

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono zagadnienie obróbki cieplno-plastycznej odkuwek stalowych z wykorzystaniem ciepła kucia. Przeprowadzono analizę stanu zagadnienia dotyczącą zastosowania obróbki cieplno-plastycznej w przemyśle kuźniczym. Następnie, na podstawie przeglądu procesów kucia występujących w zakładzie, wybrano trzy procesy różniące się gatunkiem stosowanej stali i rodzajem wykonywanej obróbki cieplnej oraz kształtem odkuwki. Zbadano parametry wybranych procesów prowadzonych w sposób konwencjonalny, gdzie obróbka plastyczna jest rozdzielona od obróbki cieplnej. Zmierzono za pomocą kamery termowizyjnej oraz termopary przebieg zmian temperatury odkuwki w poszczególnych operacjach kucia oraz operacjach zamykających proces kucia. W trakcie badań laboratoryjnych opracowano charakterystyki chłodzenia próbek wykonanych z wybranych gatunków stali, które pozwoliły wyznaczyć współczynnik przejmowania ciepła przez konwekcję, zależny od prędkości obrotowej wentylatorów chłodzących próbkę. Stworzono model matematyczny chłodzenia odkuwek na linii kontrolowanego chłodzenia, uwzględniający również wydzielanie się ciepła w trakcie przemiany fazowej austenitu w ferryt-perlit. Na tej podstawie możliwe stało się wyliczenie czasu chłodzenia odkuwki do założonej temperatury, więc również określenie parametrów linii kontrolowanego chłodzenia, takich jak prędkość obrotowa wentylatorów oraz prędkość przesuwania taśmy. Pozwoliło to na opracowanie założeń technologicznych obróbki cieplno-plastycznej odkuwek z wykorzystaniem ciepła kucia, które przetestowano w warunkach półprzemysłowych. Wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych prób pozwoliły na pełną weryfikację technologii w czasie przemysłowej obróbki cieplno-plastycznej odkuwek na specjalnie w tym celu zaprojektowanej linii technologicznej. W zmodyfikowanych procesach obróbki cieplno-plastycznej odkuwek przeprowadzono wyżarzanie izotermiczne stali 42CrMo4, ulepszanie cieplne stali C45 oraz normalizowanie stali P250GH. Przeprowadzone badania twardości próbek wyciętych z odkuwek poddanych obróbce cieplno-plastycznej potwierdziły zgodność wyrobów ze specyfikacją a tym samym zasadność wykorzystania ciepła kucia w procesach przemysłowej produkcji odkuwek.

ABSTRACT

The dissertation presents the issue of thermomechanical treatment of steel forgings using forging heat. An analysis of the state of the art regarding the use of thermomechanical processing in the forging industry was conducted. Then, after the review of the company's forging processes, three processes were selected, differing in the type of steel used, the type of heat treatment performed, and the shape of the forging. The parameters of selected processes carried out in a conventional manner, where metal forming is separated from heat treatment, were examined. The course of changes in the temperature of the forging in individual forging operations was measured using a thermal camera and a thermocouple. During laboratory tests, the cooling characteristics of samples made of selected steel grades were developed, which allowed to determine the heat transfer coefficient by convection, depending on the rotational speed of the fans cooling the sample. A mathematical model for cooling forgings on a controlled cooling line was created, also taking into account the heat release during the phase transformation of austenite into ferrite-perlite. On this basis, it was possible to calculate the cooling time of the forging to the assumed temperature, and also to determine the parameters of the controlled cooling line, such as the rotational speed of the fans and the linear speed of the conveyor belt. This allowed the development of technological assumptions for thermomechanical treatment of forgings using forging heat, which were tested in semi-industrial conditions. The conclusions drawn from the tests allowed the technology to be thoroughly verified during industrial thermomechanical treatment of forgings on a specially designed technological line. In the modified processes of thermomechanical treatment of forgings, isothermal annealing of 42CrMo4 steel, thermal improvement of C45 steel and normalization of P250GH steel were conducted. The hardness tests of the samples cut out from forgings subjected to thermomechanical treatment confirmed the compliance of the products with the specification and, therefore, the validity of using forging heat in the industrial production of forgings.