

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 和田 肇 印

題 目 薄鋼板の成形性に及ぼすひずみとひずみ速度および温度の影響に
関する研究

学位論文の概要及び要旨

自動車の軽量化の促進や衝突安全性への対応のために、高強度鋼板の自動車部品への採用が増加している。一方で、高強度鋼板は延性が小さいことや弾性域が大きい特性を持つため、薄鋼板の代表的加工であるプレス成形加工において割れや寸法不良などの問題を起こしている。

このような問題を踏まえ、本論文では、近年急速に進化しているIT関連技術を利用した試験により、薄鋼板の高速塑性特性や変形の進行に伴う塑性特性の変化、および高温下での塑性特性を取得し、得られた塑性特性に基づき、実際の薄鋼板の成形に用いることのできる塑性学的指針を得ることを目的とした。主な成果を要約すると以下のとおりである。

まず第1章では、薄板鋼板の置かれている現状とその背景述べるとともに、これまでに行われた関連する研究を紹介し、本研究の目的と研究の進め方、ならびに研究内容の概要を述べた。

第2章では、成形量や成形速度により製品の寸法に違いが生じる問題に対応して、薄鋼板の塑性異方性に及ぼす引張ひずみと引張ひずみ速度の影響を検討した。高強度鋼板とSPCCの r 値および n 値を比較し検討し、次のようなことが明らかになった。 r 値に関しては、平均 r 値および r 値の面内異方性 Δr は、ひずみ速度とひずみの両方に依存し、その程度は材料により異なることが分かった。SPCCと比較すると、DP鋼やTRIP鋼の平均 r 値に及ぼすひずみ速度とひずみの影響は小さかった。 n 値に関しては、高強度鋼板の平均瞬間 n 値 \bar{n}^* はひずみ依存性を示し、 ϵ が大きくなると \bar{n}^* は小さくなった。JSC980Yはひずみ速度の依存性もあり、 $\dot{\epsilon}$ が高くなると \bar{n}^* が大きくなった。これらの結果は、DP鋼板をプレス成形する場合は、被成形物各部での ϵ の差を小さくするよう、コーナー部半径を大きくすることで ϵ の不均一を軽減し、被成形物の割れを防止したり、試行時と実成形時のプレス速度を同一にすることで、被成形物の寸法の違いを小さくしたりできることを示唆している。

第3章では、変動温度サイクル法による薄鋼板の変形荷重温度特性の簡易測定法を提案した。提案した簡易測定法は、三点曲げ試験において試験片に変動する温度サイクルを与えながら、継続した変形荷重を測定する試験法である。この変動温度サイクル試験法では、加熱状態での三点曲げ変形荷重と、加熱変形後室温まで冷却した時の三点曲げ変形荷重のデータを同時に得ることができるため、薄鋼板の曲げ変形荷重温度特性を、簡便に知る方法として有用であることが明らかになった。さらに、変動温度サイクル試験の結果から、加熱温度に対応したスプリングバック量（角度）を推定する方法を確立した。

第4章では、薄鋼板の成形性に及ぼす成形温度の影響を単軸引張試験により検討した。得られた結果は次のとおりである。JSC980Yを除いてひずみ ϵ の進行に伴う \bar{r} 、 Δr の変化に対する温度の影響は少ないといえる。ただ、JSC980Yでは、300℃において10%をこえる大きな変形を行う場合に、加熱成形により最大荷重点を与える ϵ が約25%大きくなった。 n 値に関しては、室温下と同様に高温下においても最大引張荷重点で、ひずみ ϵ と瞬間 n 値である n^* とが一致することが確認された。また、試験に供したいずれの鋼板も青熱脆性温度域を除き成形温度の上昇に伴い最大引張荷重点を与えるひずみ ϵ が小さくなった。加熱により成形範囲が狭くなることに注意すべきことを意味している。一方では、JSC980Yのように、青熱脆性域で最大引張荷重点を与えるひずみ ϵ が大きくなる特性を活用することが可能であることも示唆している。

第5章では、第3章・第4章の結果を適用した単軸引張試験における試験片挙動のコンピュータ解析を行い、解析の実用化のための基礎的指針を得た。研究は、動的陽解法有限要素解析により、BarlatとLianの異方性塑性モデルを適用し行ったコンピュータ解析の結果を、単軸引張試験で得られた結果と比較することで進めた。得られた結論は次のとおりである。まず、有限要素解析法については、塑性変形を扱う場合は静的陰解法でなく動的陽解法のほうが実際の現象に適合した。動的陽解法においてBarlatとLianの異方性塑性モデルを適用すると拡散くびれと局部くびれの形状を得ることができた。さらに、単軸引張試験の塑性特性データを用いることにより、JSC980Yを除き引張試験におけるクロスヘッドストローク変形抵抗曲線をほぼ再現できた。実用性の評価については、試験による変形荷重曲線に対するコンピュータ解析による変形荷重曲線の乖離率によった。乖離率における、室温から500℃に至る温度の影響は多くの場合8.5%以下であることから、高温においても動的陽解法有限要素法による解析は実用性があることが分かった。

以上のように本研究により、薄鋼板の成形性に関する基礎的特性を得るとともに、温度特性の簡便な測定法を考案し提案した。さらに、得られた基礎的特性を用いたコンピュータ解析の有用な活用への指針を得た。これらの成果は薄鋼板の絞り成形など、さらに実用的な成形解析に進展することを確信する。