 $\alpha$ 丈ダイスの剪斷稜、及び試片の面に對して傾けてある。この際試片は全て兩端固定で、 $G$ は板厚の10%である。左端はSDOの結果で、横軸に銜み角 $\alpha$ をとり、縦軸は最高剪斷力 $P$ を剪斷面積即ち剪斷長さ $l \times$ 板厚 $t$ で割つた見掛の單位剪斷抵抗 $S$ である。 $\alpha=0$ は第2圖に相當し、 $\alpha$ が増すと共に $5^\circ \sim 8^\circ$ まで $S$ は急激に減小し、 $10^\circ$ になると $1/3 \sim 1/6$ に低下する。 $\alpha=0$ では $S$ は板厚 $t$ に影響されないが、 $\alpha$ を付ると $S$ は $t$ に對し略直線的な値を示すのは注目すべきである。猶方向性は殆んど示さない。更にSDCO, SDH, SDCHでは何れも同傾向で、特にH板では薄い板程低下が急激で、その程度も著しい。Krabbeは厚さ $10 \sim 20\text{mm}$ の鐵板に對し $10 \sim 20^\circ$ まで急激に低下する事を示して居るが、薄い程 $\alpha$ の小さい方に移動する様である。これらの場合には破壊は剪斷長さ全體に互つて一時に起るのではなく、小部分づつから次へと破斷するので、 $S$ は小さくなるのは當然であつて、その機構は後日又更めて論ずる心算である。

第5圖は二つの剪斷稜の上に試片を置き、その上にゴム片をのせ、ゴム片を通して壓力を加へて切斷する場合である。ゴムは力と直角の横方向に逃げない様に保持枠で周圍を抑へられて居り、剪斷稜の間の空隙部にある試片はゴムの壓力で膨れ出し、遂に稜の部分で破斷する。ゴムにかかる平均壓力に空隙部の投影面積を掛けた者を剪斷面積で割つて $S$ として示してある

材料	板厚	t mm	S kg/mm²
SDO	1	2.525	2.00
	2	1.525	3.25
	3	1.111	4.47
SDCO	1	0.530	6.27
	2	0.352	8.82
	3	0.262	11.38
SDH	1	1.017	4.28
	2	1.046	6.71
	3	1.038	8.87
SDCH	1	1.037	5.27
	2	1.054	7.60
	3	1.077	10.23



第5圖 ゴム切斷の結果

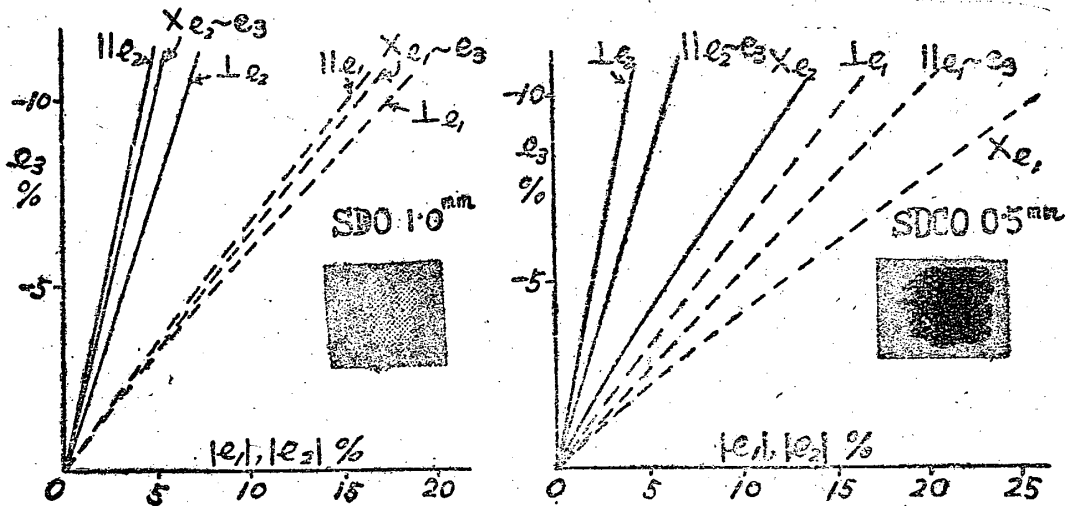
が、 $45^\circ$ 方向が最大で切れ難く、平行に取材した物が $5 \sim 10\%$ 小さく、又深絞りの耳の發生とは關係を認め難い。

### VI. 引張り加工に於ける歪の特異性

既に引張り加工における $\sigma_B$ ,  $\psi$ , 剪斷加工の $S$ には、耳の發生で示される深絞りに對する方向性に對應する特異性が見られない事を述べたが、從來取扱はれなかつた何等かの關係に特異性が存するのではないかと考へられる。そこで耳の凸出部は凹部に較べて板の厚み變化が少い事から考へて、引張り方向の歪 $e_1$ 、それと直角方向の歪 $e_2$ 、厚方向の歪 $e_3$ を精細に測定して比較した結果が第6圖である。方法は引張り試片の表面に巾 $5\text{mm}$ の縦線を刻んでおき、破斷後特に破斷個所の附近において線間隔の變化を測定して $e_2$ を算出し、同じ場所の厚み變化を測微指示計又はオプティメータで $0.002\text{mm}$ まで測定し $e_3$ を算出し、兩者は何れも縮みであるが、容積一定の假定 $(1+e_1)(1-e_2)(1-e_3)=1$ によつて引張歪 $e_1$ を出した。左は寫眞でも解る様に異方度の認められない場合で、實線は $e_2 \sim e_3$ の關係で、略直線的で、試片の取材方向即ち引張りの方向にあまり關係せず $e_3$ は $e_2$ より

異方度	剪断角	引張力 kg/cm <sup>2</sup>	伸率 %
-		6.9	17.8
	⊥	7.3	18.1
	X	10.8	18.2

異方度	剪断角	引張力 kg/cm <sup>2</sup>	伸率 %
0.14		20.1	23.7
	⊥	18.5	23.7
	X	19.8	23.7



第 6 圖 引張りにおける三主歪  $e_1, e_2, e_3$  間の關係

大きく、殆んど2倍に達する。點線は算出した  $e_1 \sim e_3$  の關係で、同様方向には殆んど關係しない。試片の形状の影響もあるが、厚みの方向に變形し易いのである。次に右は寫眞の様に耳が発生し、異方度 0.14 を示す場合で、實線の  $e_2 \sim e_3$  の關係は 45° 方向に引張りを受けた場合に顯著に異常を示し、巾の方向に厚みの方向よりも寧ろ變形し易い事を示す。點線の  $e_1 \sim e_3$  の關係にも特異性は現れて居る。即ち異方度を示す様な材料は普通測定される伸率に於て特異性はなくとも、破断箇所附近の様に歪の大きい範圍では  $e_2$  は  $e_3$  と同程度又は大きくなり得る。この事實は耳部の歪の絶対値間の關係と同傾向である。

V. 總括

以上述べた事を總括すると、

1) 厚さ 0.5~1.5mm の輕合金板を直線的剪断稜間で剪断する時、稜間隙が板厚の 5~40% では單位剪断抵抗  $S$  は  $\sigma_B$  の 70~45% で、間隙が増すと直線的に減小し、又兩端固定は兩端支持及び片持ちより 10~20% 大きい。猶板厚、及び剪断方向の影響は認

められない。

2) 剪断稜間に欠み角  $\alpha$  をつけると見掛の剪断抵抗は減小し、5~8° 附近まで急減し、薄い程減小が激しく、 $\alpha$  が同一なら厚みと略直線的に變化する。

3) ゴムを用ひて剪断する場合は壓延方向に 45° に剪断する場合が抵抗は 5~10% 他の方向より大きい。

4) 薄板は引張ると引張方向以外では厚み方向に變形し易いが、深絞りに対し耳を生じ方向性を示す物は、引張りでも厚み方向と巾方向は同程度に變形し特異性を示し、耳部の歪の絶対値間の關係と同傾向である。以上の研究に對し補助費用、並びに種々便宜を與へられた學術研究會議、日本學術振興會に深く感謝する。

文獻

- (1) E. V. Crane: Plastic Working of Metals.
- (2) E. Krabbe: Stanztechnik.
- (3) G. Oehler: Feinm. Präz. Jg. 51 H. 11/12 pp. 133.
- (4) 福井伸二: 理工研報告 1 卷 2 號 27 頁.