

Tytuł rozprawy doktorskiej – mgr inż. Krzysztof Wałęsa

Analiza zautomatyzowanego procesu doczołowego łączenia termozgrzewalnych pasów napędowych i transportujących

Streszczenie

Tematyka rozprawy doktorskiej związana jest z problematyką produkcji termozgrzewalnych pasów napędowych i transportujących o przekroju kołowym, wykonanych z elastomerów termoplastycznych. Jednym z ważniejszych etapów procesu produkcyjnego takich części maszyn, jest łączenie doczołowe półproduktu pasa do postaci zamkniętego obwodu o ściśle określonej długości. W praktyce przemysłowej proces ten jest realizowany poprzez zgrzewanie doczołowe cięgna metodą gorącej płyty, przy czym w większości przypadków jest on wykonywany ręcznie, za pomocą zestawu prostych narzędzi. W celu poprawy powtarzalności cech otrzymywanych pasów, a także polepszenia efektywności produkcji, podjęto prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem takiej technologii zgrzewania tych elementów, która pozwoli na zautomatyzowanie tego procesu produkcyjnego. Efektem końcowym tych działań jest konstrukcja zautomatyzowanego urządzenia zgrzewającego, a także metodologia doboru parametrów technologicznych zapewniających efektywne zgrzewanie.

W pierwszym etapie prac badawczych dokonano rozpoznania właściwości materiału podlegającego zgrzewaniu. Na przykładzie określonego rodzaju pasa, wybranego jako studium przypadku, który jest wykonany z elastomeru termoplastycznego na bazie poliuretanu i ma średnicę zawierającą się w przedziale od 4 mm do 18 mm, rozpoznano podstawowe właściwości mechaniczne tego materiału w dziedzinie stałej i zmiennej wartości temperatury. Wyznaczono również wartości wybranych właściwości termicznych, niezbędne do dalszych prac badawczych nad zgrzewaniem. Obserwacje poczynione podczas wykonanych badań, pozwoliły wysunąć wnioski na temat zachowania się tego tworzywa w warunkach obciążeń mechanicznych, szczególnie w zakresie wyższych wartości temperatury, bliskich przewidywanej temperaturze zgrzewania.

W następnym etapie prac badawczych, dokonano szczegółowej analizy operacji zgrzewania doczołowego, zorientowanej na rozpoznanie zjawisk fizycznych zachodzących podczas tego procesu. Pozwoliło to na ocenę rozwiązań technologicznych zgrzewania znanych z literatury naukowej, a także następujące po tym opracowanie autorskiej metodologii przeprowadzania tego procesu, umożliwiającej jego zautomatyzowanie i implementację w projektowanym urządzeniu zgrzewającym. Rozważania te stanowiły podstawę teoretyczną do dalszych badań nad zgrzewaniem doczołowym pasów. Dotyczy to w szczególności jednej z najbardziej kluczowych operacji technologicznych wchodzących w skład tego procesu – uplastyczniania materiału pasa na gorącej płycie.

Na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych, ściśle odwzorowujących warunki uplastyczniania w rzeczywistym procesie produkcyjnym, rozpoznano zachodzące zjawiska fizyczne, co pozwoliło opracować wytyczne do przeprowadzania tej operacji w sposób efektywny, zapewniający jej

właściwy przebieg. W następnej kolejności, na podstawie: wartości rozpoznanych wcześniej właściwości termomechanicznych, wniosków z analizy wymiany ciepła podczas uplastyczniania, a także wyników analizy zachowania się materiału pod wpływem podwyższonej temperatury, opracowano metodologię szacowania wartości naprężenia uplastyczniającego. Działanie to pozwoliło na dobór parametrów technologicznych tej operacji, dla całego zakresu analizowanych średnic pasa, w taki sposób, aby przebiegała ona efektywnie. Biorąc pod uwagę dalsze planowane prace wdrożeniowe, szczegółowej analizie poddano również usuwanie wyplýwki po zgrzewaniu. W wyniku tego, opracowano metodologię przeprowadzania tej czynności, a także sformułowano model matematyczny pozwalający na szacowanie wartości siły technologicznej niezbędnej do ścinania wyplýwki za pomocą jednej krawędzi tnącej.

Wyniki przeprowadzonych prac badawczych, znalazły zastosowanie podczas projektowania zautomatyzowanego urządzenia zgrzewającego. Szczególnie ważnym etapem procesu projektowego, było opracowywanie struktury podstawowego elektromechanicznego układu napędowego, umożliwiającego zrealizowanie założonej metodologii zgrzewania. Rezultaty badań materiałowych oraz analiz związanych z operacją uplastyczniania, pozwoliły na opracowanie konstrukcji cechującej się możliwie dużym stopniem uproszczenia, co wpływa pozytywnie na możliwości zastosowania przemysłowego. Zaprojektowane urządzenie zostało zbudowane i wykorzystane do przeprowadzenia pilotażowych badań eksperymentalnych zautomatyzowanego zgrzewania, w warunkach przemysłowej produkcji pasów.

Dissertation title – MSc Eng. Krzysztof Wałęsa

**Analysis of the automated butt joining process
of the thermoweldable drive and conveyor belts**

Abstract

The subject of the dissertation is connected with the manufacturing of the thermoweldable belts which are used in drive and transportation systems. These belts have a circular cross-section and are made of thermoplastic elastomers. One of the most important stages of their production process is butt joining of the semi-finished product, in order to obtain the closed-loop with precisely defined length. In industrial practice, this process is performed by butt welding, using the hot plate method. In most cases this operation is carried out manually, using simple tools. In order to improve the repeatability of the quality of final products, as well as the efficiency of the production process, the research activity was undertaken in order to develop welding technology, that will allow performing this technological operation in the automated way. The final effect of the work is the construction of the automated welding machine and methodology of selection the technological parameters, which allows performing the hot plate welding process in an effective way.

In the first stage of the research work on welding, the properties of the welded material were recognized. On the example of a particular type of belt selected as a case study, which is made of thermoplastic polyurethane (TPU elastomer), and has a diameter from 4 mm to 18 mm, the basic mechanical properties of this material in the field of constant and variable temperature were recognized. Additionally, the values of selected thermal properties, which were necessary for further research work on welding were determined. The observations made during the tests, allowed to formulate conclusions connected with the behaviour of the material, especially in terms of higher temperatures, close to the predicted welding temperature.

In the next stage of research, a detailed analysis of a butt welding operation oriented to identify physical phenomena which occur during this process was made. This allows to evaluate the technical solutions applied to welding known from scientific literature, as well as the following development of the original methodology for carrying out this process, allowing its automation and implementation in a designed welding device. These considerations constituted the theoretical basis for further research on the butt welding process of the belts and in particular the most important operation – the plasticization of the belt.

On the basis of empirical tests, which strictly reproduced the plasticization conditions present at the actual production process, the occurring physical phenomena were diagnosed, which allowed to formulate guidelines for carrying this operation in an effective way that ensures a proper course. Next, on the basis of: values of previously recognized thermomechanical properties, conclusions from the analysis of heat exchange during plasticization, as well as the results of the analysis of material behaviour under the influence of high temperature, a methodology for estimating the values of the plasticization stress was developed. This action allowed to select technological parameters of this operation, for the entire scope of

the analyzed diameters of the belt, so that it will work effectively. Taking into account future planned implementation works, a detailed analysis of the flash removing after the welding process was performed. On the basis of that, a methodology for carrying out this operation was developed. In consequence, the mathematical model which allows to estimate the value of the technological force which is necessary to remove the flash by single edge cutting was derived.

The results of the research carried out, found the application during designing the automated welding device. A particularly important stage of the design process was to develop a structure and construction of the basic electromechanical drive system of this device, that allows the proposed welding methodology to be implemented. The results of the material research and analyses related to the plasticizing operation allowed to develop a structure characterized by a highly possible simplification, which affects positively on the possibility of industrial use. The designed device has been built and used for the experimental research connected with automated welding, during the industrial belt manufacturing.