

Jerzy J. Sobczak,
Robert M. Purgert
Natalia Sobczak
Rajiv Asthana

Nickel superalloys. Recent development in liquid metals engineering

Pomimo intensywnego rozwoju energetyki odnawialnej w wielu krajach węgiel wciąż pozostaje głównym źródłem energii elektrycznej. Niestety duże elektrownie i elektrociepłownie węglowe generują do jednej trzeciej wszystkich przemysłowych gazowych zanieczyszczeń powietrza (zwłaszcza dwutlenku węgla). Obniżenie poziomu emitowanych zanieczyszczeń przy jednoczesnej poprawie efektywności energetycznej elektrowni węglowych jest możliwe przez podniesienie temperatury pary nasyconej wytwarzanej w kotle do 700–760°C, przy znacznie wyższych wartościach ciśnienia roboczego w turbinach (zwiększonego z 25–30 MPa do 40 MPa).

Aby kotły energetyczne i turbiny parowe mogły osiągnąć tak wysokie parametry pracy, muszą być wykonane z materiałów nowej generacji. Materiały te, określane jako zaawansowane materiały ultrasuperkrytyczne (AUSC – Advanced Ultra Super Critical), charakteryzują się wysoką odpornością na pękanie, odpornością termiczną oraz zwiększoną odpornością na korozję wysokotemperaturową. Dzięki ich zastosowaniu możliwe jest przejście od dotychczas używanych konwencjonalnych stopów na bazie żelaza (stali ferrytycznych i austenitycznych) do nadstopów niklu wykorzystywanych przez najnowocześniejsze elektrownie węglowe. Badania przeprowadzone przez EPRI (Electric Power Research Institute) w Charlotte (USA) pokazują, że stopy AUSC mogą być pomocne w redukcji emisji dwutlenku węgla od 10% nawet do 35% drogą zwiększenia efektywności pracy elektrowni węglowych.

Najbardziej obiecującymi materiałami pod względem spełnienia tak wysokich parametrów krytycznych są obecnie wieloskładnikowe superstopy na bazie niklu, które mogą przenosić obciążenia w temperaturach przekraczających nawet 80% ich temperatury topnienia i pracować w agresywnych środowiskach, a tym samym mają odpowiednią wytrzymałość pozwalającą na pracę w ekstremalnych warunkach eksploatacji. Badania nad tak zaawansowanymi materiałami i ich praktycznym zastosowaniem w nowoczesnych elektrowniach węglowych prowadzone są w USA od blisko 20 lat w ramach sponsorowanego przez Departament Energii USA i Biuro Rozwoju Przemysłu Węglowego w Ohio programu badawczego „Advanced UltraSuperCritical Materials”. Jego głównym celem było opracowanie i przebadanie specjalnych gatunków stopów niklu, które mogłyby być wykorzystane do produkcji nowych rozwiązań konstrukcyjnych oraz technologicznych i materiałowych przeznaczonych do pracy w wysokich temperaturach. Realizatorzy projektu uwzględnili również inne zastosowania wymagające użycia materiałów wysokotemperaturowych (w tym elektrownie fotowoltaiczne), a mające wspomóc przejście do strategicznej, innowacyjnej, proekologicznej i efektywnej produkcji czystej energii ze źródeł niekonwencjonalnych.

Wykorzystanie w badaniach zaawansowanych i różnorodnych narzędzi pozwoliło na dogłębną interpretację mechanizmu i kinetyki zjawisk strukturalnych oraz ocenę właściwości eksploatacyjnych, a także modelowanie procesów i opracowanie praktycznych zaleceń. W szczególności skupiono uwagę na podstawach syntezy stopów niklu oraz wysokotemperaturowych interakcjach pomiędzy stopionymi stopami niklu a materiałami ogniotrwałymi. Zbadano praktykę odlewniczą w skali półtechnicznej oraz zademonstrowano komputerowe modelowanie procesu technologicznego odlewania w wariacie rozszerzonym, wykorzystując w tym celu systemy ProCast® i MagmaSoft®. Jednym z osiągnięć projektu AUSC było opracowanie technologii odlewania (w szczególności technologii wykonywania wielkoseryjnych odlewów dla elementów potrzebnych do zaworów i tarcz turbin) z nadstopów niklu Inconel 740 i Haynes® 282®, przeznaczonych do pracy w wysokich temperaturach. Po raz pierwszy szczegółowo przedstawiono technologię wytwarzania największego na świecie odlewu niklowego w amerykańskim przemyśle odlewniczym na potrzeby energetyki na przykładzie nośnika dyszy turbiny parowej o masie całkowitej 18 ton, odlanego ze stopu Haynes® 282®.

W tym ambitnym programie badawczym mogli uczestniczyć również polscy specjaliści. Przez blisko dziesięć lat (2007–2017) pracownicy byłego Instytutu Odlewnictwa w Krakowie mieli okazję zapoznać się z badaniami nad podwyższaniem parametrów krytycznych nośników energii oraz nad nowymi materiałami i technologią odlewania, a w ostatnich latach w projekcie uczestniczyli także specjaliści z Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-

Hutniczej w Krakowie, którzy z sukcesem przeprowadzili modelowanie komputerowe procesu odlewania odlewów wysokotonażowych ze stopu Haynes® 282®.

Podsumowaniem wieloletnich badań międzynarodowego środowiska naukowców i praktyków jest monografia, z którą chętnie zapoznają się studenci starszych lat specjalistycznych studiów akademickich – magisterskich, podyplomowych i doktoranckich. Publikacja będzie wartościowa również dla kadry naukowej i pracowników przemysłu, a jej angielskojęzyczne wydanie z pewnością poszerzy krąg potencjalnych czytelników.

oprac. Agnieszka Rusinek
(na podst. fragm. książki)