

討10

住友金属中研 ○須藤忠三, 林 豊, 西原 実

1. 緒 言

プレス成形において、材料が金型面上をすべる際に生じる焼付きによって成形品表面が著るしく損傷される現象を「型かじり」とよんでいる。自動車部品については岩崎⁽¹⁾による観察的な報告がある。

型かじりの発生機構には不明な点が多いが、現象的には焼付きによる溶着金属が一種の構成刃先として作用し成形品を損傷させる場合と、焼付きによって型表面が損傷しそれにより二次的に成形品を損傷させる場合がある。⁽²⁾ いずれも成形数増加とともに急速に成長し、最終的には型補修を必要とする。

型かじりは熱延鋼板の成形ではこれまでもよくみられたが、最近自動車用として高張力鋼板やステンレス鋼板の用途が拡大されてきたことから、対策が急がれている。この観点から、有効で簡便な試験法を検討し、型かじり挙動を調査してきたので報告する。

試験法としては幾つか発表されているが⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾、現段階ではプレス成形の形式による模型的試験が妥当なものとする。この意味で、著者らはU曲げしごき法を提案し、実際にも絞り成形側壁のかじりなどにかなり対応することも確認している。すでに熱延鋼板に関しては一部報告したが⁽⁶⁾、ここでは高張力鋼板を供試材として検討した。⁽⁷⁾

2. 実験方法

2.1 試験法 U曲げしごき法の原理を図1に示す。材料の受ける変形はダイス肩での曲げ、曲げ戻しと側壁でのしごきである。スペーサ厚みを板厚より大きくとり、板押え力が直接材料に作用しないようにしている。この金型を用いて成形数を連続的に増やし、型かじり発生状況を見る。

なお、ポンチ力(P)とダイス反力(F)を測定し参考データとしている(下死点での最大値を測定した)。

ポンチ型材はSKD11で、ポンチ面でのかじり防止のためMoS₂を塗布した。ダイス型材および潤滑油は実験条件として変えたが、特記しない場合はSKD11と防錆油を用いた。表1に供試材を示す。高張力鋼板G材を基準材とし他は比較用である。

2.2 型かじりの発生状況とその評価法 本試験法におけるダイスへの焼付き、溶着と成形品の型かじり状況を観察すると、次のようであった。

溶着部位としてはダイス肩と側壁であるが、一般にしごきのない場合はダイス肩、しごきのある場合は側壁である。すなわち、最大面圧を示す部分に生じる。この場合の型かじり状況は図2のようで、溶着部位によって若干形態が異なる。側壁溶着の方が面積の広い面状キズで成長も速い。ダイス肩としごき側壁では面圧の絶対値が異なるので、型かじりの面

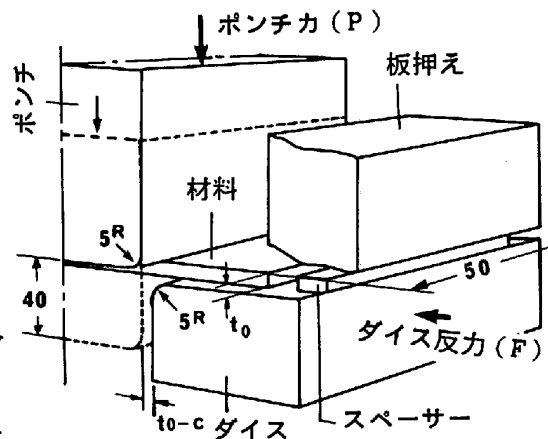
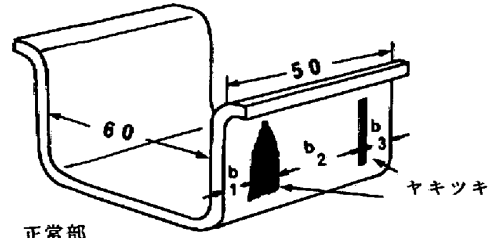
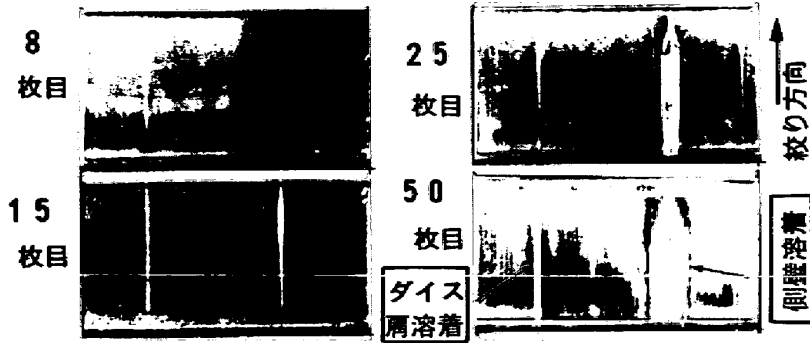


図1. U曲げしごき法型構造

表1. 供試材特性(3方向平均)

材質	t ₀ mm	YP kg/mm ²	TS kg/mm ²	El %	粗さ μ
A 一般材	0.8	16.0	28.4	50.5	5.6
B	"	16.6	31.0	46.3	6.7
C	"	24.8	33.9	44.1	7.7
D	1.2	16.1	32.8	45.8	6.0
E 高張力	0.8	34.4	47.1	32.5	5.2
F 鋼	"	44.5	75.8	22.9	4.4
G	1.2	36.1	68.3	25.6	3.8
H 18-8	1.2	28.0	67.7	58.0	ブライト



正常部
残存率 = $(b_1 + b_2 + \dots) / 50 \times 100(\%)$

↑ 図 3. 型かじり評価法

← 図 2. 型かじり発生状況

圧依存性の点で区別して考えた方がよい。

しごき量の設定は特に重要な因子で、実際の成形条件に対応させるべきであるが、実際の条件は一律ではなくまた型かじりとしては面状キズが特に有害であるから、ここでは側壁溶着に限定し12tに対して実しごき量5/100mmを基準とした。

型かじりの評価法としては目視判定と対応させる意味で、図3に示す「正常部残存率」を用いた。

3. 型かじりに対する土具条件の影響

3.1 ダイスの表面粗さと材質 ダイス表面を種々の粗さの研磨紙で成形方向に直角方向に研磨し、型かじりの発生状況をみた。結果を図4に示す。明らかに粗さの小さい方がよく、高硬度の型材ほどそれに敏感である。同じ粗さでは硬度の高い方がかじりやすい傾向が認められる。

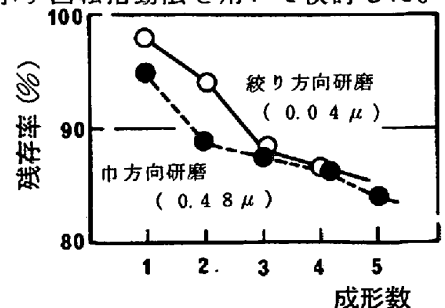
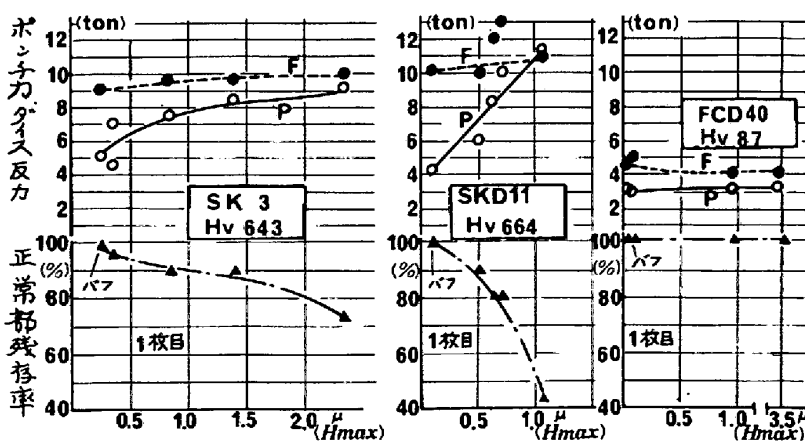
鋳鉄では粗さとは無関係に型かじりが発生しなかった。荷重特性をみると、特にポンチ力が工具鋼に比べて著るしく低いのが特徴で、工具鋼と鋳鉄では型かじり挙動が基本的に異なるように思われる。

図5は研磨方向の影響をみたもので、#240研磨紙で絞り方向、直角方向に各々研磨して型かじり状況を観察した。若干絞り方向がよいようであるが、大きな差は認められなかった。

3.2 考察 型かじり現象を巨視的にみれば、焼付きによる溶着金属が直接成形品を損傷させる場合と、型の摩耗損傷面が二次的な焼付きを生じて型かじりとなる場合が考えられる。もちろん、焼付きが型面を損傷させることも考慮しなければならない、この観点から、型の摩耗状況と焼付き挙動を検討してみた。

図6は、U曲げしごきダイスの摩耗状況を表面粗さ計で測定したものである。工具鋼(SKD11)では成形数が少ないこともあるが摩耗は認められない。鋳鉄(FCD40)とA1ブロンズでは軟質であるため摩耗は大きい、摩耗面の損傷は鋳鉄の方が激しい。

次に焼付き状況に関しては、U曲げ法では明瞭でないので図7に示す回転摺動法を用いて検討した。



↑ 図 5. 研磨方向の影響 (型材 SKD11)

← 図 4. 表面粗さの影響

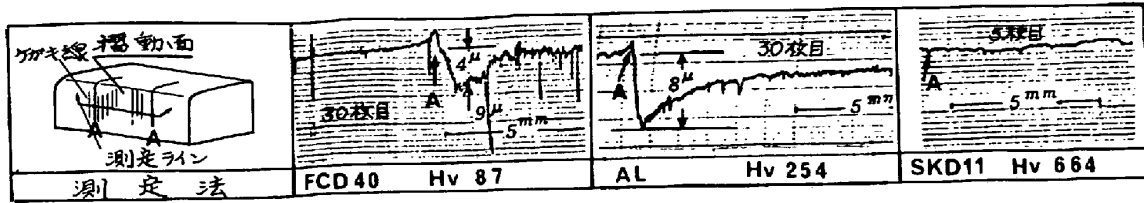
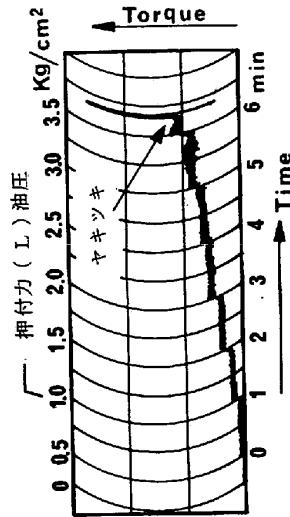
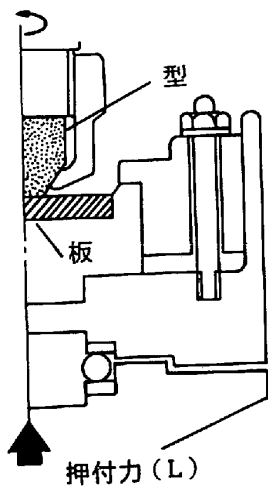
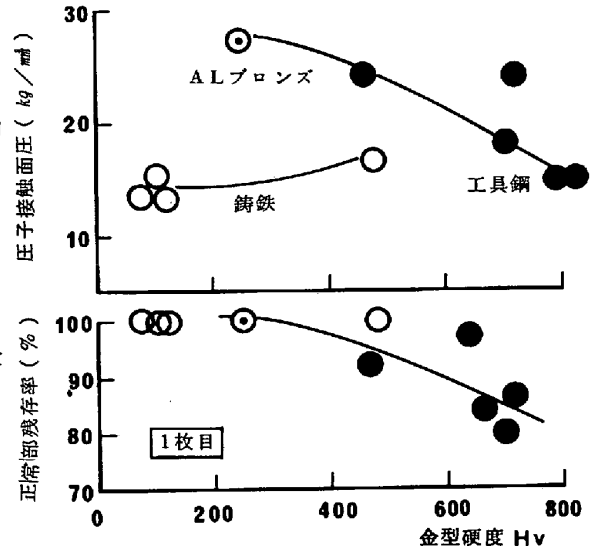


図6. U曲げダイスの摩耗状況



← 図7. 回転揺動装置

図8. → 焼付きと型かじりの関係



すなわち、型材と同じ材質の円錐台圧子を一定の押付力の下で回転させ、トルクを測定する。押付力を順次増加させるとトルクも比例的に増加するが、押付力がある限界に達するとトルクが急激に振動するようになる。これを焼付き発生したものと考え、その時の押付力を焼付荷重とする。

図8に測定結果を示す。図6とあわせ、実験範囲内で型材の性格が2つに分類できる。1つは工具鋼系で、摩耗が少なく焼付荷重と型かじりとが直接対応する。これは全体に高硬度であるので、溶着金属が型表面に固着し、溶着の程度がそのまま型かじりに反映するためであろう。ALブロンズの場合も工具鋼系の延長上にあるが、摩耗が大きいため性格は若干異なる。しかし、摩耗面が平滑であるから焼付きの少ないことがうかがえる。なお図8でも、硬度の高い工具鋼がかじりやすい傾向が認められる。

ところで、工具鋼は鋼板よりはるかに硬度が高いので、接触面では鋼板表面が塑性変形し型の表面凹凸になじむと考えられる。そこで型表面粗さが大きい場合鋼板表面からより深く溶着し、したがって成長も速いとすると型表面粗さと型かじりの関係が一応理解できる。一方、型硬度が低くなると型表面凹凸も若干は塑性変形して実質的に粗さが減少すると考えれば、低硬度の方が有利となる。

型材のもう1つのタイプは鋳鉄系である。焼付荷重が低く摩耗大であるが型かじりをほとんど起さない。これは型硬度が非常に低いため、型表面が容易に欠落して成形品表面自体は損傷を受けないものと考えられる。摩耗面の損傷はかなりあるので、焼付荷重が低いことに関係があるものと考えられる。

さらに工具鋼としてはかなり低硬度であるSKD5などの場合は、強い型かじりを生じることが認められている(データは図示せず)。これは焼付きにより型表面が損傷し、それが二次的な型かじりとなってあらわれたものである。中程度の硬度範囲はこの意味で好ましくない。

以上を要約すると、型かじりは耐焼付性、型摩耗面の性状、型材と鋼板の強度などが相互に影響し合う複雑な現象と云える。概念的には図9のような一つの見方ができるように思われる。すなわち、型の表面仕上をよくすれば耐焼付性が向上するものとするれば、耐摩耗と耐かじりを両立させるにはある最適な硬度範囲があり、鋼板強度が高くなればこの範囲も高硬度側に移動する。反面、表面仕上に対する要求は厳しくなる。

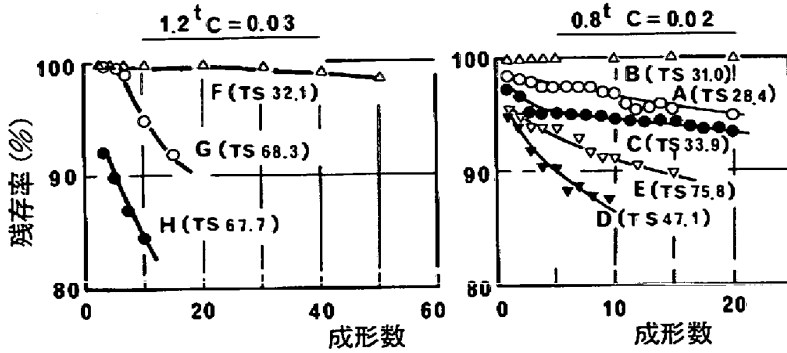


図10. 材料強度別型かじり発生状況

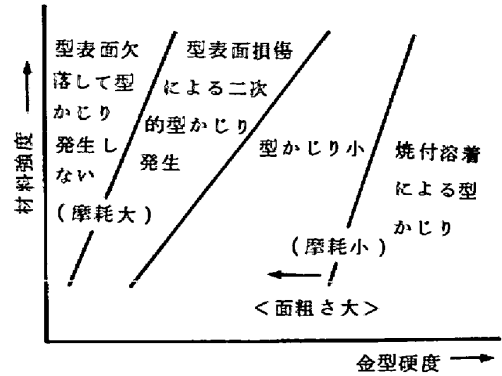


図9. 型硬度、材料強度と型かじり挙動との相互関係(図式的説明)

4. 型かじりに対する材料の影響

図10に示すように、引張強さの高い材料が概して劣る傾向にある。これは面圧増加による摩擦熱および変形エネルギー増加などによる温度上昇のためと考えられる。一部材料順位に乱れがあるが、鋼板の表面粗さではうまく整理できなかった。表面の化学的性状の差によるものかも知れない。ただ、18-8ステンレス鋼に比べれば高張力鋼板の型かじりは少ない。

高張力鋼板の強度面での不利を補なうものとして、著者らは鋼板表面に予め潤滑処理を施す方法に注目し、新タイプの潤滑処理鋼板の実用化を進めてきた。その潤滑皮膜は図11に示すような二層構造で、成形時の加工熱により境界層が生じこれが潤滑性を高めると言われている。この点が本潤滑処理の特徴となっている。

図12に潤滑処理鋼板の効果を他の潤滑油との比較で示す。ただし潤滑効果を明確にするためにしごき量を上げてある。潤滑油の効果は非常に大きい。特に潤滑鋼板では型かじりは全く発生しなかった。潤滑油の場合は一般に境界潤滑状態になるのに対して、本潤滑皮膜では鋼板と金型との金属接触が完全に防止されており、皮膜が機械的に破壊されない限り型かじり防止能力は極めて高い。

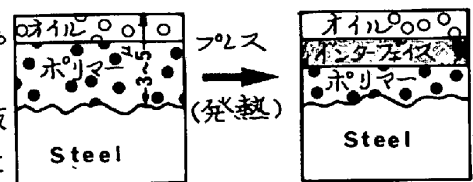


図11. 潤滑皮膜の構造

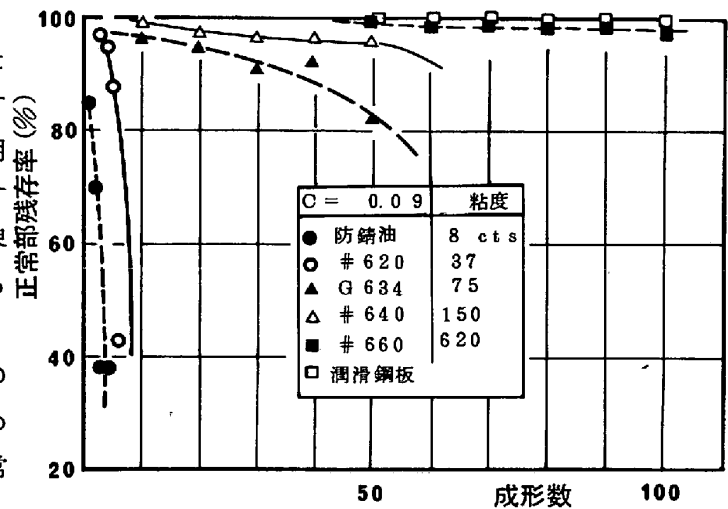


図12. 潤滑および潤滑処理鋼板の効果

5. 結 言

型かじり試験法としてU曲げしごき法を提案し、それを用いて高張力鋼板の型かじり挙動を検討した。特に対策の観点から、工具条件の影響や鋼板の潤滑処理の効果を調査し、2, 3の知見を得た。微視的な発生機構に立入った考察はできなかったが、シミュレーションテストにより現象的にはほぼ実物に対応する結果が得られたものと考えられる。

文献 1) 岩崎 51回塑性加工シンポジウム('75), 52 2) 花井他 金属学会秋季シンポジウム('75), 148 3) 松藤他 25回塑加連講論('75), 101 4) 川崎製鉄 薄鋼板成形技術研究会資料('74) 5) 武智他 89回鉄鋼協会講論集('75), 169 6) 林他 88回鉄鋼協会講論集('74), 142 7) 須藤他 昭50塑加春講論('75), 105, 26回塑加連講論('75), 245