

MARCIN RYWOTYCKI

Wymiana ciepła w warunkach kontaktu narzędzia i materiału w wysokotemperaturowych procesach metalurgicznych

Streszczenie

Określanie warunków brzegowych wymiany ciepła w procesach wytwarzania i przetwarzania stali jest bardzo ważnym zagadnieniem podejmowanym przez wielu autorów prac badawczych. Zjawisko wymiany ciepła przy kontakcie dwóch powierzchni stałych występuje w licznych procesach metalurgicznych takich jak np. ciągle odlewanie stali lub procesy przeróbki plastycznej metali. Pola temperatur brył biorących udział w tym zjawisku są opisane równaniem Fouriera. Określenie termicznych warunków brzegowych jest konieczne do uzyskania dokładnego i jednoznacznego rozwiązania równania przewodzenia ciepła, które opisuje pole temperatury ciała uczestniczącego w tym zjawisku. Strumień ciepła pomiędzy narzędziem a przedmiotem obrabianym jest zależny od takich czynników jak temperatura, nacisk, czas kontaktu i wiele innych.

Bezpośrednia identyfikacja i wyznaczenie warunków brzegowych w tych procesach jest bardzo trudne i skomplikowane w realizacji. Rozwiązaniem tego problemu może być zbudowanie modelu procesu, wykonanie pomiarów na stanowisku badawczym i wykorzystanie metod numerycznych w celu wyznaczenia poszukiwanego warunku brzegowego. Weryfikacja zaproponowanych modeli musi odbywać się na podstawie wielkości łatwo mierzalnych w procesach przemysłowych. Należy do nich temperatura, którą można wykorzystać w metodach odwrotnych w celu wyznaczenia współczynnika wymiany ciepła lub strumienia ciepła.

W pracy została przedstawiona metodologia określania strumienia ciepła oraz współczynnika wymiany ciepła między dwoma ciałami stałymi pozostającymi w kontakcie. Zgodnie z jej założeniami należy przeprowadzić eksperyment i obliczenia numeryczne. Eksperyment polega na pomiarach zmiany temperatury w określonych punktach w dwóch próbkach pozostających w kontakcie. Obliczenia numeryczne przeprowadza się z wykorzystaniem rozwiązania odwrotnego dla równania przewodzenia ciepła i metody elementów skończonych do obliczania strumienia ciepła na powierzchni styku. Problem został rozwiązany przez zastosowanie metody elementów skończonych oraz autorskiego programu numerycznego opracowanego w Katedrze Techniki Ciepłej i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Wynikiem przeprowadzonych badań są zależności opisujące wartość współczynnika wymiany ciepła w funkcji: czasu kontaktu oraz temperatury powierzchni.

Analizie został poddany wpływ temperatury i nacisku na intensywność wymiany ciepła. Weryfikację otrzymanego rozwiązania opisującego wartość współczynnika wymiany ciepła przy kontakcie dwóch próbek przeprowadzono, dokonując serii obliczeń numerycznych z zastosowaniem komercyjnego pakietu Ansys Fluent 14.5.

Przeprowadzono również analizę wpływu błęd pomiaru podstawowych wielkości występujących w rozwiązaniu odwrotnym dla równania przewodzenia ciepła na wynik obliczeń współczynnika wymiany ciepła. Należały do nich między innymi: współczynnik przewodzenia ciepła, ciepło właściwe, położenie termoelementów pomiarowych oraz warunki brzegowe na pozostałych powierzchniach. Wykonano kontrolne obliczenia, w których symulowano błędy pomiaru tych wielkości i analizowano ich wpływ na dokładność otrzymanego rozwiązania.

W końcowej części pracy przedstawiono możliwość zastosowania opracowanych zależności zmian współczynnika wymiany ciepła do obliczeń numerycznych przemysłowych procesów na przykładzie wyznaczenia rozkładu i zmian pola temperatury w procesie ciągłego odlewania stali, w którym uwzględniono kontakt powierzchni pasma z rolkami ciągnącymi i podtrzymującymi.

W pracy zamieszczono wyniki badań zrealizowanych w ramach działalności statutowej Akademii Górniczo-Hutniczej, Wydziału Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej.