

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Wydział Inżynierii Materiałowej



Politechnika
Śląska

PRACA DOKTORSKA

**Opracowanie technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych
właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek
kształtowanych ze stali 22MnB5 z zastosowaniem chłodzenia
poza tłoczniem**

mgr inż. Robert Krupa

Promotor:

dr hab. inż. Krzysztof Radwański

Promotor pomocniczy:

dr inż. Władysław Zalecki

Katowice, 2024

Opracowanie technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek kształtowanych ze stali 22MnB5 z zastosowaniem chłodzenia poza tłoczniem

mgr inż. Robert Krupa

STRESZCZENIE

Wytwarzanie wysokowytrzymałych elementów konstrukcyjnych karoserii samochodowych poprzez obróbkę cieplną z hartowaniem w procesie tłoczenia na gorąco jest energochłonnym i stosunkowo czasochłonnym procesem w porównaniu do tłoczenia na zimno. Aby skrócić cykl wytwarzania rozważa się alternatywne strategie hartowania, polegające na przykład na chłodzeniu detalu na zewnątrz tłoczni. Jedną z takich strategii przedstawiono w niniejszej pracy doktorskiej. Głównym celem rozprawy było opracowanie sposobu i parametrów obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym poza narzędziem tłoczącym, pozwalających na uzyskanie wymaganych właściwości mechanicznych oraz dokładności kształtu wyrobów końcowych w postaci wytłoczek przeznaczonych dla przemysłu motoryzacyjnego.

W oparciu o istniejący stan wiedzy sformułowano następującą tezę naukową: hartowanie zanurzeniowe wytłoczek, uprzednio kształtowanych na zimno ze stali manganowo - borowej 22MnB5, pozwala na uzyskanie dokładności kształtu oraz właściwości mechanicznych osiąganych konwencjonalną metodą wytwarzania z zastosowaniem tłoczenia na gorąco i hartowania w tłoczni. W celu udowodnienia przyjętej tezy wykonano badania dylatometryczne, analizy mikrostrukturalne oraz badania wytrzymałościowe stali obrobionej cieplnie według eksperymentalnego cyklu z hartowaniem w wodzie o temperaturze pokojowej, oleju o temperaturze 20°C oraz 80°C. Charakterystyki materiału uzyskane podczas prób jednoosiowego rozciągania, prób trójpunktowego gięcia oraz pomiaru twardości na przekroju wytłoczki eksperymentalnej po różnych wariantach obróbki cieplnej, pozwoliły na wyciągnięcie wniosków i porównanie wyników z wymaganymi właściwościami mechanicznymi dla stali po tłoczeniu na gorąco i hartowaniu w tłoczni. Badania potwierdziły tezę dla próbek hartowanych w oleju o temperaturze 20°C i 80°C, wymagane właściwości

mechaniczne tj. umowna granica plastyczności $R_{p0,2}$, wytrzymałość na rozciąganie R_m , wydłużenie całkowite A_{50} , twardość HV oraz kąt gięcia $\alpha_{F_{max}}$ znajdowały się w granicach specyfikacji technicznej. Jednak dla próbek hartowanych w wodzie uzyskane wartości dla A_{50} oraz $\alpha_{F_{max}}$ znajdowały się poza dolną granicą specyfikacji. Hartowanie w oleju skutkowało lepszą plastycznością materiału w porównaniu z hartowaniem w wodzie. Poprawa właściwości plastycznych materiału po hartowaniu w oleju spowodowana była zmniejszeniem szybkości chłodzenia oraz wystąpieniem zjawiska samoodpuszczania martenzytu poniżej temperatury rozpoczęcia przemiany martenzytycznej M_s .

Zastosowane parametry temperaturowo – czasowe obróbki cieplnej miały wpływ na stabilność i dokładność kształtu wytłoczki eksperymentalnej. Wykazano, że chłodzenie w wodzie spowodowało duże odkształcenia hartownicze (wypaczenie), a odchyłki powierzchni badanej wytłoczki miały duży rozrzut, wykraczający poza dopuszczalne granice tolerancji powierzchni. Hartowanie w oleju przyczyniło się do powstania znacznie mniejszych wartości odchyłek powierzchni wytłoczki, których rozrzut znajdował się w polu tolerancji. Zmiana temperatury oleju z 20°C na 80°C nie wpłynęła zasadniczo na zmiany odchyłek powierzchni wytłoczek eksperymentalnych oraz na zmiany właściwości mechanicznych materiału, przez co możliwe jest rozszerzenie okna technologicznego w procesie obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że hartowanie zanurzeniowe w oleju o temperaturze 20°C i 80°C wykazuje potencjał zastosowania dla określonych geometrycznie i gabarytowo komponentów. W pracy opracowano założenia obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym dla wytłoczki eksperymentalnej, uprzednio kształtowanej na zimno. Przedstawiono również koncepcję pozwalającą zredukować odkształcenia hartownicze wytłoczek przy założeniu skrócenia cyklu produkcyjnego w porównaniu do obecnie stosowanej konwencjonalnej technologii tłoczenia na gorąco i hartowania w tłoczniku. Zaproponowano innowacyjną strategię oraz kierunek dalszych badań nad zastosowaniem tłoczenia na gorąco z niepełnym hartowaniem detalu w tłoczniku w zakresie temperatur M_s - M_f , a następnie końcowego hartowania zanurzeniowego poza narzędziem tłoczącym.