

## 論 文

UDC 669.14.018.8 : 669.15'26-194-416 : 669.15'24'26-194 : 539.52 : 539.4

## ステンレス鋼板の加工性と潤滑\*

荒川基彦\*\*・住友秀彦\*\*

## Deformability of Stainless Steel Sheets and Effects of Lubricants on It

Motohiko ARAKAWA and Hidehiko SUMITOMO

## Synopsis:

A study has been made mainly of the effects of dry lubricant films on the press formability and the galling of austenitic and ferritic stainless steel sheets. The results obtained are summerized as follows:

(1) The galling occurs more easily on stainless steel as compared with carbon steel, but it is possible to suppress the galling by using dry lubricant film.

(2) The deformability of sheet is remarkably improved by film, therefore ferritic stainless steel sheet with the film has rather good press formability than 18-8 steel sheet with conventional high lubricating oil.

(3) In round-bottomed punch stretching (punch dia. 97 mm, die dia. 100 mm), the effect of the film is in the same as (2) above, and the change of strain in thickness in the stretching with the film is similar to it in hydraulic bulging, but in Erichsen test it's effect is small. It must be noted that dimensions of punch and die have a large effect on the thickness changes in the stretching.

## 1. 結 言

SUS304 (18Cr-8Ni) は SUS430 (17Cr) に比べて延性に富んでいるため複雑な加工を受けることが多いが、問題は Ni を多量に含むため高価なことである。しかし、家庭厨房品など一般耐久消費材として使用上要求される品質のうち、たとえば耐食性は SUS304 のように高級な材料でなくても SUS430 程度で十分な場合が多い。したがって SUS430 の加工性を改善し、SUS304 の特性に近づけることができれば大きなメリットが期待される。このような観点から、従来フェライト系ステンレス鋼材料の加工性向上に関する研究が数多くなされておられ、たとえば深絞り性に対する集合組織的見地からの検討<sup>1)</sup>、成分元素の影響<sup>2)</sup>、塑性加工時に発生するリジングの改善<sup>3)4)</sup>、などがある。

一方オーステナイト系ステンレス鋼でも加工性や機械的性質に関するいくつかの研究がみられ、オーステナイトの安定度に起因した加工誘起変態の影響<sup>5)~7)</sup>を除けば薄板加工特性に最も大きな影響をおよぼす因子は結晶粒度とされている<sup>8)</sup>。しかし、結晶粒が大きくなりすぎると加工後肌荒れを生ずることが多いので加工度に応じた適当な粒度調整が必要である。

反面、鋼板の利用面からみるとプレス成形など加工技術のレベルアップが材質改善に対応した重要な因子と考えられる。プレス成形でいえば、金型の設計、調整などがあるが、とくに潤滑が重要であり、その効果についての研究も多い<sup>9)</sup>。

最近のステンレス鋼板の使用分野をみると、自動車排気ガス用部品やバスタブ一体成形試験<sup>10)</sup>など今までに見られないきびしい加工が施されるようになってきており、また一方では新しい問題として、プレス時にダイス肩半径部で生じる型かじり(金属転移現象)が顕在化し、その対策が望まれている。

本報告はステンレス鋼板の型かじりやプレス成形性に対する潤滑剤として、とくに潤滑性乾燥被膜の影響を検討すると同時に材質との関連を明らかにしようとしたものである。

## 2. 実 験 方 法

## 2.1 供試材

供試した主なステンレス鋼板と普通鋼板の化学成分と機械的性質を Table 1 および Table 2 にそれぞれ示した。

板厚はプレス成形用が主に 0.7 mm、型かじり試験用

\* 昭和 51 年 9 月 8 日受付 (Received Sep. 8, 1976)

\*\* 新日本製鉄(株)光製鉄所研究室 (Research Laboratories, Hikari Works, Nippon Steel Corp., 3434 Shimada Hikari 743)

Table 1. Chemical compositions of test materials (wt %).

Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Al	Ti	N
SUS 430	0.05 ~0.07	0.54 ~0.58	0.40 ~0.44	0.026	0.007	—	16.18 ~16.50	—	—	0.01 ~0.02
Al-17Cr	0.06	0.51	0.40	0.027	0.008	—	16.30	0.07	—	0.01
Ti-LCN-17Cr	0.01	0.13	1.39	0.027	0.008	—	16.65	—	0.21	0.01
SUS 304	0.06 ~0.07	0.67 ~0.80	0.96 ~1.07	0.025	0.005	8.70 ~8.82	18.10 ~18.35	—	—	0.02
SPCE	0.04	0.01	0.30	0.015	0.015	—	—	0.05	—	0.01

Table 2. Mechanical properties of sheet materials.

Material	YS(kg/mm <sup>2</sup> )	TS(kg/mm <sup>2</sup> )	El (%)	Hv(1 kg)	GSN	$\bar{r}$	Thickness (mm)
SUS 430	32.5~36.2	49.5~51.9	28.0~29.0	153~169	9.0~9.5	1.0~1.1	0.7, 0.8
Al-17Cr	38.3	50.7	27.0	169	9.9	1.3	0.7
Ti-LCN-17Cr	32.8 31.2	45.6 43.7	30.0 31.0	146 155	9.8 9.4	1.6 1.8	0.7
SUS 304	27.7~28.5	67.0~68.6	52.0~55.0	160~166	7.7~7.9	0.90~0.92	0.7, 0.8
SPCE	17.4	32.0	43.7	—	9.0	1.6	0.8

Finish : Skin pass

が 0.8 mm である。

2.2 潤滑剤

潤滑剤は一般にステンレス鋼板用として市販されている潤滑油と潤滑性乾燥被膜（以下被膜と略称する）を用いた。この被膜に属するものとしては普通鋼板の分野での研究が進んでおり、分散型被膜を適用した例<sup>11)</sup>、あるいは单相型<sup>12)</sup>、一部ステンレス鋼板への効果も検討した2相型<sup>13)</sup>などの報告があるが、この実験では4種類の被膜を検討した。

- 市販油: ジョンソンワックス #122  
          ジョンソンワックス #700  
          日工油 G755B  
          日工油 G660  
          およびこれらを混合したもの
- 被膜: F1-有機樹脂膜を鋼板表面に処理したのち潤滑油を、その上に塗布したもの。  
      F2-同じく有機樹脂膜の上に常温で固体のエステル系合成潤滑剤を塗布したもの。  
      F3-有機樹脂と固体の潤滑剤を混合して鋼板表面に塗布処理したもの  
      F4-エステル系合成潤滑剤のみを直接塗布したもの。

被膜の厚さは F1 および F2 の有機樹脂膜が約 5 $\mu$ 、エステル系合成潤滑剤は 2 $\mu$  である。F3 の混合層は 5 $\mu$ 、F4 は約 2 $\mu$  である。

2.3 型かじり試験

型かじり試験としては一般に簡易法としてよく使われているU字曲げを用いた<sup>14)15)</sup>。その詳細は Fig. 1 に示す通りである。試験片は 0.8 mm 厚の鋼板を 15 $\times$ 50 mm に切断し端面をやすりで調整して供試した。

試験片をダイス上に置き、油圧によるポンチでU字曲げを行い、試験片のダイス側表面に発生する型かじりおよび線状痕の状況を粗度計と走査型電顕で観察した。ダ

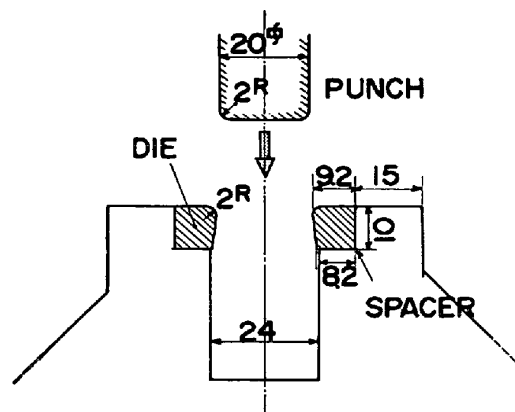


Fig. 1. Galling test apparatus.

Table 3. Details of punch and die

(mm).

Shape	Punch corner radius ( $r_{pc}$ )	Punch profile radius ( $r_p$ )	Die corner radius ( $r_{dc}$ )	Die profile radius ( $r_d$ )	Punch size	Die size	Material	
							Punch	Die
100 $\phi$	20	10	21.5	5	100 $\times$ 100	103 $\times$ 103	SKD 11	SKD 11
250 $\phi$	70	20	71.5	7	250 $\times$ 250	253 $\times$ 253	SCM 3	SCM 3
Rectangle	38.5	15	40	10	200 $\times$ 267	203.2 $\times$ 270.2	SCM 3	SCM 3
100 $\phi$ Punch stretching	round-bottom			5	97 $\phi$	100 $\phi$	SKD 11	SKD 11

イスとポンチ間のクリアランスはダイスの後面にスペーサーを入れて調節したが、試験片板厚より小さくし型かじりを促進させた。ダイス材質は SKD11(Hv=590) と S45C (同301) の2種類で、表面はポンチ押し込み方向に油砥石で研磨し、粗度  $2\mu$  に調整した。ポンチは SKD11 製である。

U字曲げのほか実際のプレス成形における型かじりをみるため、100 mm 角筒プレスを連続的にを行い、側壁に発生する線状痕の挙動も実験した。

#### 2.4 プレス成形実験

材質および潤滑剤のプレス成形性に対する影響を実験するため多くの金型を使用した。それぞれの金型の各部の寸法と材質を Table 3 に示す。プレス機械は 200 t の複動油圧式で、ポンチの平均速度は 200 mm/min である。blankサイズ、しわ押え力、潤滑剤など使用したプレス条件については、それぞれのデータに付記した。プレス成形性の評価はすべて成形高さで行った。

また実験の一部については成形前の鋼板にスクライブ

ドサークル (直径 1/4 インチ) を電食し、成形によるサークルの変化から変形状態を調査した。

なお張出し性実験としてポンチ張出しを行い潤滑剤による影響を検討した。金型の寸法は Table 3 に示すとおりであるが、外周にはロックビードを全周に設け材料の流入を阻止した。このほか液圧パルジ試験 (直径 100 mm)、エリクセン試験 (JIS-A 法) も行った。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 型かじり実験

ダイスに S45C 製を使い、クリアランス -20% に設定したときのU字曲げ成形における試験数と線状痕変化の関係を Fig. 2 に示した。潤滑油は #122 および #700 と G755B を 3:1 に混合したものの2種類である。線状痕はダイス肩半径付近を鋼板が通過するときにポンチの押し込み方向に発生するが、その深さは線状痕に粗度計触針を直角に走査させたときの凹凸の平均値で示してある。

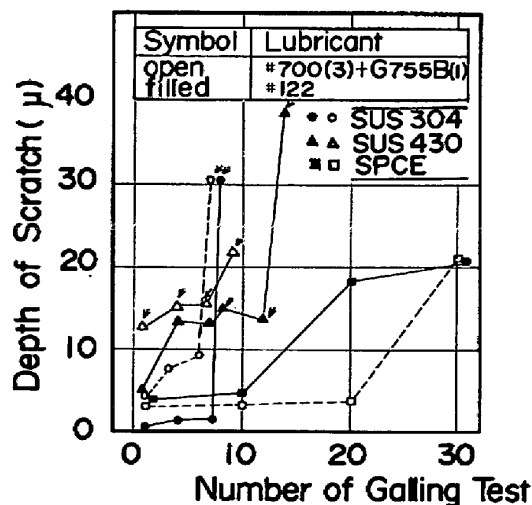


Fig. 2. Relationship between depth of scratch and number of galling test. (Arrow indicates galling. Clearance = -20%. Die S45C)

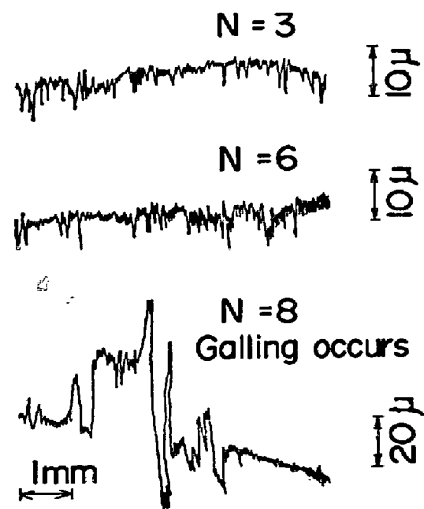


Fig. 3. One example of scratch profile. (SUS430, Clearance-20%. Lubricant: #700(3)+G755B(1) Die: S45C, N: Testing number)

線状痕の深さは試験数増加とともに増大し、ある時点で突然型かじり現象（図中矢印で示す）を引き起こす。その1例をプロフィールで示したのがFig. 3である。

ステンレス鋼板では、粘性の大きい潤滑剤（#122）の方が1枚目に発生する線状痕深さが小さく、また型かじりを発生しにくい傾向がみられる。この傾向はダイス材にSKD11を使った場合あるいはクリアランスを-40%まできびしくした場合も同様に観察されている。竹内ら<sup>16)</sup>がSUS304を用いて行った平底円筒絞りの実験でも高粘度の潤滑剤の方が金属転移現象が少ないことを報告している。粘度が低いとダイスと鋼板の高圧下での油膜が切れやすく、金属接触を生じて型かじりにいたるものと考えられる。供試材別にみると普通鋼板の耐型かじり性がよいのが目立ち、試験数30枚目でも型かじりは認められない。ダイス材質がSKD11で、クリアランス-40%の実験で40枚連続成形しても型かじりはみられなかつた。線状痕深さが20 $\mu$ 以上になつても型かじりを起さないわけで、この点がステンレス鋼板と異なる。

同様の現象は須藤ら<sup>17)</sup>が行つた高張力冷延鋼板とステンレス鋼板(SUS304)の実験においても認められておりステンレス鋼板が型かじりを生じやすいことを指摘している。

一方 Fig. 2 や著者らの一連の実験から SUS304 と SUS430 を比較すると SUS430 の方が型かじりを起こしやすい傾向が認められている。ポンチ荷重の大きさは SUS304>SUS430>SPCE となつているため、ポンチ荷重がダイスにかかる面圧に比例し、その面圧が型かじりを支配するとすれば、普通鋼板が型かじりを起こしにくいことは理解できるが SUS304 と SUS430 は逆である。この点は佐藤<sup>18)</sup>も述べているようにダイス材と供試材間の金属接触反応を検討する必要がある。

ダイスの硬さの影響をみると硬さの高い SKD11 が型

かじりを生じやすかつた。硬さが高いと供試材の方がせん断されダイスの方に凝着層を残すが、逆にダイスの硬さが低いと供試材にダイスがせん断される。たとえばステンレス鋼板の加工による最大硬化を圧延あるいはプレス加工でみると、SUS304 が Hv=450~500, SUS430 で 300~350 程度となる。これらステンレス鋼板の加工後の硬さは、ダイス材質 SKD11 と S45C の硬さの中間にあるから、SKD11 の場合はステンレス鋼板の方がせん断されることになる。ダイスの硬さによる、このような現象は戸来ら<sup>19)</sup>によつても実験されており、ダイスが硬質の場合ダイス凝着型になり、逆の場合はダイス摩耗型になるとしている。Photo. 1 は走査型電顕により凝着型の型かじり発生初期と、その後の状況を供試材表面で観察したものであるが、SUS304 が鱗片状になつてダイスにせん断されている様子がみられる。型かじりが供試材とダイスの硬度差に支配されるとすれば、ダイスと接触しているところでの被成形鋼板の硬化がダイスの硬さと一致しているときに最も型かじりを起こしにくいと推測することもできるが検討が必要である。

しかし、金属接触をさげ型かじりを抑制する最も確実な方法はダイスと被成形材の間を物理的に隔離すること

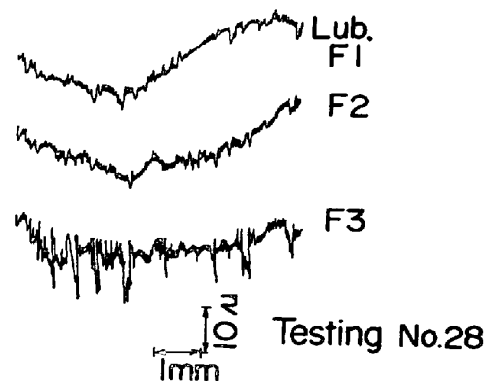


Fig. 4. Profile of scratch on wall. (Punch size: 100×100, Forming height; 60 mm, SUS430)

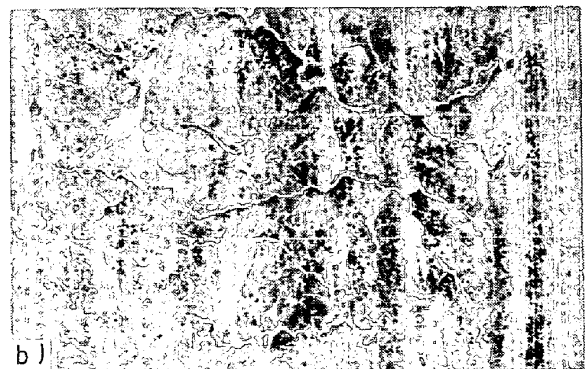
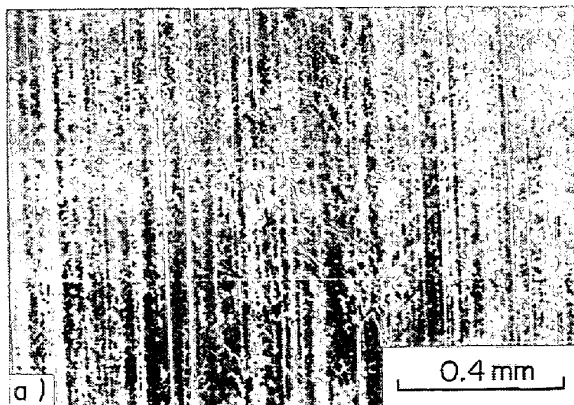


Photo. 1. Growth of galling, (a) Testing No. 15, (b) No. 20 (SUS304, Die: SKD11, Lub: #700+G755B, Clearance: -20%)

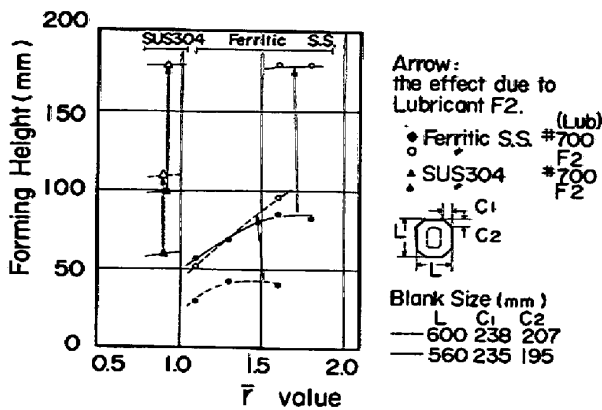


Fig. 5. Influence of average  $r$  value and lubricant on limiting forming height. (Punch size  $200 \times 267$  mm, ---Blankholding force 80 t, - - -45 t)

である。そこで被膜を使つて 100 mm 角筒の連続プレス試験を行つた。SUS430 0.8 mm 厚の鋼板を用い、成形高さは 60 mm に固定し潤滑条件以外のプレス条件は一定として連続的にプレスを行つた。28 個目のプレス後直辺部を粗度計で走査した結果を Fig. 4 に示した。

被膜 F3 の場合は被膜強度が弱くダイス肩半径の部分でしごかれて剝離すると同時に金属接触を起こし、線状痕が成長する。これに対し被膜 F1 と F2 は連続プレスにおいても膜切れがなく、このため線状痕の出現は見られない。他に市販油も供試したがいずれも線状痕の発達認められた。

### 3.2 プレス成形性に対する材質と潤滑の影響

SUS304 および  $r$  値の異なるフェライト系材料を用いて長方形のプレス成形実験を行つた結果を Fig. 5 に示す。blankサイズとしわ押え力を 2 通りに変えて実験したが、いずれの場合もフェライト系材料は  $r$  値の増加につれて成形高さが大きくなる。しかし  $r$  値が 1.8 と高いものでも市販油の場合、その成形高さは SUS304 より低い。blankサイズ一定とし、しわ押え力を変化させて行つた 100 mm 角筒の試験でも  $r$  値 1.7 の時の絞り込み可能な最大しわ押え力が 15 t であるのに対し、SUS304 は 40 t まで絞り込みが可能となつている。これらの鋼種によるプレス成形性の差は、その材質に起因するものであり、SUS430 の特性を改善して SUS304 に近いプレス成形性にするには一般には至難のことである。

これに対し、種々被膜の効果を実験したところ、たとえば被膜 F2 を使えばプレス成形性がいちじるしく向上することがわかつた。Fig. 5 には、その結果を付記した。市販油に対し被膜による成形高さの向上率は blankサイズ 600 mm 角、しわ押え力 80 t の場合、 $r=1.1$  の材料で 85%、 $r=1.6$  の材料で 130% であり、 $r$  値により異なることが指摘できる。blankサイズ 560 mm 角、

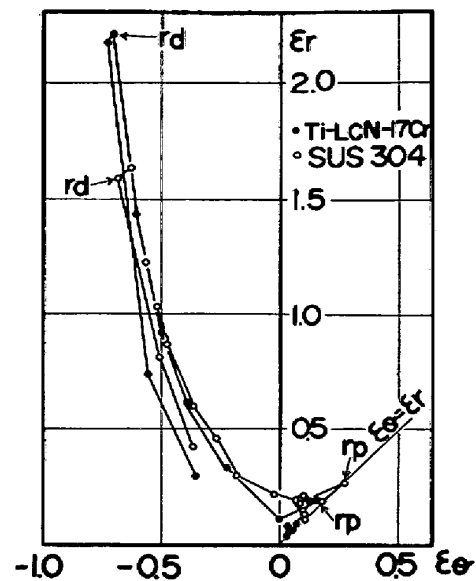


Fig. 6. Deformation constitutional diagram at the corner. (Punch size  $200 \times 267$  mm, forming height 180 mm)

しわ押え力 45 t の場合には絞り込みができなかつたフェライト系材料が被膜により可能となる。このように被膜 F2 の効果は顕著でフェライト系材料の材質改善では得られなかつた特性を鋼板に付加することができるようになる。

端的に表現するならば通常の SUS430 でも潤滑を検討することによつて、SUS304 に匹敵したプレス特性にすることができることになる。

成形高さ 180 mm (絞り込み) でのコーナー部の変形状態を Fig. 6 に示した。Ti-LCN-17Cr 鋼の成形がダイス肩半径付近の強い圧縮とポンチ肩半径部での弱い張出しを示しているのに対し、SUS304 は Ti-LCN-Cr 鋼のおよそ 2 倍の 2 軸引張り変形を示すため圧縮領域は小さくなつている。

$r$  値が大きくなると深絞り性が向上するのは、たとえばフランジ変形に注目すると、板厚変化が小さいためといえるが見方を変えれば五弓ら<sup>19)</sup>が指摘しているようにフランジ変形力の低下につながるためといえる。フランジの変形に要する力は当然しわ押え部でのダイスと鋼板間の摩擦係数に依存する<sup>20)</sup>。被膜によるプレス成形性への効果も潤滑性の改善を通じて、その役割りを果たすと考えられるから、フランジ変形力減少への寄与という立場からすれば  $r$  値の向上と摩擦係数の小さい潤滑剤を使用することは同じことになる。

一方しわ押え力を変えたときの被膜の影響を実験した 1 例を Fig. 7 に示す。被膜はしわ限界を少し高しわ押え力側に動かすが破断限界をいちじるしく緩和させるので絞り込み領域は広がる。

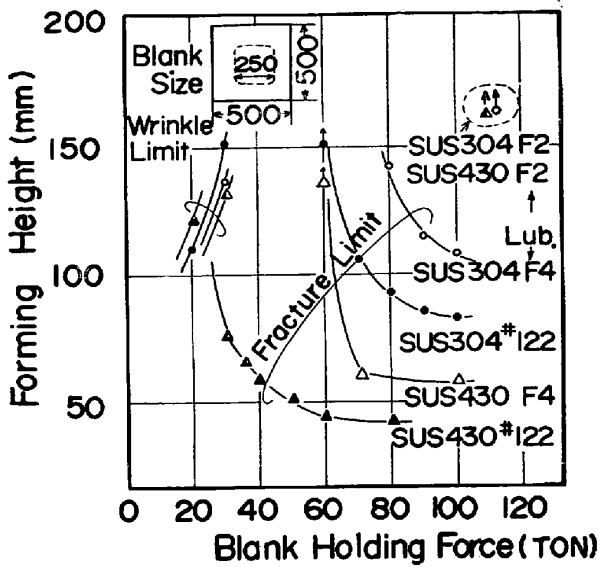


Fig. 7. Influence of blank holding force on forming height (Punch size 250×250. Symbol with arrow indicates “draw in”.)

オーステナイト系ステンレス鋼板の場合は加工特性を集合組織で制御することは困難とされている<sup>21)</sup>。GOODCHILD ら<sup>22)</sup>は SUS301 を使つて、Cube Texture の張出し性が二次再結晶組織のものより、わずかに張出し性にすぐれていることを報告しているが深絞りに対しては集合組織よりも加工誘起変態の影響の方が強いとしている。加工誘起変態はオーステナイトの安定度と直接関連しており、KÜPPERS<sup>23)</sup>も Ni 含有量を変えた材料について焼鈍前の冷延率が機械的性質におよぼす効果を検討しているが影響の度合としては安定度すなわち Ni 量の方がはるかに大きいことを述べている。

ほかにオーステナイト系ステンレス鋼板の加工性に大きな影響を与えるものに結晶粒度があり、粗粒になるほど深絞り性が改善されるが大きくなりすぎると成形後の肌荒れが目立つので実用上は制限される。

以上のようにオーステナイト系ステンレス鋼板の特性は合金元素の調整や熱処理により支配されるが鋼種を固定すれば、熱処理により制御するのが最も効果的である。しかしながら加工後の肌荒れが問題視されるのであれば、実際の加工性向上は潤滑剤に依存することになる。五弓ら<sup>8)</sup>の SUS304 (板厚 0.9 mm) での実験によれば結晶粒径を 30 μ から実用上明らかに肌荒れが問題となる 52 μ に変化させたときのコンカルカップ値の改善幅は高々 3% である。したがって市販油と被膜 F2 を比較した Fig. 7 において被膜の効果は結晶粒度調整の効果を著しく上まわるものと容易に推測することができる。同図には被膜 F4 の結果も記してあるが市販油を使用したときの成形高さが、このレベルを越えることはなかつた<sup>10)</sup>。

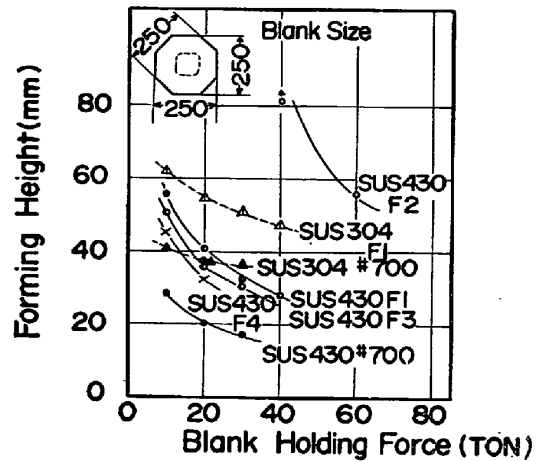


Fig. 8. Influence of blank holding force and lubricant on forming height. (Punch size 100×100. Symbol with arrow indicates “draw in”.)

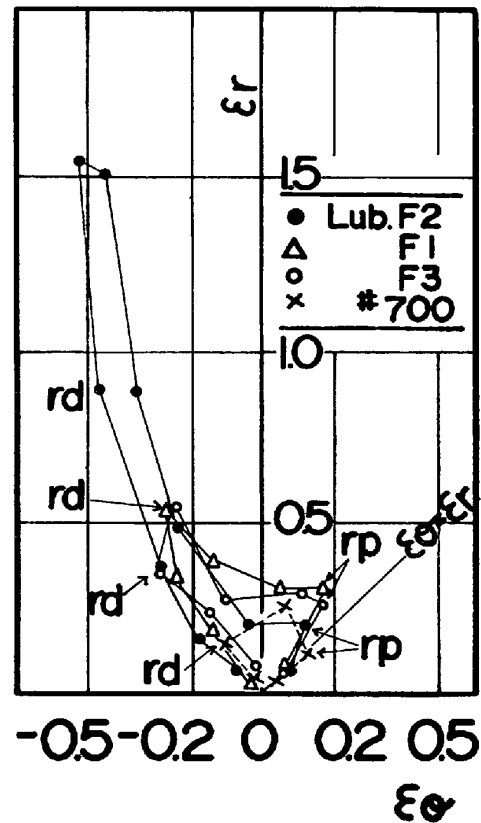


Fig. 9. Influence of lubricant on deformation constitution at the corner. (Punch size 100×100, B.H.F; 20 t, SUS430)

被膜の種類の影響を 100 mm 角筒プレスによつて実験した結果を Fig. 8 に示すが被膜を構成している物質の影響が大きいことがわかる。したがって被膜 F2 が最適なものかどうか、さらに検討する余地は残されている。この 100 mm 角筒の実験でしわ押え力 20 t での SUS430 の変形状態を Fig. 9 に示した。破断はいずれも 2 軸引

張領域で起こっており、潤滑性の劣るものは材料流入の抵抗が大きくなり、この領域でプレス割れを生じるものと考えられる。プレス成形性の相違を材質的にみれば、フランジ変形が進み材料流入抵抗が大きくなったとき、その抵抗に材料の加工硬化が追従し得るか否かということによって説明される。引張試験の荷重-伸び線図が  $\sigma = K\epsilon^n$  ( $\sigma$ : 真応力,  $\epsilon$ : 真歪,  $K$ : 定数) なる関係で整理されるとききの加工硬化指数  $n$  は SUS304 の方が大きく、一般に SUS430 の 2 倍の値を有する。SUS430 の  $n$  値を改善できれば、同じ潤滑剤を使つても SUS304 のプレス成形性に近づけることができようが、その可能性は小さい。

被膜による SUS430 の著しいプレス成形性の向上も変形状態図からみれば Fig. 6 や Fig. 9 のように純粋深絞り性を大きくするのみであり 2 軸引張領域の変形能に与える影響は明確でない。

3.3 ポンチ張出しにおける潤滑剤の効果

張出し性が材料の加工硬化特性に支配されることは多くの研究で明らかにされており<sup>24)</sup>、したがって一定潤滑条件下では SUS304 の方が SUS430 より高い張出し限界をもつ。球底ポンチを使つて純粋張出し高さに対する各種潤滑剤の影響をしらべた結果を Fig. 10 に示す。この図からみると SUS430 に被膜 F2 を処理すると、SUS304 に市販油を使用したときと同等の張出し高さとなる。同じ材料で液圧バルジ試験を行なうと張出し高さは SUS304 で 42 mm, SUS430 で 31 mm となるので、被膜の中でもとくに F2 は両鋼種とも球底ポンチ張出し高さの方が液圧バルジを上回る。

吉田ら<sup>25)</sup>はポンチ張出しと液圧バルジの張出し高さを実験し、両実験で得られる張出し高さの高低関係を  $n$  値

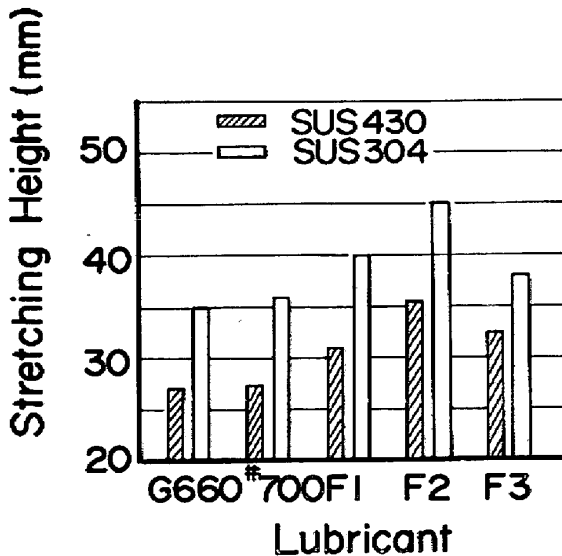


Fig. 10. Influence of lubricant on round-bottomed punch stretching height (Punch dia. 97 mm).

の大小で説明している。すなわち液圧バルジよりポンチ張出し高さの方が大きくなる材料は  $n$  値の大きなもので、これは現象的には中央部への歪の集中が緩和されるためとしている。

本実験材の板厚歪を Fig. 11 に示した。板面内の塑性異方性の影響<sup>26)</sup>があるので測定は圧延方向に統一した。被膜 F2 以外の潤滑剤は中央部への歪の集中がないが、中央と外周の中間に極大をもつ形をとる。これに対し被膜 F2 は中央に歪が集中するが中間で極大を示すものに比べて最大歪近傍での歪勾配が小さいため、より大きな張出し高さを示すことになる。

液圧バルジの場合、中央部近くでの歪勾配が被膜 F2 と比較して大きいいため限界張出し高さが小さくなる。この結果ポンチ張出しでも潤滑性能をよくしていくと液圧バルジに似た変形が得られるわけで、この実験に関する限り、被膜 F2 は加工硬化を高めたことと同じ効果を示している。

要するに球底ポンチ張出しでは潤滑により変形状態を変えることができ液圧バルジより大きな変形能が得られることになる。しかしダイスとポンチの直径が異なるも

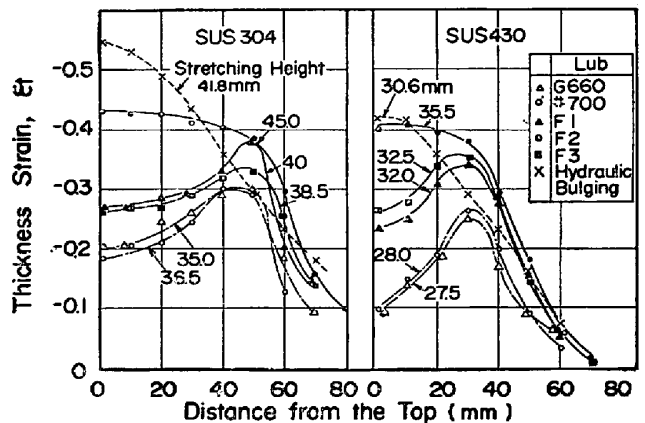


Fig. 11. Influence of lubricant on thickness strain in round-bottomed punch stretching. (Punch dia; 97 mm, Hydraulic bulging die dia: 100 mm).

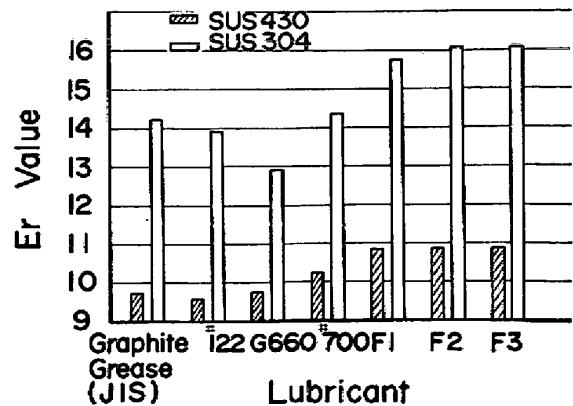


Fig. 12. Influence of lubricant on Erichsen value.

の、あるいはポンチ底部の形状が球以外の場合には、その変形挙動が異なってくることは十分に推測される<sup>26)</sup>。ちなみにエリクセン値では Fig. 12 に示すように潤滑の種類を変えても、SUS430 の値が SUS304 のレベルに到達することはなかつた。ダイス径とポンチ径がほぼ同じの球底ポンチ試験とエリクセン試験の成形条件のちがいでよるものと考えられ、上記の潤滑剤の効果については使用される成形条件と強い関係にあることを注意すべきである。前節の複合成形においても同様のことがいえる。

本実験に使用した被膜 F1~F3 の分野に属するものとして最近いくつかの報告がなされている<sup>11)13)</sup>。U. S. Patent<sup>27)</sup> がオリジナルと思われるが、その被膜はいずれも有機樹脂を使用している点で共通しており、潤滑機能をいかに付与するかが異なるのみである。

これらの被膜の特徴は上記のように、その性質により市販油では得られないプレス成形性が確保されることのほかに、プレス作業の省力化、工場環境改善等にも役立つことにあり、その現状と将来の方向についても SIDEY<sup>28)</sup> や FOGG<sup>29)</sup> らの報告が出されている。

とくにステンレス鋼板の加工性から、これらの被膜をみると、型かじりに効果のあることのほかに SUS430 のような低加工性材料を SUS304 のような高加工性に転化し得る可能性をもつところが最も重要な点である。このことはたとえばフェライト系ステンレス鋼板の高加工性を材質的に研究する場合にも十分に留意すべき要点となろう。

#### 4. 結 言

SUS304 およびフェライト系ステンレス鋼板の主としてプレス成形性に対する潤滑性乾燥被膜の効果について実験し、次のことを明らかにした。

(1) ステンレス鋼板は普通鋼板に比べて型かじり(金属転移)現象を生じやすいが被膜により防止が可能である。

(2) 被膜はプレス成形性を著しく向上させるが、その被膜の構成物質を選ぶことによつて、SUS430 の成形性は市販潤滑剤使用時の SUS304 の水準に達する。

(3) 球底ポンチ張出しにおいても上記(2)と同様なことがいえる。ただしダイスとポンチの形状が大きな影響を与える。

最後に、とくに潤滑性乾燥被膜について、ご指導とご協力をいただいた新日本製鉄、基礎研究所田中忠博士、同生産技術研究所島田昌治の両氏に心より感謝いたします。

#### 文 献

1) 五弓勇雄, 鈴木敬治郎, 猪野信吾: 日本金属学会

- 誌, 34 (1970), p. 452, 516, 520
- 2) たとえば  
三好正則, 中山正, 平井卓: 鉄と鋼, 61 (1975) 4, S199  
清水邦彦, 山口美紀, 荒川基彦, 石崎寿夫, 沢谷精: 鉄と鋼, 61 (1975) 4, S200
- 3) Motohiko ARAKAWA, Susumu TAKEMURA, and Takayuki OOKA: Proc. ICSTIS, Suppl. Trans. ISIJ, 11 (1971), p. 890
- 4) 宮地博文, 渡辺敏: 日本金属学会誌, 39(1975), p. 194
- 5) D. FAHR: Met. Trans., 2 (1971), p. 1883
- 6) J. C. WRIGHT: Sheet Metal Ind., 50 (1973)12, p. 693
- 7) 河合望, 後藤学, 松田敏雄: 塑性と加工, 15 (1974) 1, p. 11
- 8) 五弓勇雄, 鈴木敬治郎, 清水公二: 塑性と加工, 14 (1973) 2, p. 168
- 9) たとえば  
吉田清太, 宮内邦雄, 小森田浩: 日本機械学会誌, 69 (1966), p. 591
- 10) 荒川基彦, 住友秀彦, 金井俊睦, 菊間敏夫, 島田昌治: 塑性加工講演論文集, (1975), p. 81, 85
- 11) 田代清, 泉総一, 芦浦武夫, 伊藤吉司, 竹田秀俊: 鉄と鋼, 61 (1975) 12, S576, S577
- 12) たとえば  
原田俊一, 阿部英夫, 細田博, 近藤道生, 山根義直, 村居直昌: 川崎製鉄技報, 7 (1975), p. 380  
田中俊章, 谷口易之, 松田常美, 矢羽野莞爾, 戸来稔雄: 製鉄研究, (1972) 276, p. 10282
- 13) 西原実, 新井哲三, 須藤忠三, 林豊: 住友金属, 27 (1975), p. 96
- 14) 林豊, 須藤忠三, 西原実: 塑性加工講演論文集, (1975), p. 105
- 15) 戸来稔雄, 江島瑞男: 鉄と鋼, 61(1975)12, S575
- 16) 竹内栄一, 田中益夫: 日本金属学会誌, 35 (1971), p. 989
- 17) 須藤忠三, 永田三郎, 林豊: 塑性加工連合講演論文集, (1975), p. 245
- 18) 佐藤健児: 金属の摩耗とその対策, (1965), p. 9 [養賢堂]
- 19) 五弓勇雄, 鈴木敬治郎: 日本金属学会シンポジウム講演予稿集, (1970) Oct., p. 98
- 20) 工藤英明: 塑性学, (1974), p. 86 [森北出版]
- 21) T. GLADMAN, J. HAMMOND and F. W. MARSH: Sheet Metal Ind., 51(1974)5, p. 219
- 22) D. GOODCHILD, W. T. ROBERTS, and D. V. WILSON: JISI, 209 (1971), p. 283
- 23) W. KÜPPERS: Sheet Metal Ind., 51 (1974) 6, p. 346
- 24) たとえば  
宮内邦雄, 田中英記, 本多成治, 細野和典, 吉田清太: 理研報告, 44 (1968), p. 197
- 25) 吉田清太, 宮内邦雄: 日本機械学会誌, 71 (1968), p. 1372
- 26) 佐友秀彦, 荒川基彦: 塑性加工講演論文集, (1976), p. 151
- 27) U. S. Patent No. 3, 568, 486(Mar. 9, 1971)
- 28) M. P. SIDEY: Sheet Metal Ind., 52 (1975) 6, p. 329
- 29) B. FOGG: Sheet Metal Ind., 53(1976)5, p. 294