

2022年 1月 5日

機械工学専攻	学籍番号	第 131841 号	指導教員	安部 洋平
氏名	中村 尚誉			足立 忠晴

論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	軽量自動車車体用プレス成形部品の製造技術の開発
---------	-------------------------

(要旨 1,200 字程度)

地球温暖化防止のために、二酸化炭素排出量を削減する必要がある。自動車から排出される二酸化炭素の削減には軽量化が有効であり、外板と骨格部材からなる車体の軽量化が取り組まれてきた。外板には主に軟鋼板が使用されており、軽量なアルミニウム合金板に置き換えることにより軽量化が可能である。しかしながら、アルミニウム合金板の大きなスプリングバックのために金型形状の修正が必要になる。そのため、外観が重要な外板のプレス成形型の製作において非常に手間がかかるようになる。一方で、軽量化のために骨格部材に高強度鋼板が適用されている。高強度鋼板を用いることにより、耐衝撃性を損なうことなく板厚を減少させて軽量化できる。しかしながら、高強度鋼板の冷間プレス成形では大きなスプリングバック、低い成形性および低い工具寿命が問題となる。これらの問題を解決するには、ホットスタンピングが有効である。加熱された鋼板を金型に搬送して成形し、焼入れのために金型で保持することによって、スプリングバックなしで超高強度骨格部材が得られる。しかしながら、焼入れのための保持が10 s程度必要であり生産性が低い。加熱による酸化防止のために、ホットスタンピングでは一般的にAl-Siめっき鋼板が用いられるが、5 min程度の緩やかな加熱が必要であり、加熱スペースが大きくなる。自動車車体の製造において、プレス成形に用いる板材およびプレス成形品の機械的特性は不可欠であるが、引張試験には手間がかかる。また、超高強度鋼板は優れた強度を有するが、水素脆化遅れ破壊のリスクが高い。

本論文では、軽量自動車車体用プレス成形部品において、コスト低減と生産性向上を目的とした製造技術を提案した。

外板のプレス成形型の製作時間およびコストを低減するために、熱溶解積層法によって製作されたプラスチック型のアルミニウム合金板のプレス成形への適用性を調査した。プラスチック型はアルミニウム合金板の成形に適用可能であり、成形品の傷や焼付きを防止できる。

ホットスタンピングにおいて、ダイクエンチング中の工具面圧を大きくすることにより、焼入れのための保持時間を短縮した。また、非めっき鋼板を採用することによって加熱スペースを低減できる。非めっき鋼板のホットスタンピングにおける酸化スケールを効率的に除去するために、希薄リン酸を用いた2周波超音波洗浄を開発し、従来のショットブラストを省略できる。

鋼板およびプレス成形品の引張強さと全伸びを簡易的に推定する穴抜き試験を開発した。引張強さは最大穴抜き荷重におけるせん断応力から推定でき、全伸びはスラグのせん断面積割合から推定できる。また、超高強度鋼板のせん断加工における遅れ破壊の起点となる割れの発生しない限界残留応力を決定する手法を提案した。遅れ破壊の起点となる割れの発生しない水素量は、切口面の板厚方向の最大引張残留応力から評価される。

Date of Submission (month day, year) : Jan. 5, 2022

Department of Mechanical Engineering	Student ID Number D131841	Supervisors Yohei Abe Tadaharu Adachi
Applicant's name Naotaka Nakamura		

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Development of Manufacturing Technology of Press-Formed Parts for Lightweight Automobile Bodies
-----------------	---

Approx. 800 words

To prevent global warming, the emission of carbon dioxide should be reduced. The weight reduction is effective to reduce the emission of carbon dioxide from automobiles, and the weight reduction of automobile bodies composed of outer panels and structural parts has been performed. Mild steel sheets are mainly used for the outer panels, and the weight of the outer panels can be reduced by replacing the mild steel sheets with lightweight aluminium alloy sheets. However, the modification of die shapes is required because of the large springback of the aluminium alloy sheets. Therefore, the production of dies for the outer panels, where the appearance is important, becomes considerably laborious. On the other hand, high strength steel sheets are applied to the structural parts to reduce the weight. By using the high strength steel sheets, the weight is reduced by reducing thickness without compromising impact resistance. However, in cold stamping of the high strength steel sheets, large springback, low formability and low tool life are problematic. To solve these problems, hot stamping of quenchable steel sheets is effective. A heated sheet is transferred to dies, then the sheet is formed, and held by the dies for quenching, and an ultra-high strength structural part is obtained without springback. However, the holding time of about 10 s for quenching is required, and thus the productivity is low. To prevent the oxidation by heating, Al-Si-coated steel sheets are generally used for hot stamping, whereas slow heating of about 5 min is required and the heating space becomes large. In manufacturing of the automobile bodies, the mechanical properties of sheets used for press forming and press-formed parts are indispensable, whereas the tensile test is laborious. In addition, ultra-high strength steel sheets have the advanced strength, whereas the risk of the hydrogen-induced delayed fracture is high.

In this paper, in press-formed parts for lightweight automobile bodies, the manufacturing technology to reduce the cost and improve the productivity was proposed.

To reduce the production time and cost of the dies for the outer panels, the applicability of plastic tools manufactured by fused deposition modelling to press forming of the aluminium alloy sheets was investigated. The plastic tools are applicable to forming of the aluminium alloy sheets, and the scratches and seizure of the formed parts are prevented.

In hot stamping, the holding time for quenching was shortened by increasing contact pressure during die quenching. In addition, the heating space can be reduced by using uncoated steel sheets. To remove the oxide scale in hot stamping of the uncoated steel sheets efficiently, dual-frequency ultrasonic cleaning with a diluted phosphoric acid solution was developed, and conventional shot blasting processes are omitted.

A punching test for simply estimating the tensile strength and total elongation of steel sheets and press-formed parts was developed. The tensile strength and total elongation can be estimated from the shear stress at the maximum punching load and percentage of the burnished depth at the sheared edge of the slug, respectively. In addition, an approach for determining the critical residual stress without the occurrence of delayed cracking in shearing of the ultra-high strength steel sheets was proposed. The allowable amount of hydrogen without the occurrence of delayed cracking is evaluated from the maximum tensile residual stress in the thickness direction at the sheared edge.