

林 産 の 部

帯鋸のアサリ歯仕上げ法の研究 (第1報)

スエージ加工による鋸歯先の変形

枝 松 信 之⁽¹⁾
大 平 裕⁽²⁾

I 緒 言

製材用帯鋸のアサリ歯には撥型アサリ歯(SWAGE-SET TOOTH)と振分アサリ歯(Spring-set Tooth)の2種があり、そのアサリ出し方法も全く異なる。前者はスエージ (SWAGE) により歯先を拡げるスエージ加工およびこれをシェーパー (SHAPER あるいは SIDE-DRESSOR) によりそろえるシェーパー仕上げの2段階の作業によりアサリ歯が仕上げられるのが普通である。すなわち、スエージ加工は撥型アサリ歯仕上げ作業の基本をなすもので、シェーパー仕上げにより撥型の調整がなされるとはいえ、撥型アサリ歯の大きさ、形状およびその精度を根本的に決定するものはこの作業であると考えられる。外国では自動的な SWAGING MACHINE も使用されているようであるが、現在わが国で用いられているスエージはすべて手動式の器具であつて、型式は多少異なるものもあるが、根本的な機構は自動的なものも含めて、全く同一であり、アンビル (ANVIL) とダイ (DIE) の間に鋸歯先を入れ、ダイを廻転させて歯先を変形させるようになつている。

撥型アサリの欠点として、そのアサリ出し操作が複雑であるということが往々にしていわれるが、これは従来、スエージの撥型形成の機構が充分究明されておらず、作業者は単にその経験と、かんのみによりにこれを操作するので、その習熟には時日を要し、あるいは鋸条件の変化にただちに対応することができないためであると思われる。

この報告は帯鋸のスエージ加工作業ならびにスエージ改良のための参考資料を得たいと考え、スエージ加工による帯鋸の歯先変形の状態につき理論的ならびに実験的な究明をこころみた結果である。

この研究を行うに際して、終始御指導を賜つた斎藤木材部長、黒田木材加工科長、ならびに供試鋸の歯型作成について御援助を受けた山口喜弥太技官に対して深く謝意を表したい。

なお、この報告の概要は、木材工業 Vol. 8, No. 12 (1953) に発表した。

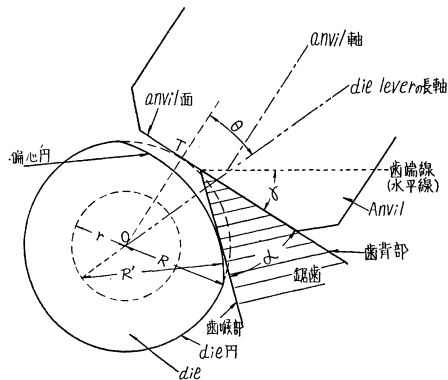
II スエージ加工の機構

1. スエージの機構の概要

スエージの主要部分をなすものはアンビルとダイであつて、その他はこれらを保持し、調整し、作用させるものおよびこれらと鋸との関係を固定するものにすぎない。すなわち、スエージ加工におけるスエージに関する条件としては、アンビルおよびダイについてのみ考慮すればよいといえる。

アンビル、ダイおよびスエージ加工される鋸歯の関係を模式的に示せば Fig. 1 のごとくなる。

(1) 木材部木材加工科製材研究室長 (2) 木材部木材加工科製材研究室員



- R : Radius of die circle.
 R' : Radius of eccentric die circle.
 r : Radius of circular locus by center of eccentric die circle.
 α : Sharpness angle of saw tooth.
 γ : "Slope of anvil".
 θ : "Die lever angle".

Fig. 1 スエージ加工における鋸歯とアンビルおよびダイの関係
Swage-die and anvil in their working position.

Fig. 1 に示すように、ダイの断面は半径 R のダイ円と半径 R' の偏心円とにより構成され、いわゆる "ECCENTRIC DIE" である。ダイ自身の廻転はダイ円の中心 O を中心としてなされ、これは普通、偏心円の弧を二等分するように、その長軸がダイに固定されているダイ・レバーにより行われる。そこで、ダイの位置を示すのに、ダイ・レバー長軸と O からアンビル面に直角に引いた直線 OT とのなす角 θ をレバー角度と称することにし、 θ によることとした。 θ の変化にともない偏心円の中心は移動し、中心 O 、半径 r なる円弧によつてその軌跡をあらわしうる。すなわち、 R 、 R' および r によりダイの断面形状が決定され、 θ の値によりダイの位置は示されるのである。

アンビル面はアンビル軸に垂直な正しい平面に仕上げられており、正しいスエージ加工が行われるとき、鋸の歯背線直線部分はこれに正確に密着すべきである。すなわち、アンビル面と水平面のなす角 γ をアンビル角度と称することにすれば、歯端線が水平になるように帯鋸をアサリ出し用クランプに取り付けたとき、アンビル角度が歯背角と一致するように調整された状態でスエージ加工が行われなければならない。アンビルの位置は上下し、固定することができる。アンビルの位置の変化にともない、当然アンビルとダイとの関係は変化し、挿入鋸歯の位置にも影響する。アンビル面がダイ円と切する位置までは、ダイの廻転は自由で、いかなるレバー角度をもとりうるが、アンビルの位置がそれ以下になると、とりうるレバー角度には限界を生ずる。

スエージ加工される鋸歯は Fig. 1 に示すごとく、アンビルとダイの間に挿入され、ダイの廻転によつて歯喉部に変形を生ずるとともに、鋸厚方向に歪を生じ、いわゆる撥型が形成される。この場合、鋸歯先の変形はその初位置によつて決定され、その初位置はダイの初位置、すなわちレバー角度、アンビルの位置および歯端角 α により決定される。

2. レバー角度

ダイ初位置におけるレバー角度と鋸歯の関係は幾何学的に考える。さらに、歯先の変形がダイの廻転と完全に一致した塑性的なものと仮定すれば、レバー角度と歯喉部変形状態の関係も同様に求められる。

アンビルとダイが切するような状態にある場合を考えてみると、ダイは自由に廻転できるから、いかなるレバー角度をもとりうる。鋸歯の歯喉線がダイ円と切するように位置するときは、ダイの廻転による歯喉部の変形は起らないから、まず、変形のため有効な鋸歯の位置を求めてみる。鋸歯の位置はダイ初位置、すなわち、レバー角度により決まるから、歯先変形に有効な範囲におけるレバー角度の変化にともな

うダイと鋸歯の接触点の軌跡を求めると、Fig. 2 の $MPSQM$ のようになる。図における接触点位置、レバー長軸位置およびレバー角度 θ の関係を表示すれば、次のとおりである。

接触点位置	レバー長軸	θ
M	Om_1	$-(k_1+k_2-\alpha)$
P	Op	$\alpha-k_1$
S	Os	α
Q	Oq	$\alpha+k_1$
M	Om_2	$k_1+k_2+\alpha$

k_1 および k_2 はいずれも、Fig. 2 における ΔP OO' の角で、次のようにあらわされる。

$$k_1 = \cos^{-1} \left(\frac{R'^2 + r^2 - R^2}{2R'r} \right)$$

$$k_2 = \cos^{-1} \left(\frac{R^2 + R'^2 - r^2}{2RR'} \right)$$

Fig. 3 に示すようにダイを廻転したときの歯喉部の変形深さを c とし、変形長さを f であらわすとき、スエージ加工による鋸厚方向の変形量（アサリの大きさ）は c に比例し、 f に反比例すると考えられるが、 θ と c および f の関係は Fig. 2 および 上述の接触点と θ の関係から求められ、 c 、 f はともに、 $\theta = \alpha$ のとき最大で、 $\theta > \alpha$ あるいは $\theta < \alpha$ のときは、対称的に減少することが分る。すなわち、Fig. 2 における Om_1 から Os までのレバー長軸の各初位置はそれに対応する Om_2 から Os までのそれらと全く同一の変形を生ぜしめる。ただし、歯型により、初位置のダイと歯喉線の接触点が、歯喉線の直線部分にない場合は、上述のような関係は得られなくなり、かなり複雑になる。

3. アンピルの位置

Fig. 4 において、ダイ円の中心 O を通り、アンピル面に垂直な直線とダイ円およびアンピル面との交点をそれぞれ T および T' とすれば、 $OT' \geq OT$ の場合は、ダイは自由に廻転しうから、いかなるレバー角度およびレバー停止角度（ダイを廻転後、レバーを停止するとき、その長軸と OT のなす角をこのように称することにする）をもとりうる。

$OT' < OT$ の場合はとりうるレバー角度およびレバー停止角度に限界を生じ、その最大のとき、アンピルとダイは接触するわけであるが、アンピル位置の変化にともなうこの接触点の軌跡は、Fig. 4 で示されるごとく、最大レバー角度においては ZXT となり、それに対する最大レバー停止角度においては ZYT となる。

アンピル位置を TT' であらわすことにすれば、 TT' とそのときとりうる最大レバー角度 θ_{max} の関係は次のようになる。

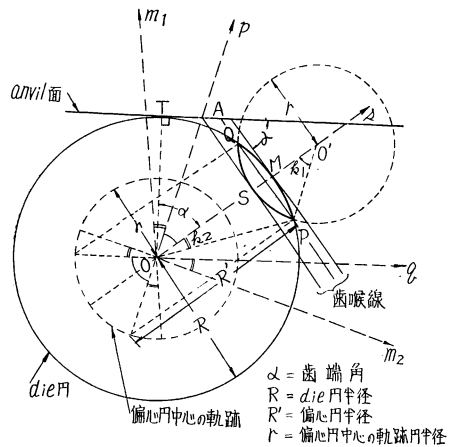


Fig. 2 レバー角度の変化にともなうダイと鋸歯の接触点の軌跡

Locus of osculating point of swage-die with saw-tooth by changing θ . (MPSQM)

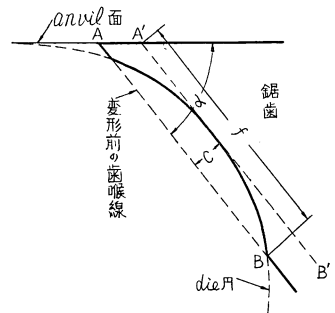


Fig. 3 スエージ加工による歯喉部の変形

Deformation at front of tooth after swaging. (c : Depth of deformation, f : Length of deformation, α : Sharpness angle.)

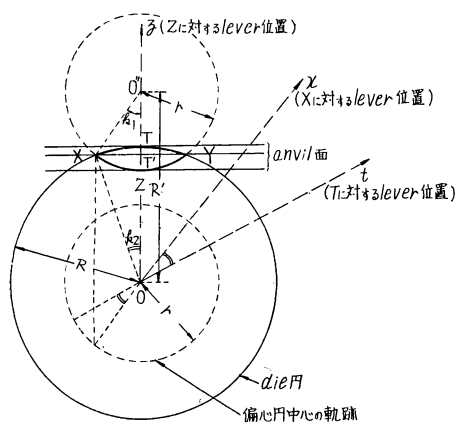


Fig. 4 アンビル位置の変化にともなうダイとアンビルの接点の軌跡

Locus of osculating point of swage-die with anvil by changing its position.

(ZXT, ZYT)

れる。しかし、 TT' の増大にともない、最大レバー停止角度は小となるから、咽喉部変形円弧の曲率は、ダイ円半径 R のみでなく、 R と偏心円弧の半径 R' の複合されたものとなり、最大レバー角度が $(k_1 + k_2 - \alpha)$ 以下になると、 c は $OT' = OT$ の場合の値より小となる。したがって、このような場合、アサリの出は減少するものと推定される。

$0 < \theta_{max} \leq k_1$ のとき、

$$TT' = r \cdot \cos \theta_{max} - (R' - R)$$

$k_1 \leq \theta_{max} \leq (k_1 + k_2)$ のとき、

$$TT' = R - R' \cdot \cos(\theta_{max} - k_1 - k_2)$$

2. で述べたのは $OT' = OT$ の場合であつて、アンビル位置が変化すると、咽喉部変形深さ c および変形長 f は次のようになる。

(i) $OT' > OT$ の場合

c の値は $OT' = OT$ の場合と同様であるが、 f は TT' の増大にともない大となり、アサリは出にくくなると考えられる。

(ii) $OT' < OT$ の場合

一般に c の値は $OT' = OT$ の場合と同様であるが、 f は小となるから鋸厚方向の変形量は大となると考えら

III 実験方法

1. スエージ

供試スエージは秋木型 (DISSTON 型) で、次のダイ条件のものである。

$$R = 4.75\text{mm}, \quad R' = 6.25\text{mm}, \quad r = 2.43\text{mm}, \quad k_1 = 42^\circ 30', \quad k_2 = 20^\circ 15'$$

そのアンビルおよびダイのロツクウェル C 硬度は次のとおりであつた。

アンビル...69, ダイ...65

実験の際のレバー角度の調整は Fig. 5 で示すようにした。すなわち、アンビル調整用ネジの頭が平面

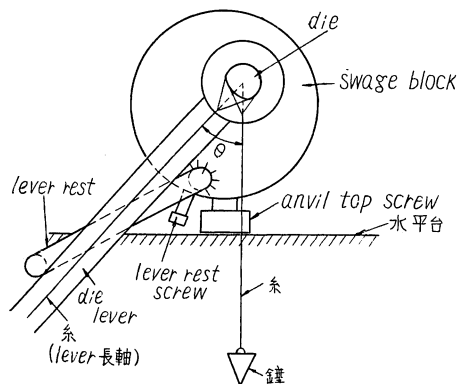


Fig. 5 レバー角度の調整
Setting of lever angle (θ).

で、アンビル面と平行であるので、これを基準として水平台上に置き、ダイレバーを動かして、図のごとき 2 本の糸の間の角が希望の θ になつたとき、レバーを止め、それに「レバー止め」を合わせて「レバー止めネジ」で固定した。なお、実用的には、Fig. 5 に示すように、「レバー止め」の廻転部にレバー角度を示す目盛りを付し、これによつて所要のレバー角度にセットするのが便利である。

アンビルのダイに対する相関的な位置を示す TT' は、 $OT' < OT$ の場合は θ_{max} より算出したが、 $OT' > OT$ の場合は $OT' = OT$ のとき ($TT' = 0$) を

基準とし, 「アンビルネジ」の頭の出をダイヤル・ゲージで測定することにより求めた。なお, 大部分の実験においては, $OT' < OT$ としたから, アンビル位置を最大レバー角度 θ_{max} により示すこととした。

スエージ加工の場合のアンビル角度の調整は, 鋸を歯端線が水平になるようにアサり出し用クランプに取り付けたから, 鋸歯1枚ごとにつき, アンビルネジの頭に水準儀付測角器を置いて, 歯受用ブラケットのネジによつて, アンビル角度を歯背角に合わせるにより行つた。

2. 鋸

供試鋸は Table 1 の帯鋸3種である。

Table 1. 供 試 鋸
Saw blade for tests.

鋸 番 号 Saw No.	鋸 厚 Thickness of blade B. W. G.	厚 mm.	ロツクウェルC硬度 Reckwell C-Hardness			製 品 名 Trade name
			最 大 maximum	最 小 minimum	平 均 mean	
I	19	1.05	51	48	50	Munkfors
II	20	0.87	51	50	51	Munkfors
III	22	0.68	51	48	50	Lightning

供試鋸の歯型作製は次の要領で行つた。

(i) 歯距は $1\frac{1}{4}in$ とした。

(ii) 歯端角は最も重要な条件であるから, 所定の角度に研磨した後, さらに鋸歯1枚ごとにつき, 投影検査器で50倍に拡大した歯端角を測定し, 所定角度に対する偏差が $\pm 1^\circ$ 以内のもののみを供試鋸歯とした。

(iii) 計算により, ダイと歯喉線の接触位置を求め, 原則として, 接触点が歯喉線の直線部分にあるようにし, 歯背部の直線部分 (アンビルに密着すべき部分) の長さは歯端より $10mm$ 以上とした。

(iv) 研磨は自動研磨機によりできるだけいいに仕上げ, イバリを完全になくした後, スエージ加工を行つた。

(v) 各実験の歯型は Table 2 のとおりである。

3. 歯先変形の測定

スエージ加工実施後, 歯先の側面, 歯喉側および歯背側にそれぞれセロファン紙を押し付けて型取りしたものを投影検査器で50倍に拡大し, 紙に写しとつて得た Fig. 6 のような3つの図型より, 歯先変形状態の測定を, 次のように行つた。

Fig. 6 の I より歯喉部変形の変異点 C は明確に知りうるので, この点と歯背線および歯端角 α により, 変形前の鋸歯先 CAB が求められる。スエージ加工後は鋸厚方向および歯先方向にも変形しているので側面図 (I) の先端が不明確なため, 図のように, D 点 (変形円弧と AC の交点) を中心とし ($h-l$) を半径とする円弧と歯背線の延長線との交点を A' とし, A' を変形鋸歯先の先端とした。 l は各実験とも, 歯喉部変形円弧がダイ円の円弧と全く一致したので, 図における a を測定することにより算出し, 偏心円の円弧を含む場合も同様にした。

鋸厚方向の変形量は, 歯喉部の変形がなくなるまで研磨した状態 (研磨量 c) を基準として測定することとした。実際には, 歯喉部の凹部が多少残つたまま使用されるし, 歯背部も研磨されるわけだが, 変

Table 2. 供 試 歯 型
Shapes of teeth for tests.

歯型記号 Tooth mark	鋸 番 号 Saw No.	歯 端 角 Sharpness angle (°)	歯 背 角 Clearance angle (°)	歯 高 Depth of teeth (mm)	歯 型 図 Styles of teeth
A	I	40	28	14.0	(A)
B	I	50	27	14.0	(B)
C	I	45	27	14.0	(C)
D	I	40	27	13.5	(D)
E	I	55	17	12.0	(E)
F	II	50	21	10.0	(F)
G	III	50	21	9.5	(G)
H	III	50	24	13.0	(H)

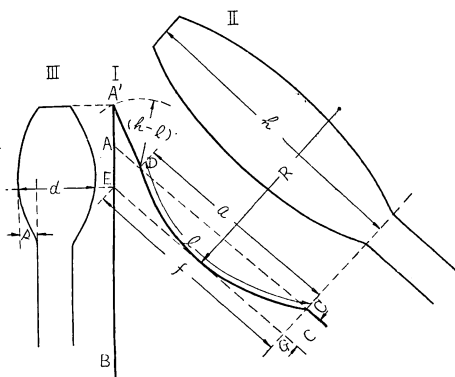


Fig. 6 スエージ加工による変形歯先の投影図
Projection of deformed tooth point after swaging. (c: Depth of deformation, d: Swage spread, f: Length of deformation, s: Swaging dimension = $(d - \text{thickness of saw blade}) \times 1/2$)

形量の比較としてはこのような基準で測定することが最も妥当と考えられる。Fig. 6 の GEB はこのような状態の歯先で、A' 点は歯背部撥型図の先端と一致するから、E 点の変形巾 d は図のごとく求められ、 d は研磨仕上げ後とりうる最大アサリ巾と考えられる。

けつきよく、Fig. 6 のような図型から次のものを測定算出し、これにより歯先変形状態を表示した。

c: 歯喉部の変形深さ

d: 歯先変形巾 (研磨仕上げ後の最大アサリ巾)

f: 歯喉部の変形長さ

s: 歯先変形の鋸面よりの出 (アサリの出) = $(d - \text{鋸厚}) \times 1/2$

なお、測定はスエージ加工の条件ごとに、鋸歯5枚

以上について行い、その平均値を求めた。

IV 歯 喉 部 の 変 形

前述したように、歯喉部の変形は変形深さ c および変形長さ f によつて示され、撥型形成の大きさ、すなわち、鋸厚方向の変形量は c に比例し、 f に反比例すると考えられる。

鋸厚の異なる3種の鋸につき、レバー角度 θ と c の関係を求めた結果は Fig. 7 のとおりである。Fig.

7に示すように、スエージの実用範囲と
考えられる $\theta = (\alpha - k_1) \sim \alpha$ (供試スエ
ージについていえば、 $\theta = (\alpha - 42^\circ 30') \sim \alpha$)
においては、実際の c の値は幾何学的に
求めた計算値より小となるが、計算式と
同様に次のような形で示しうる。

$$c = a \cdot \cos(\alpha - \theta) - b$$

したがって、鋸およびスエージが一定
であれば、 c の値は $(\alpha - \theta)$ によつて決
まるものである。一般に、 c の値はアン
ピルの位置に関係ないが、すでに述べた
ように、 $\theta_{max} < (k_1 + k_2 - \alpha)$ になるよ
うなアンピル位置では、幾何学的にも考
えられるように小となり、このことは後述する実験例においてもアサリの出が小さくなるという結果から
明確に知りうる。

実際の c の値が幾何学的に求めた計算値より小さくなるのは、鋸のスエージ加工による弾性変形がもと
にもどることや、鋸とスエージを固定するスエージのクランプ・スクリューの迂りやスエージのガタなど
に起因すると思われ、 c が増大するにつれその計算値との差が増大するのは、冷間変形によつて生ずる鋸
鋼の硬化による抵抗の増大のためと推定される。鋸厚の影響は Fig. 7 で明らかなように、薄鋸ほど c は
大きくなるようである。

要するに、 c は一般に幾何学的計算値よりやや小となり、その変形曲線は Fig. 7 のような形をとり、
これに影響する因子はスエージ一定の場合、主として鋸の材質および鋸厚であるといえよう。

f は幾何学的計算値と実際値がほぼ一致するようである。その θ との関係、鋸厚の影響および歯端角 α
の影響についての実験例をそれぞれ Fig. 8, 9 および

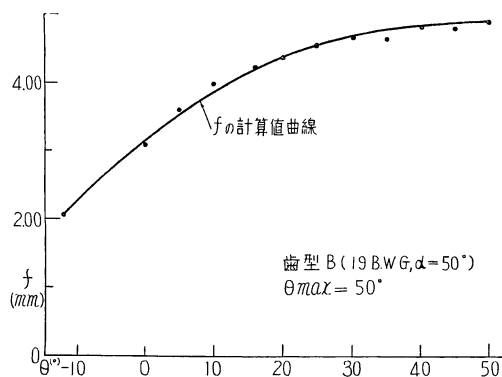


Fig. 8 レバー角度 (θ) と歯喉部変形長さ (f)
の関係 (アンピル位置一定の場合)
Relation of lever angle (θ) to length of
deformation at front of tooth (f).
(constant position of anvil.)

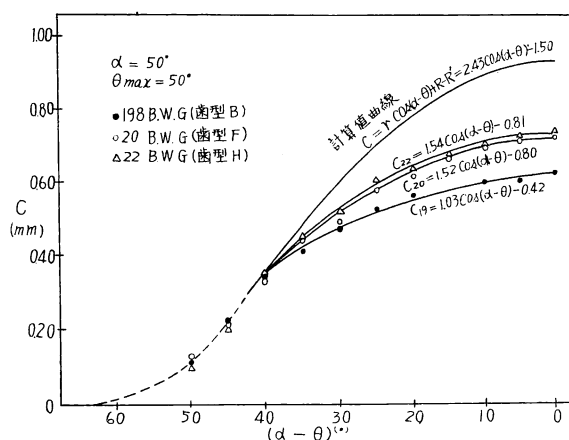


Fig. 7 レバー角度 θ と歯喉部変形深さ (c) の関係
Relation of lever angle (θ) to depth of deformation
at front of tooth (c).

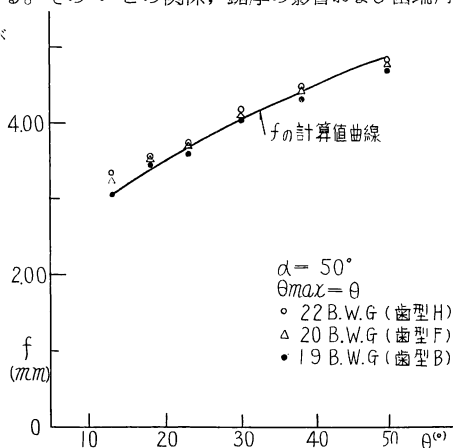


Fig. 9 レバー角度 (θ) と歯喉部変形長さ (f)
の関係 ($\theta = \theta_{max}$, 鋸厚の異なる場合)
Relation of lever angle (θ) to length of
deformation at front of tooth (f).
($\theta = \theta_{max}$, different thickness of
saw blade)

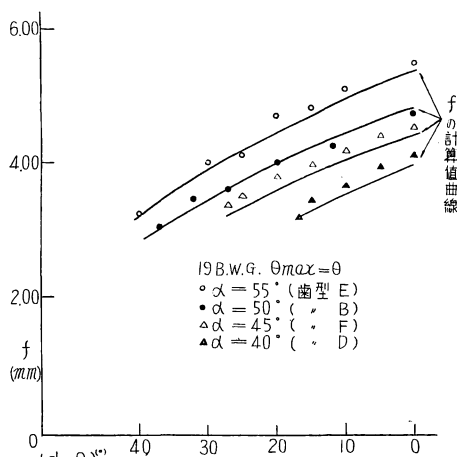


Fig. 10 レバー角度 (θ) と歯喉部変形長さ (f) の関係 ($\theta = \theta_{max}$, 歯端角の異なる場合)
 Relation of lever angle (θ) to length of deformation at front of tooth (f).
 ($\theta = \theta_{max}$, different sharpness angles.)

10 に示すが、いずれも計算値曲線にだいたい一致している。

V アンビル位置と撥型形成

スエージ加工により形成される撥型の実用的な価値は主としてその大きさにより決定されるが、これは幾何学的には求められず、実験的方法のみによるほかない。スエージおよび鋸歯条件が一定であれば、撥型形成に影響する因子はアンビル位置とレバー角度であるから、まずアンビル位置の影響について実験的に考察を試みた。

実験条件としてのアンビル位置その他は、Table 3 のとおりとした。

$\theta_{max} \geq \theta$ でなければならぬことはもちろんであるから、 θ の大きさにより、とりうるアンビル位

Table 3. アンビル位置についての実験条件
 Swaging conditions in tests for relative position of anvil.

実験番号 Test No.		I						II			
アンビルとダイの関係 Relation between anvil and die		$OT' > OT$		$OT' < OT$				$OT' = OT$		$OT' < OT$	
アンビル位置 Relative position of anvil	Nc.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.
	$TT' (mm)$	0.20	0	0.07	0.36	0.65	0.87	0	0.12	0.41	0.74
θ_{max}		—	—	52°	40°	28°	13°	—	50°	38°	23°
歯型および θ Tooth style and θ		$A(\alpha = 40^\circ), \theta = 40^\circ, 28^\circ, 13^\circ$						$B(\alpha = 50^\circ), \theta = 50^\circ, 38^\circ, 23^\circ$			

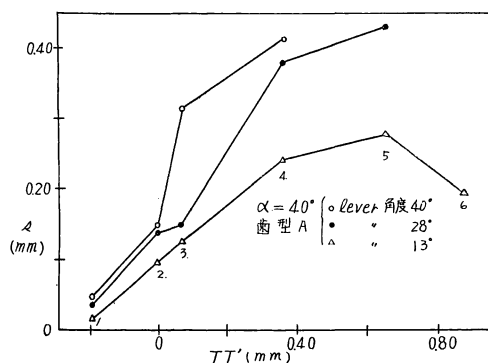


Fig. 11 アンビル位置 (TT') とアサリの出 (s) の関係 (Table 3—I の場合)
 Relation of relative position of anvil (TT' in Fig. 4) to swaging dimension (s).
 (conditions: Table 3—I)

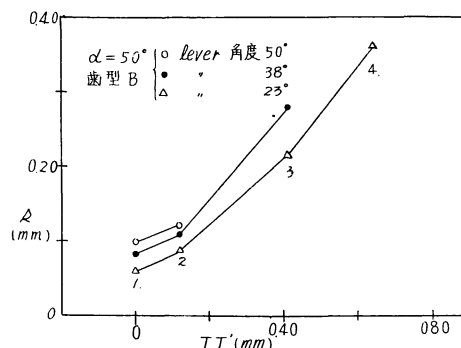


Fig. 12 アンビル位置 (TT') とアサリの出 (s) の関係 (Table 3—II の場合)
 Relation of relative position of anvil (TT' in Fig. 4) to swaging dimension (s).
 (conditions: Table 3—II)

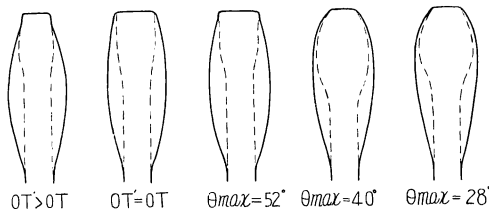


Fig. 13 Table 3—実験 I における撥型図
($\theta=28^\circ$ の場合)

Projections of swaged tooth in the
conditions of Table 3—I, $\theta=28^\circ$.

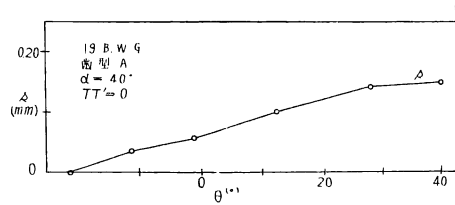


Fig. 14 アンビル位置一定の場合におけるレ
バー角度(θ)とアサリの出(s)の関係($TT'=0$)
Relation of lever angle (θ) to swaging
dimension (s) at the constant position
of anvil ($TT'=0$).

置は限定されるわけである。たとえば、実験 I において、 $\theta=13^\circ$ の場合は、1.~6. のアンビル位置をと
りうるが、 $\theta=40^\circ$ の場合は、1.~4. のアンビル位置しかとり得ない。このようにして、実験 I および II
について、 θ とアンビル位置の条件を組合わせてスエージ加工を行い、 TT' とアサリの出 s の関係を求
めた結果はそれぞれ Fig. 11 および 12 のとおりで、Fig. 13 は実験 I において $\theta=28^\circ$ の場合の撥型図
を例示したものである。これらの結果から、 θ が一定の場合、アンビル位置によつて決まる θ_{max} の値が
小さいほど、すなわち、アンビルがダイに接近するほど、 s の値は大となり、 $\theta=\theta_{max}$ のとき最大とな
ることがわかる。ただし、 $\theta_{max} < (k_1 + k_2 - \alpha)$ となると、すでに述べたように、 c が減少するため上述
の関係は成立せず、 s の値は低下する。このような例は Fig. 11 の $\theta=13^\circ$ 、アンビル位置 6. ($\theta_{max}=13^\circ$)
の場合で、 $(k_1 + k_2 - \alpha) = 22^\circ 45'$ であるから、アンビル位置 5. の場合より s の値が低下している。

Fig. 11 および 12 について、同一アンビル位置におけるレバー角度の影響を見ると、 $\theta \leq \alpha$ では、 θ が
大きいほど s は大きい。さらに、アンビル位置一定 ($TT'=0$) として行つた実験結果も Fig. 14 に示す
ように、 θ の増大にともない、 s は大となり、 $\theta=\alpha$ で最大となつてゐる。しかしながら、上述したよう
に s は $\theta=\theta_{max}$ のとき最大であるから、いかなるレバー角度のとき最大の s が得られるかということ
は、各レバー角度において $\theta=\theta_{max}$ とした場合のスエージ加工の結果から判断されなければならない。

Ⅵ レバー角度と撥型形成

$\theta=\theta_{max}$ とした場合の θ と s の関係を求めるため、Table 4 のような各種歯端角の鋸につきスエー
ジ加工を行つた。

実験結果から $(\alpha - \theta)$ と s の関係を求めると、Fig. 15 のとおりで、Fig. 16 は $\alpha=50^\circ$ の場合の撥
型図を例示したものである。これらの結果から、次のことが考察される。

(i) s は一般にどの歯端角の場合にも、
($\alpha - \theta$) が一定値のとき最大で、それはこの実
験例の場合、 $(\alpha - \theta) = 20^\circ$ 前後の場合であつ
た。ただし、 $\theta_{max} < (k_1 + k_2 - \alpha)$ の場合は、こ
の関係は成立せず、たとえば、Fig. 15 にみら
れるように、 $\alpha=40^\circ$ の場合、 $(\alpha - \theta) = 20^\circ$ で
は $\theta_{max} = 20^\circ$ で $(k_1 + k_2 - \alpha) = 22^\circ 45'$ より小

Table 4. 供試鋸歯
Saw teeth for swaging test.

歯端角 Sharpness angle (α°)	歯型 Tooth style	$(k_1 + k_2 - \alpha)$	鋸厚 Thickness of saw-blade
55	E	$7^\circ 45'$	19B.W.G.
50	B	$12^\circ 45'$	
45	C	$17^\circ 45'$	
40	D	$22^\circ 45'$	

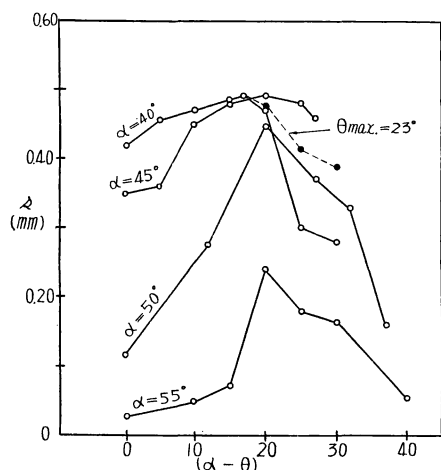


Fig. 15 $\theta = \theta_{max}$ の場合のレバー角度 (θ) とアサリの出 (s) の関係 (歯端角が異なる場合)
Relation of lever angle (θ) to swaging dimension (s) at $\theta = \theta_{max}$ (different sharpness angles.)

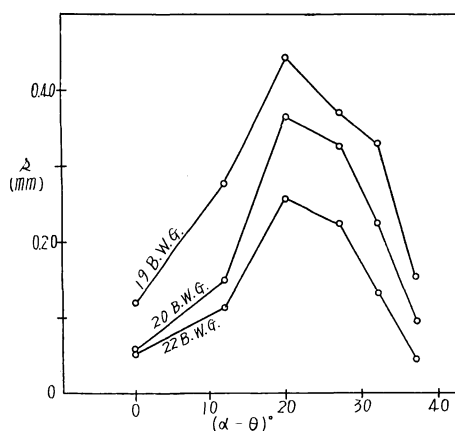


Fig. 17 $\theta = \theta_{max}$ の場合のレバー角度 (θ) とアサリの出 (s) の関係 (鋸厚が異なる場合)
Relation of lever angle (θ) to swaging dimension (s) at $\theta = \theta_{max}$ (different thickness of saw blade.)

るとはかぎらない。

歯背部はいわゆる背盛り歯のように、歯背線が直線をなさないものであつても、アンビル角度を歯背角に合わせさえすれば、直線をなす場合と同様に考えられるが、問題になるのは歯背角の大きであつて、これはそのスエージがある歯距に対していかなる範囲のアンビル角度をとらうかというスエージの歯型に対する適合範囲の問題である。すなわち、適合しない場合は歯端を受けるブラケットを改造するはかない。しかし、たとえば、この実験に供したスエージでは歯距 $1\frac{1}{4}$ in の場合、とりうるアンビル角度の範囲が $8^\circ \sim 30^\circ$ であつたように、市販のスエージは一般的な範囲では、当然適合するように作られているようである。

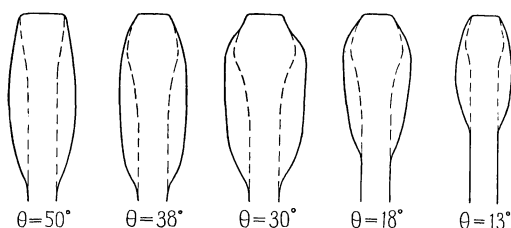


Fig. 16 Fig. 15 における $\alpha = 50^\circ$ の場合の撥型図
Projections of swaged tooth in the conditions of Fig. 15, $\alpha = 50^\circ$.

となるから s の値は最大とならず、だいたいの限界点である $\theta = 23^\circ$ 、すなわち、 $(\alpha - \theta) = 17^\circ$ において最大となつた。なお、この場合 $\theta < 23^\circ$ で、 $\theta = \theta_{max}$ ならしめず、 $\theta_{max} = 23^\circ$ に一定して実験した結果は Fig. 15 において点線で示したように、 $\theta = \theta_{max}$ の場合より s は大となつたが、限界点の最大値を超えなかつた。

(ii) s の値は α が大きいほど小さくなる。

(iii) $(\alpha - \theta)$ の変化にともない、 s はその最大値を頂点として山型を形成するが、その傾斜は α が大きいほど急である。

なお、歯端角を一定 (50°) にし、鋸厚の異なる 3 種の鋸 (鋸番号 I, II および III) につき、上述と同様の関係を求めた結果、Fig. 17 に示すように、 s は鋸厚に関係なく同様な傾向を示すが、その値は鋸が厚いほど大なることがわかつた。

Ⅶ 歯 型 の 影 響

上に述べてきたのは歯喉線および歯背線のダイおよびアンビルの作動に関連する部分が直線をなす一般的な歯型についてであるが、鋸の歯型はその性能を充分發揮するためには、このようなものばかりが用いられ

歯端から、直線と考へた歯喉線と初位置ダイの接触点までの距離を g とし、歯端からの歯喉線の直線部分の実際の長さを l とするとき、 $l > g$ で、歯喉線直線部分に初位置のダイが接触しうならば、スエージ加工における歯先変形はすでに述べたようになるが、 $l < g$ となるような歯型の場合には問題はさらに複雑となる。

たとえば、Fig. 18 は $\theta = \theta_{max}$ 、 $\theta = \alpha$ 、 $l < g$ の場合であつて、 $l > g$ であれば、初位置のダイは G で歯喉線と接触し、歯端は A' に位置するはずであるが、 $l < g$ であるため、歯端は A' まで挿入しえず A に止り、ダイとの接触点は E で、 F 点が見掛けの接触点となり、実際のレバー角度 θ より小さい θ' をとつた場合と同様な状態になる。しかもこの場合、 $\theta' < \theta_{max}$ であるから、すでに考察し

得たように、撥型形成の量は $l > g$ の場合より減少する。さらに、歯喉部の変形長は著しく大となり、撥型形成に役立たない余分な変形仕事をしなければならないことが考えられる。

このように $l < g$ である歯型の例として、22 B.W.G. の鋸で歯型 $G(\alpha = 50^\circ)$ を、さらに同一鋸で α は等しいが明らかに $l > g$ である歯型 H を作成し、これらにつき同一条件でスエージ加工を試み、歯先変形状態を測定比較した。歯型 G および H の l の長さはそれぞれ 2.20 mm および 5.15 mm で、 $\theta = \theta_{max}$ としたときの θ の変化 ($\theta \leq \alpha$) に対する g の値を算出すると、 $2.84 \sim 2.91 \text{ mm}$ である。

両歯型の歯先変形状態測定結果を比較すると、歯喉部変形深さ c は Fig. 19、変形長 f は Fig. 20、アサリの出 s は Fig. 21 に示すようになった。すなわち、すべての θ について、 f は G 歯型の方が大きく、 c および s は H 歯型の方が大きくなり、上に述べた推論とはほぼ一致するような結果となつた。なお、両歯型の θ と s の関係はだいたい同じような傾向にあると思われる。

以上の結果から見ても、スエージ加工に際して、 $g > l$ の場合には十分なアサりの出がえられぬから、一般的に好ましいことではなく、歯型を $l > g$ になる

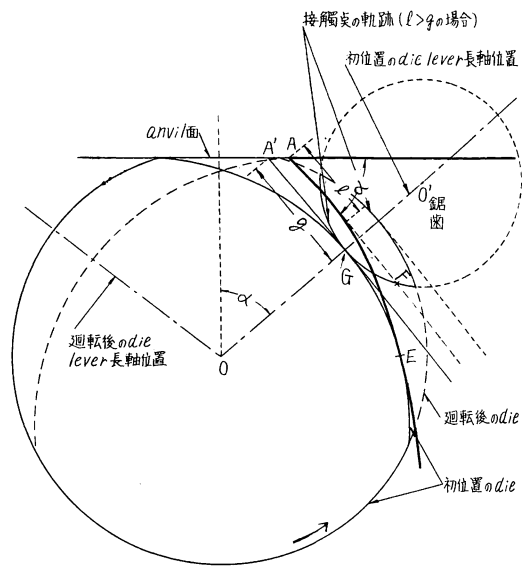


Fig. 18 スエージ加工による歯先変形に及ぼす歯型 ($g > l$ の場合) の影響

Effect of tooth style ($g > l$) on the deformation of tooth point by swaging. ($\theta = \theta_{max}$, $\theta = \alpha$)

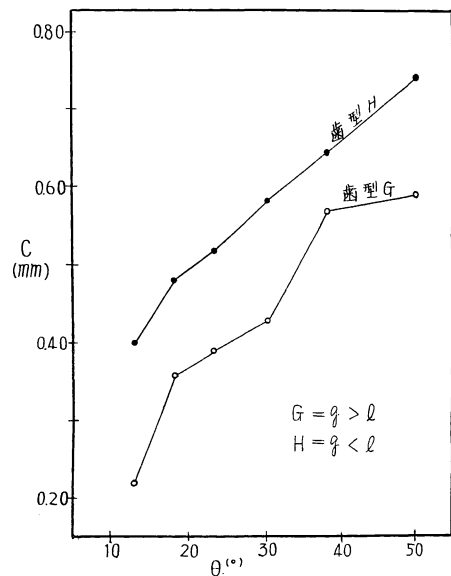


Fig. 19 歯型が歯喉部変形深さ (c) に及ぼす影響
 Effect of tooth style on the depth of deformation at front of tooth (c).

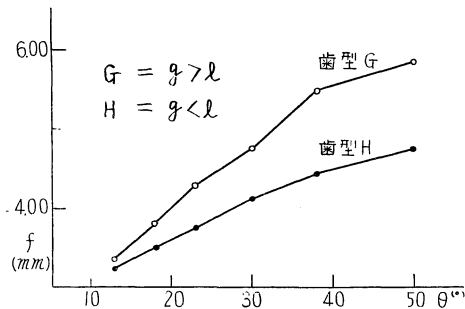


Fig. 20 歯型が歯喉部変形長さ (f) に及ぼす影響
Effect of tooth style on the length of deformation at front of tooth (f).

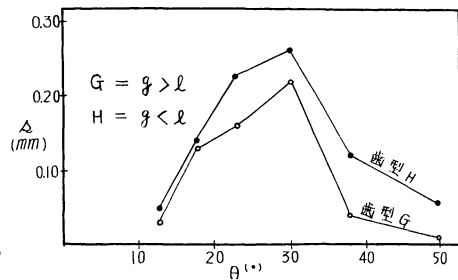


Fig. 21 歯型がアサリの出 (s) に及ぼす影響
Effect of tooth style on the swaging dimension (s).

ように変えうるならば、問題はないが、それが許されない場合は、 g の大きさを決定する要素であるスエージ・ダイの断面形状の選択につき考慮するほかない。

一般に用いられる有効なスエージ加工の条件は、 $\theta = \theta_{max}$, $(\alpha - k_1) \leq \theta \leq \alpha$ と考えられ、この条件の範囲における g の大きさとダイ断面の形状を表わす R , R' および r との関係は次のように求められる。

(i) $(\alpha - k_1) \leq \theta \leq k_1$ の場合

$$g = R'(1 - \cos \alpha) \cdot \sin \alpha$$

(ii) $k_1 \leq \theta \leq \alpha$ の場合

$$g = R \cdot \cos(\theta - k_1 - k_2) \cdot \sin \alpha - R' \cdot \cos \alpha / \sin \alpha + r \cdot \cos \alpha / \sin \alpha$$

したがって、 g を小ならしめるには、(i) の場合 R' を小さくし、(ii) の場合 R および r を小さくし、 R' を大きくすればよいことになる。

このようにすることにより、 g は小となつて l に近づけられ、あるいは $l > g$ となるのであるが、これにより必ずしも適正なスエージ加工が可能になるというわけではない。たとえば、 R' を小さくすることにより、Fig. 7 に示したように、変形深さ c は大となるが、ダイ断面積は減少し、変形抵抗に対しダイが耐ええなくなり折損するおそれが生じ、また、(ii) のように R および r を小さくし、 R' を大きくすることにより c は減少し、アサリの出が小さくなるとともに R の減少によりダイの強度が低下すると想像される。以上の関係はきわめて複雑で、 l の大きさ、歯型構成曲線の状態、必要なアサリの出などの要素をも考慮しなければならないが、このような歯型についての実際のスエージ加工作業にあたつては次のように処置すれば適当と思われる。

- (i) $g > l$ のままスエージ加工して必要なアサリの出がえられれば、当然なんら考慮する必要はない。
- (ii) 無意味に $g > l$ になるような歯型を作製した場合は $g < l$ になるよう歯型を研磨修正すればよい。
- (iii) $g > l$ である歯型を修正することが許されない場合は、上に述べた考察結果にもとづいて g を小ならしめるようなスエージ・ダイを選択し、実際の作業を試みて、目的が達せられる最適のダイを採用すればよい。

VIII 変形に影響するその他の因子

1. 鋸の硬度

スエージ加工による歯先の変形が鋸の材質に左右されることはいうまでもない。したがって、鋸鋼の硬度、強度、成分あるいは不純物の含有量などによつて変形に難易を生じ、極端な場合には円滑な変形をなしえないことさえある。ここでは鋸の硬度をスエージ加工による変形の難易をあらわす一つの指標と考え、帯鋸 15 種類につき調べてみた。これらの鋸のロツクウェル硬度は Table 5 のとおりである。

これらの硬度は、この報告におけるスエージ加工の実験に供した3種の鋸とあまり差異なく、むしろやや低い傾向のものの方が多いようで、すでに述べたスエージ加工による歯先変形の諸性質は一般にどの鋸にもあてはまるものと考えられる。なお、Table 5 からわかるように、戦前、戦後を通じ、スエーデン製のものはほぼ一定した硬度であるが、国産のものは鋸によつてかなりの差がみられ、スエージ加工の難易の差もかなり生ずるであろうことが想像される。

鋸の硬度はそれ自身のスエージ加工による変形の難易をあらわす指標であるばかりでなく、スエージのダイおよびアンピルの材質を決定するための資料とすべきである。すなわち、ダイおよびアンピルの硬度

Table 5. 帯鋸の硬度

Hardness of bandsaw-blade.

鋸 Thickness of saw blade B. W. G.	厚 mm	ロツクウェル C 硬度 Rockwell C-Hardness			摘 要 Note
		最 大 maximum	最 小 minimum	平 均 mean	
19	1.05	51	48	50	Munkfors (Sweden)
20	0.87	51	50	51	
28	0.36	49	47	48	
21	0.81	50	49	49	Lightning (Sweden)
22	0.68	51	48	50	
23	0.65	51	49	50	ASSAB (Sweden)
25	0.50	50	48	49	
26	0.44	49	48	49	
20	0.86	51	50	50	戦前の国産品 Home products before the War
21	0.83	50	47	48	
22	0.69	49	48	49	
23	0.65	53	52	53	
26	0.47	39	37	38	
20	0.89	44	42	43	戦後の国産品 Home products after the War
26	0.45	45	45	45	

は当然鋸のそれよりも高くなければならず、それがスエージ加工によつて塑性変形することはもとより、弾性変形することも正確なスエージ加工の実行をさまたげる。ちなみに、市販のダイおよびアンビルそれぞれ6種類につき、その硬度を調べた結果は Table 6 のとおりで、実用の結果からいえば、ダイ No. 4 には多数の変形きずを生

Table 6. ダイおよびアンピルの硬度

Hardness of swage die and anvil.

ダイ Die			アンビル Anvil	
No.	R(mm)	ロツクウェル C 硬度 Rockwell C-H	No.	ロツクウェル C 硬度 Rockwell C-H.
1	4.75	65	1	69
2	3.99	67	2	68
3	3.96	66	3	68
4	3.92	62	4	63
5	3.91	66	5	64
6	3.15	67	6	66

じ、アンビル No.4 にも多少の押痕を生じ、いずれもロックウェル C 硬度 65 以上が望ましいようである。

2. スエージ・ダイの大きさ

ダイ断面の大きさ、形状を決定するものは R , R' および r であり、これらと歯型との関連性についてはすでに多少ふれたが、この問題はきわめて複雑で、これらの最適条件についての詳細は今後の研究にまたねばならない。

実際問題として、ある歯型に対しダイが使用しうるためには、一般に、歯高 $> 2R$ であればだいたいよいようである。しかし、これはあくまでもそのダイが使用しうるかどうかを知るのみで、撥型形成の目的に最適かどうかはダイ断面、鋸厚および歯型条件に関連してあらわれる歯先の変形性およびダイの強度などによつて決定すべきはもちろんである。

ここでは、一般に用いられているダイ数種につきその断面要素を調べてみた結果、Table 7 のとおりで、実用の経験上から、普遍的な適合性をもつものとしてえられたものであらうと思われるこれらの数値は、今後のダイの大きさ、形状についての最適条件究明上の参考資料になると思われる。

Table 7. ダイ断面の要素
Factors of swage-die section.

No.	R (mm)	R' (mm)	r (mm)	k_1	k_2
1	4.75	6.25	2.43	42°30'	20°15'
2	3.99	4.75	1.42	50°40'	15°45'
3	3.96	4.97	1.69	45°00'	17°35'
4	3.92	4.67	1.58	53°40'	18°40'
5	3.91	5.56	2.60	39°15'	24°50'
6	3.15	3.98	1.39	44°50'	18°07'

3. アンビル角度

帯鋸を歯端線が水平になるようにアサリ出し用クランプに取り付けてスエージ加工する場合、アンビル角度 γ は歯背角に等しくなるようにセットされていなければならない。スエージ加工の結果に対するアンビル角度の影響を知るため、歯背角に不一致の場合と正しく一致した場合とを比較すると Fig. 22 の例に示すように、その影響の少なくないことを知りうる。すなわち、歯背角に対する γ の偏差が $\pm 5^\circ$ 程度以上になると、 s が急減するのみでなく、図で示すように、歯先に曲りを生じ、研磨仕上げにおける研磨量を増す必要が生ずるため、ますます s は減少し、スエージ加工の目的は全く達せられなくなる。 $\pm 2^\circ \sim \pm 3^\circ$ では歯先の曲りはほとんどないが、 s は正常の場合に比し、やや減少する。この実験例からみても、有効なスエージ加工を行うためには、アンビル角度の調節がいかに重要であるかということを知りうる。

実際のスエージ加工作業において

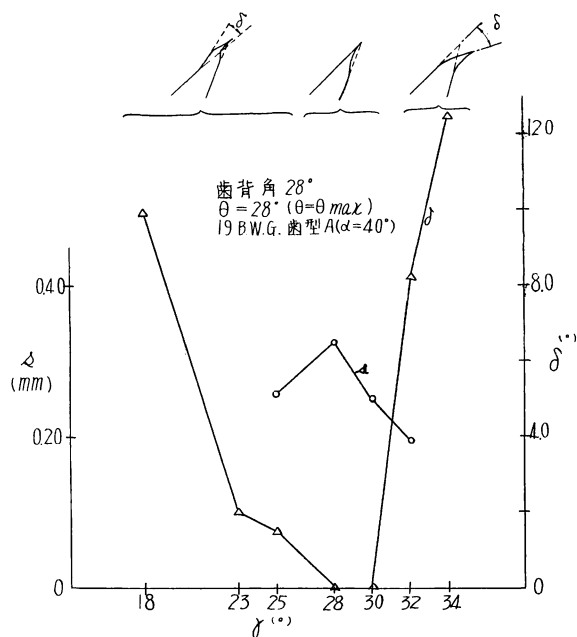


Fig. 22 アンビル角度 (γ) のスエージ加工に及ぼす影響
Effect of slope of anvil (γ) on swaging.
(Clearance angle: 28°)

は、この報告の実験のように、鋸歯1枚ごとに、アンビル角度を調節するような煩雑は許されないが、アンビル角度の影響の大きいことを思えば、できるだけ γ と歯背角が一致するような作業方法をとらなければ、有効な撥型形成とアサリ精度の向上は期せられず、そのためには次のような作業上の注意が必要と考えられる。

(i) 歯背角, 歯距, 歯高などの歯型要素をできるだけそろえる。

(ii) スエージ加工のはじめに、アンビル角度を正確に歯背角の平均値に合わせ、操作中、歯受け用ブラケットのネジがゆるまぬよう充分締めつけておく。

(iii) スエージの歯受け面は正しい平面とし、凹凸があつてはならない。

(iv) 帯鋸は正しくアサり出し用クランプに固定されていることが望ましい。

4. 鋸歯の研磨面

スエージ加工の機構を考えれば、ダイおよびアンビルの接触する鋸歯の研磨面がスエージ加工に影響することは容易に考えられる。特に、ダイ初位置において、ダイと鋸歯とが接触する歯喉線の研磨面の影響が大きく、研磨面が鋸面と正確に直角でなければならぬのはもちろんであるが、鋸歯側面からみた歯喉線のプロフィールの粗さもあまり大きかつたり鋸歯により不同であつたりすると、有効にして精度高い撥型形成は望めない。ここでは、これらの問題に関連する実験結果により、研磨面の影響についての一例を示しておく。

供試鋸Iを研磨中、たまたま、Fig. 23 のような傾向の鋸歯が形成され、各鋸歯はすべてほぼ同様であつた。この鋸歯につき、 $TT'=0$ としてスエージ加工を行つた結果、 θ と s との関係は Fig. 24 のようになつた。

この場合、 θ は $\theta=\alpha$ を中心に左右対称的にとつたから、すでに述べたように、歯喉線が正確に直線的であれば、 s の値は $\theta=\alpha$ の場合を中心に、 $\theta>\alpha$ では、Fig. 24 において点線で示したようになり、左右対称であるべきだが、そのようにならず、 $\theta>\alpha$ の領域ではかなり低下した。そこで θ と歯端からダイと歯喉線の接触点までの距離 g との関係を求

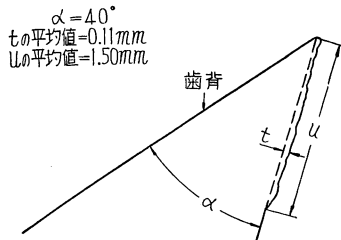


Fig. 23 歯喉部研磨状態の影響についての実験に用いた鋸歯先
Saw-tooth for test on effect of ground surface at front of tooth on swaging.

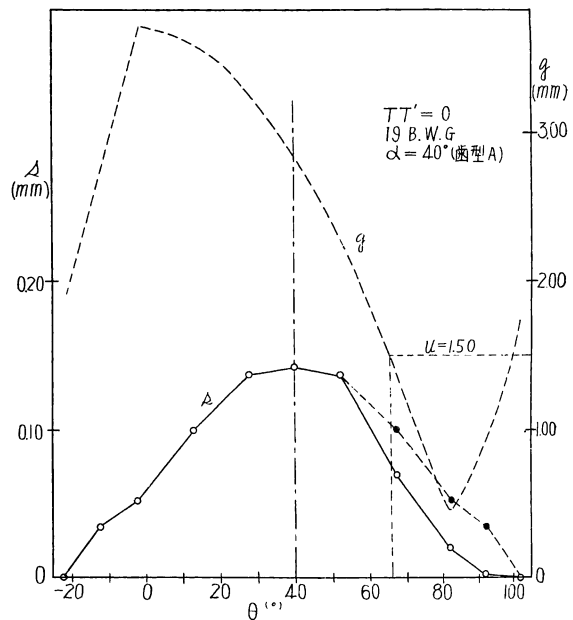


Fig. 24 スエージ加工における歯喉部研磨面の影響
Effect of ground surface at front of tooth on swaging.
(The amount of swage decreases when swage-die osculates with saw tooth at u shown in Fig. 23)

めてみると, Fig. 24 に示すようになり, $\theta > \alpha$ の領域で s が低下している部分の g の値は Fig. 23 の u の値より小であることがわかった。すなわち, わずかながら研磨面の凸出している u の部分にダイが接触するため, $\theta < \alpha$ の場合より鋸歯の挿入が不足し, そのため歯先変形量が小となつたわけであつて, わずかでも研磨面の凹凸はスエージ加工にかなりの影響をおよぼすことが推察される。

5. 2 回掛けスエージ加工

普通目立室で行われるスエージ加工はまだ撥型が残存している鋸歯についての場合が多く, この場合は残存変形量の上に新しい変形が加わるのであるから, 新鋸に対する場合より大きなアサリの出がえられるが, この報告における実験のすべての場合のように, 残存変形の全くない新しい鋸歯に対するスエージ加工では, 最適条件で行つても必要な撥型形成がえられないことがあり, たとえば, Fig. 15 においてみたように, 歯端角の大きなものでは特にこの傾向が著しい。そこで, 新しい鋸に対しては 1 回のスエージ加工で必要変形量がえられぬとき, いわゆる 2 回掛け, あるいはときには 3 回掛けを行う必要が生ずる。

歯型 E (19 B. W. G., $\alpha = 55^\circ$) について 2 回掛けスエージ加工を行つた一例を示せば Table 8 のとおりで, Fig. 25 はその撥型図を示す。

供試スエージおよび鋸歯について, 1 回掛けスエージ加工で最大の s をうるための条件はほぼ $\theta = 35^\circ$, すなわち $(\alpha - \theta) = 20^\circ$ であるが, Table 8 によれば 2 回ともこの条件で 2 回掛けするよりも, 1 回目をこの条件とし, 2 回目は θ を減少してスエージ加工を行つた方がより大きな s がえられることがわかる。ただし, 第 1 回目のスエージ加工による歯喉部変形により, 歯先はあたかも α が減少したかのような様相となり, 第 2 回目のスエージ加工に際しても最大の s をうるための条件は $(\alpha - \theta) = 20^\circ$ であるから, α の減少にともない θ はいくぶん小さくすべきなのであろう。この α の減少量を正確に予知することは困難であるが, 実際問題としては, θ を減少せしめて 2~3 回試験的に第 2 回目のスエージ加工を行うことによつて, だいたい必要な第 2 回目の θ を決定しうるであらう。

Table 8. スエージ加工における 1 回掛けと 2 回掛け
Swaging in one operation and in 2 steps.

	1 回掛け Swaging in one operation			2 回掛け Swaging in two step				摘 要 Note
	1	2	3	1	2	3	4	
$\theta(^{\circ})$	45	35	25	35	35	35	25	$\theta = \theta_{max.}$
$(\alpha - \theta)^{(\circ)}$	10	20	30	20	20	20	30	
$s(\text{mm})$	0.05	0.22	0.17	0.25		0.41		

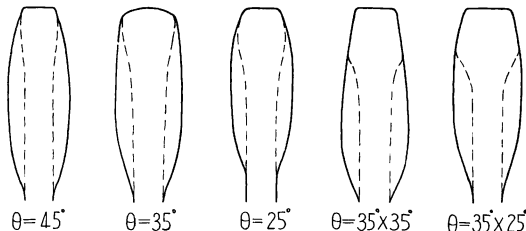


Fig. 25 Table 8 における撥型図
(1 回掛けおよび 2 回掛けスエージ加工)

Projections of swaged tooth in one operation and in 2 steps (Table 8).

Ⅳ 総 括

1. スエージ加工におけるスエージに関する条件としては, アンビルとダイについてのみ考えればよい。

2. ダイの断面形状はダイ円の半径 (R), 偏心円の半径 (R') およびダイの廻転にともない偏心円の中心が描く軌跡円の半径 (r) により決まり, ダイの位置はレバー角度 (θ) により決まる (Fig. 1)。

3. ダイ一定の場合, 鋸歯先の変形はその初位置によつて決まり, その初位置はダイの初位置, アンビル位置および歯端角 (α) により決まる。

4. 初位置ダイと鋸歯の接触点の位置

は、 θ によつて変化し、 R, R', r および α によつて決まる一定の軌跡を描く (Fig. 2)。

5. スエージ加工による歯先の変形がダイの廻転と完全に一致した塑性的なものと仮定すれば、 θ およびアンビル位置の変化にともなう歯喉部変形状態は幾何学的に求められる。

6. 歯喉部の変形深さ (c) は幾何学的計算値より小となるが、計算式と同様に、

$$c = a \cdot \cos(\alpha - \theta) - b \quad (\theta = (\alpha - k_1) \sim \alpha)$$

なる形であらわされ、常数 a および b を決定する因子は、スエージ一定の場合、主として鋸の材質と厚さである (Fig. 7)。

7. 歯喉部の変形長さ (f) の実験値は幾何学的計算値とだいたい一致する (Fig. 8~10)。

8. 撥型形成の大きさは c に比例し、 f に反比例する。

9. 一般にアンビル位置は最大レバー角度 (θ_{max}) によつてあらわされ、 $\theta_{max} < (k_1 + k_2 - \alpha)$ のときは c は小となり、アサリの出 (s) は減少する。

$$\text{ただし,} \quad k_1 = \cos^{-1} \left(\frac{R'^2 + r^2 - R^2}{2R'r} \right) \quad k_2 = \cos^{-1} \left(\frac{R^2 + R'^2 - r^2}{2RR'} \right)$$

10. θ 一定のとき、 θ_{max} が小さいほど s は大となり、 $\theta = \theta_{max}$ のとき最大となる。ただし、 $\theta < (k_1 + k_2 - \alpha)$ のときは $\theta_{max} = (k_1 + k_2 - \alpha)$ のとき最大である (Table 3, Fig. 11~13)。

11. θ_{max} が一定のときは θ が大きいほど s は大きく、 $\theta = \alpha$ のとき最大となる (Fig. 11, 12, 14)。

12. $\theta = \theta_{max}$ とした場合、 s は α のいかんにかかわらず、 $(\alpha - \theta)$ が一定値のとき最大で、この実験では $(\alpha - \theta) = 20^\circ$ であつた。ただし、この一定値のとき、 $\theta = \theta_{max} < (k_1 + k_2 - \alpha)$ になるような鋸歯では $\theta = \theta_{max} = (k_1 + k_2 - \alpha)$ のとき s は最大である (Fig. 15, 16)。

13. α の大きいほど s の最大値は小で、 θ の変化にともなう s の変化は大きい (Fig. 15)。

14. α 一定のとき、 s は鋸厚大なるほど大きい (Fig. 17)。

15. 以上は歯端から、直線と考えた歯喉線とダイの接触点の位置までの距離 (g) が歯端からの歯喉線の直線部分の長さ (l) より小さい一般的な歯型についての場合であるが、 $g > l$ の場合は、 $g < l$ なる歯型に比べ、 f は大となり、 c および s は小となる (Fig. 18~21)。この場合、必要な s がえられなければ、 $g < l$ になるように歯型を研磨修正するか、ダイの選択に特別な考慮を払わねばならない。

16. 鋸の硬度はスエージ加工による変形性を考慮する上に、また、アンビルおよびダイの材質を決定する上に重要である。試験結果によると、帯鋸のロツクウェルC硬度は 40~50 で、実用のアンビルおよびダイは 65 以上が適当と考えられる (Table 5, 6)。

17. ダイの大きさ、形状については今後の研究が必要であるが、実用されているものの k_1 は $40^\circ \sim 50^\circ$ 、 k_2 は $15^\circ \sim 25^\circ$ の程度である (Table 7.)。

18. アンビル角度 (γ) の影響も少なくとも、できるだけ歯背角に合わせるように注意することが必要である (Fig. 22)。

19. 鋸歯の研磨面の影響も少なくとも、スエージ加工前の研磨にもじゅうぶん注意を払うことが必要である (Fig. 23, 24)。

20. 2回掛けスエージ加工においては第1回目に、その α に対して最大の s がえられる θ で行い、第2回目の θ は適当にこれより減少せしめた方が有効である (Table 8, Fig. 25)。

21. 実験および考察の結果により、スエージ加工についての基本的な事項はほぼ明らかにされたが、こ

れを応用して有効なスエージ加工を行うためには、ダイ断面の条件が明らかで、所望の θ のセットとアンビル角度の調節が容易簡便であるとともに、歯端角、歯背角、歯距歯高などの歯型要素が精度高く仕上げられることが最も必要である。

Nobuyuki EDAMATSU and Yutaka ÔHIRA:
 Studies on Setting Methods of Bandsaw Tooth (Report 1).
 On the deformation at the tooth point by swaging.

Résumé

For rip and log bandsaw blades the swaged tooth is to be preferred. This setting operation is carried out in two working procedures, namely, by swaging and by side-dressing, and in principle, the amount of swage and the precision of set are owing to the former. But the swaging method in this country is solely dependent on the filer's experience; the fundamental mechanism of swaging has not been evident.

The main purpose of this investigation was to find out theoretically and experimentally the mechanism of the deformation at the tooth point on a bandsaw by swaging, in an attempt to improve the swaging method.

The hand swaging apparatus for the tests was the Akimoku type (Disston type); the Rockwell Hardness—C of its anvil was 69, and its die 65. Adjusting method of the swage-die is shown in Fig. 5. Relative position of the anvil was expressed by measuring the top of an anvil screw with a dial gauge, but in $OT' < OT$ (see Fig. 4) by the stopping position of the die-lever concerned with the position of the anvil (θ_{max}).

The tests were carried out on saws having shapes of teeth as shown in Table 1 and 2.

From the projections of the swaged teeth obtained by a projection apparatus, the following values were measured, by which the deformed condition at the tooth point after swaging was expressed (see Fig. 6): c —depth of deformation, d —swaged spread, f —length of deformation, s —swaging dimension.

The following points are discussed in the report.

1. The principal factors of a swage for swaging are its anvil and die.
2. The section of a swage-die is determined by R , R' and r , and its regulated position can be shown by θ . (Fig. 1)
3. When the section of a swage-die is constant, the deformation at a tooth point is related to an osculating point of a die with a saw-tooth, which is changed by θ and α . (Fig. 2)
4. Relation between the swaging components and the deformation at the front of the teeth after swaging, assuming that a saw-tooth is deformed plastically by swaging, can be obtained geometrically.
5. It is considered that the amount of swage is directly proportional to c , inversely to f . The former is rather less than the calculated value, but the latter roughly corresponds. (Fig. 7~10)
6. Generally, the relative position of an anvil is expressed with θ_{max} , which is a lever angle at the stopping position of a die-lever concerned with the position of an anvil. If $\theta_{max} < (k_1 + k_2 - \alpha)$, c decreases, accordingly the amount of swage will have the same tendency:

$$\text{where} \quad k_1 = \cos^{-1} \left(\frac{R'^2 + r^2 - R^2}{2R'r} \right) \quad k_2 = \cos^{-1} \left(\frac{R^2 + R'^2 - r^2}{2RR'} \right)$$

7. If θ was constant, the greater amount of swage was obtained as θ_{max} was decreased, being maximum at $\theta = \theta_{max}$. (Table 3 and Fig. 11~13)

8. At $\theta = \theta_{max}$, the maximum value of s was obtained when $(\alpha - \theta)$ was set at a constant value, which was 20° for the swage in the test. (Fig. 15, 16) These maximum values of s increased as α decreased and blade thickness increased. (Fig. 15, 17)

9. Particular attention was paid to the effect of the tooth style at $g > l$ (see Fig. 18) on the deformation at the tooth point after swaging, and the relations of such a tooth style to c , f and s were examined. (Fig. 19~21)

10. The first essential for ensuring satisfactory swaging is that hardness of an anvil and a die be suitable for the saw blades. The results of the hardness tests on bandsaw blades, swage-dies and anvils are shown in Table 5 and 6. It was considered that Rockwell Hardness-C of an anvil and a die to satisfy all practical requirements should be more than 65.

11. The sections of swage-dies practically used are shown in Table 7. Further study must be given to this problem in the future.

12. Effect of γ (see Fig. 1) on swaging is important in practice. From the result of the test, it is clear that γ should be set correctly for the clearance angle. (Fig. 22)

13. Effect of the ground surface at the front of tooth, with which a swage-die osculates, on the amount of swage is shown in Fig. 23 and 24.

14. Swaging methods in 2 steps were compared as shown in Table 8 and Fig. 25.

15. Results obtained from the foregoing experiments demonstrate the relation of swaging conditions to the deformation at the tooth point. However, from the point of practical application, it is required for satisfactory swaging, that easier setting of anvil and die be facilitated, as also means of ensuring the highest degree of precision in the finish of saw teeth.