

氏名(本籍)	中島浩衛(長野県)
学位の種類	工学博士
学位記番号	工第54号
学位授与年月日	昭和43年9月18日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和31年3月 東北大学工学部機械工学科卒業
学位論文題目	薄鋼板の張出し成形に関する研究

(主査)

論文審査委員	教授 横堀 武夫	教授 萱場 孝雄
	教授 竹山 寿夫	教授 戸部 俊美
	教授 須藤 一	

論文内容要旨

近年、自動車工業、電気工業などの著しい発展に伴い、薄鋼板を用いて成形される自動車車体、機器容器を初めとする各種軽量構造物の軽量化、およびこれら構造物の量産化、大型化、さらにその性能向上が極めて重要な問題となっている。薄鋼板を用いたこれら軽量構造物の成形は、従来絞り成形されていたものが、近年張出し成形を主体とした成形様式に変わってきた。これら軽量構造物の軽量化と性能向上において、曲面をもって構成される成形物の寸法精度の向上、張り剛性の増大に関する研究、さらに成形物の側壁部あるいは変形の局所化し易い張出し成形部などにおいて発生する割れの防止をはかるための成形限界の究明と成形難易のクリテリヤ(判定基準)の確立に関する研究は、本問題解決の中核をなすものである。

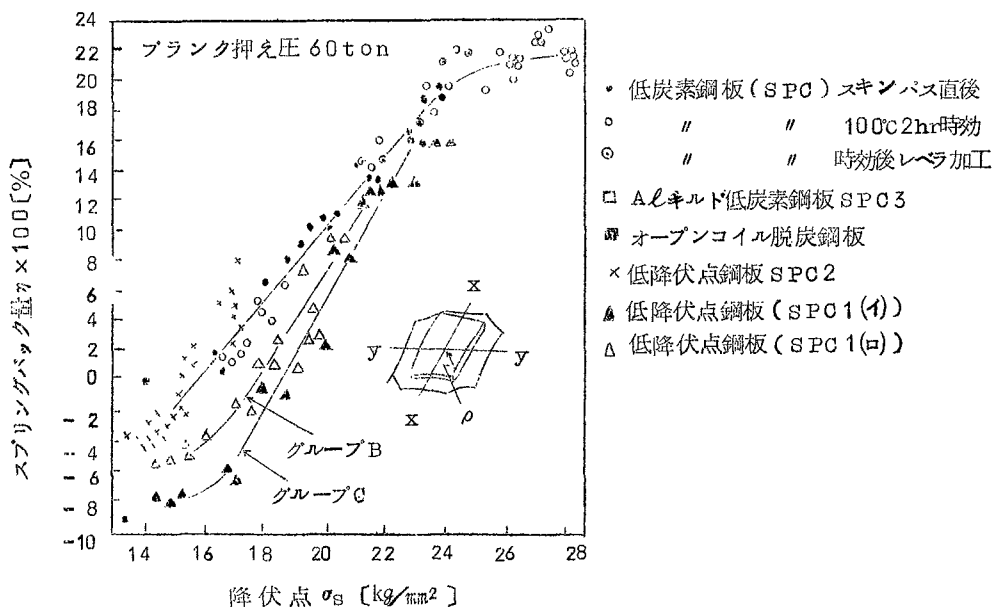
そこで、薄鋼板の二軸応力下における張出し成形に関する研究を行ない、張出し成形における寸法精度を支配するスプリングバック特性、及び張り剛性の特性を明らかにし、これを著しく向上させる材料特性を見出した。この材料特性をもった薄鋼板が低降伏点鋼板として開発され実用化されて大量に使用されるに至っている。さらに薄鋼板の二軸応力下での張出し成形限界曲線を求めて、実用成形の場合の成形難易のクリテリヤを確立し、実用成形の適正材料の供給と使用の面で有効に活用されている。

本論文はこれらの研究結果をまとめたものであり、9章よりなる。

第1章は緒論である。

スプリングバックについて、従来単純曲げ成形の場合には、縦弾性係数 E 、加工硬化指数 n 、塑性係数 c などの影響が知られているが、二軸応力下での張出し成形の場合には如何なる材料特性が影響するか不明であった。

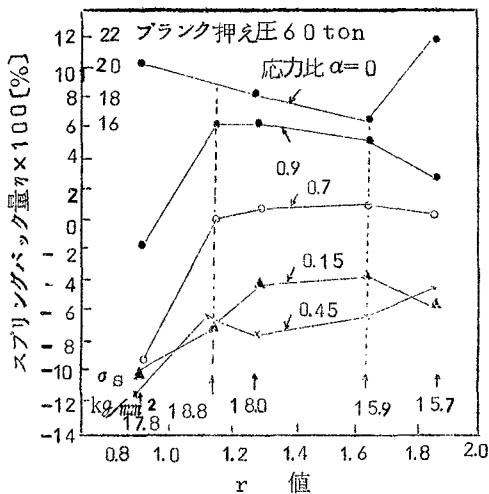
第2章では、二軸応力下での張出し成形物の寸法精度はスプリングバックによって支配され、第1図に示すように、降伏点とスプリングバックとの間に密接な関係があり、薄鋼板の降伏点が低いことが、スプリングバックを減少させることを見出した。



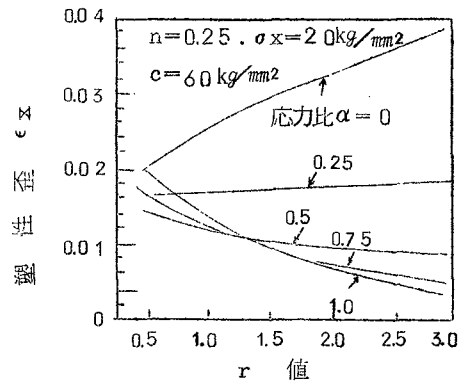
第1図 張出し成形におけるスプリングバックと降伏点との関係

さらに、低降伏点鋼板の製造条件について検討し、製造条件の違いにもとづく材料特性の違いによって、スプリングバック特性が異なることを明らかにした。また薄鋼板の異方性の影響は、主として降伏点の異方性として影響することを示した。

第3章では、張出し成形過程における成形曲面の塑性変形量とスプリングバック特性との関係を実験的に導き、塑性変形量の大きい場合ほど寸法精度の向上がえられることを明らかにした。薄鋼板の材料特性値としては、降伏点の他に塑性係数 c と加工硬化指数 n が $\frac{1}{n} \ln c$ として影響することを示した。また、他の材料特性値が同じならば、第2図に示すように二軸応力下では塑性異方性 r 値が低いほどスプリングバックが小さくなり寸法精度の向上がえられることを明らかにし、また第3図に示すように塑性異方性理論にもとづき塑性変形量に及ぼす r 値の影響を説明した。



第2図 各種応力条件における塑性異方性 r 値とスプリングバックとの関係



第3図 各種応力条件における塑性異方性 r 値と塑性変形量との関係

第4章では、張出し成形物の曲面部の張り剛性に及ぼす材料特性及び応力比などの成形条件の影響についてしらべ、材料特性及び成形条件の影響は、第4図に示すように、成形後の曲面形状の効果が最も著しく影響することを見出した。薄鋼板としては、スプリングバックを最も小さくする低降伏点鋼板が適することを明らかにした。

さらに張り剛性に及ぼす板厚、弾性係数の影響について検討し、成形物の張り剛性が近似的に弾性問題として取り扱えることを示した。

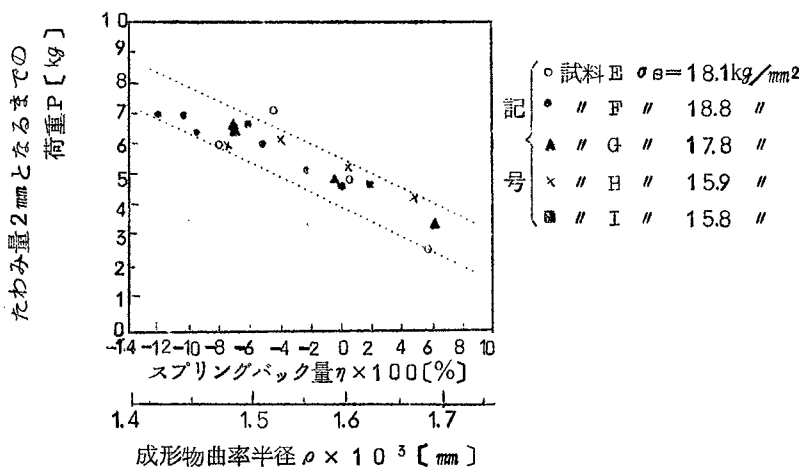
第5章では、従来より定説がなかった、薄鋼板の張出し成形における破断にいたるまでの変形過程としての塑性不安定に関して、塑性異方性理論にもとづき、拡散、局部両ネッキングに及ぼす応力条件、塑性異方性 r 値、及び加工硬化指数 n 値の影響について、円形、楕円形液圧パルジ

試験によって実験的研究を行なった。その結果、各種応力条件のもとで拡散ネッキングの理論が最もよく一致することを示した。十分な延性をもった通常の低炭素鋼板では、塑性不安定による拡散ネッキングが生じて、直ちに破断にいたることはなく、破断までになお十分な塑性変形を伴うことを明らかにした。

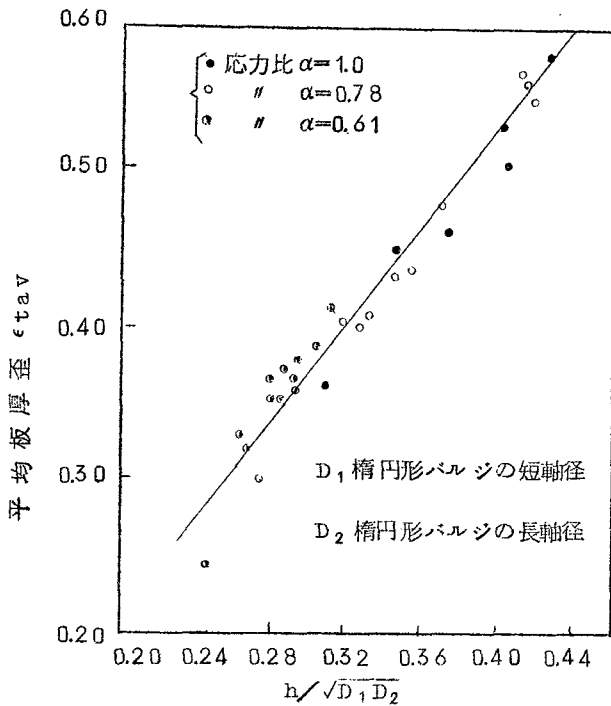
第6章では、二軸応力下での張出し成形における局部の破断歪と張出し性との間には、歪分布が材料特性の違いのため著しく異なる場合には、相関がえられないけれども、第5図に示すように、積分した平均歪と張出し性との間にはよい相関があり、この平均歪が大きいものほど張出し性がすぐれていることを明らかにした。

さらに、材料特性と張出し性との関係をしらべ、 n 値、均一伸び、全伸びと張出し性との間に相関があり、一軸引張り条件で拡散ネッキング後の伸びがすぐれているものは二軸応力条件でも、同様の特性のあることを明らかにした。

さらにまた、二軸応力下における破断は、Voidを伴った剪断型であることを顕微鏡観察によって示した。



第4図 張出し成形物の張り剛性と成形後のスプリングバック及び曲面形状との関係



第5図 二軸張出し成形における張出し性と積分した平均板厚歪との関係

第7章では、二軸応力下での各種成形条件に対する成形限界を明らかにするため、両軸ともに伸び変形となる張出し成形領域Ⅰ ($\epsilon_x, \epsilon_y > 0$) では、潤滑条件を変えることによって成形限界曲線を求めた。従来は、二軸応力下での一方が縮み変形を伴う張出し成形領域Ⅱ ($\epsilon_x > 0, \epsilon_y \leq 0$) の成形限界曲線は全く明らかにされていなかった。一方自動車車体成形では、この領域において破断を伴う例が多く、この領域の成形限界が特に重要となっている。そこで著者は写真1に示す独特な張出し試験法を考案して、第6図に示すような全張出し成形領域にわたる成形限界曲線を実験的に明らかにし、張出し成形難易のクリテリヤ(判定基準)を提案した。

第8章では、本研究によってえられた張出し成形限界曲線を実際の自動車車体成形に適用した結果について述べており、その結果は著者の提案した基準がきわめてよく一致することを示している。

第9章は、本研究の結論である。

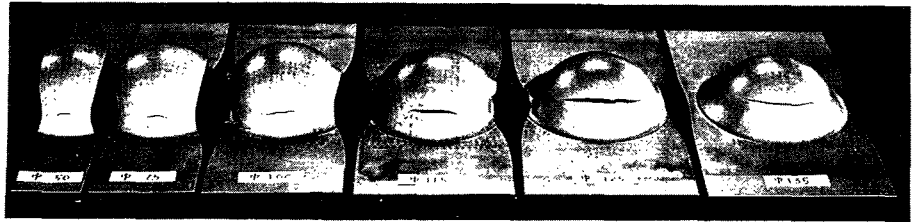
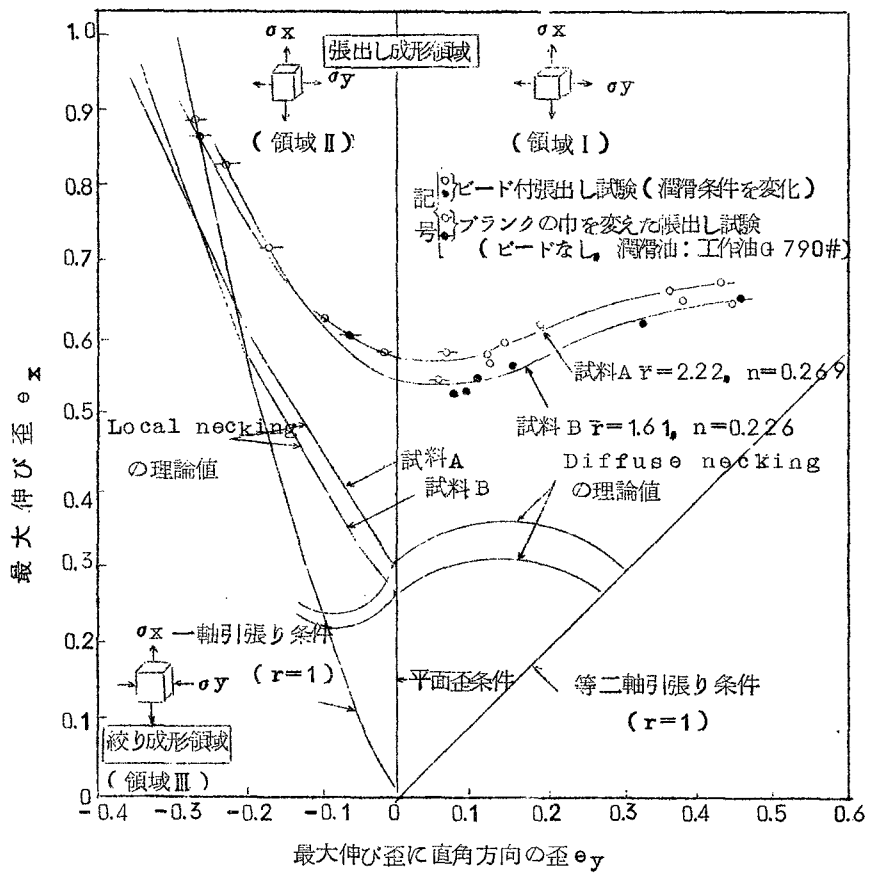


写真-1 一方が縮み変形を伴う張出し成形試験法



第6図 二軸応力条件での全成形領域における張出し成形限界曲線

審 査 結 果 の 要 旨

近年、自動車工業などの著しい発展に伴い、これら各種軽量構造物の軽量化と、その性能向上とが緊要な問題となっている。薄鋼板張出し成形物の寸法精度の向上、張り剛性の増大、成形過程でき裂の発生しない成形限界の究明、およびそのクライテリオン（判定基準）の確立に関する研究は本問題解決の中心をなすと考えられる。

本研究はこの観点から薄鋼板の二軸応力下での張出し成形に関して、成形物の寸法精度を支配するスプリングバック、及び変形に対する抵抗としての張り剛性についてしらべ、これらを向上させる材料特性を見出し、さらに薄鋼板張出し成形限界曲線を求めて成形限界のクライテリオンを確立した。本論文はこれらの研究結果をまとめたものであり、9章よりなる。

第1章は緒論である。

第2章では二軸応力下の張出し成形において、降伏点を低くすると各種の成形条件の下でのスプリングバックを減少させることを実験的に見出し、理論的説明を与えている。

第3章では二軸応力下の張出し成形での寸法精度を与える関係式を導き、塑性異方性の影響を明らかにした。

第4章では成形物の張り剛性に関して、材料特性および応力比など成形条件の影響についてしらべ、その結果、薄鋼板としては、スプリングバックを小さくする低降伏点鋼が適することを明らかにした。

第5章では二軸応力下での張出し成形における塑性不安定に関する実験を行ない、その結果、拡散ネッキングの理論がもっともよく一致することをたしかめている。

第6章では二軸応力下での張出し成形において積分した平均歪と張出し性との間に関係があり、この歪が大きいほど張出し性がすぐれていることを実験的に見出している。さらに、この平均歪と材料特性との関係を求めている。

第7章では、従来不明であった二軸応力下での一方が縮み変形を伴う張出し成形領域の成形限界曲線を求めている。自動車車体成形では、この領域にて破断を伴う場合が多く、この領域の成形限界が特に重要な問題である。著者は独自の張出し試験法を考案して、張出し成形全領域にわたる成形限界曲線を実験的に明らかにし、張出し限界のクライテリオンを提案した。

第8章は本研究によって得た成形限界曲線を自動車車体成形に適用した結果を述べたものであり、その結果は著者の提案したクライテリオンがきわめてよく一致することをしめしている。

第9章は本研究の結論である。

以上要するに本論文は、薄鋼板の張出し成形に関し、成形物の寸法精度向上と張り剛性の増大

法を見出し、かつ、この種の成形限界のクライテリオンを確立したものであり、機械工学上寄与するところが少なくない。

よって本論文は、工学博士の学位論文として合格と認める。