

**AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Odlewnictwa**

Dorota Kalisz

**MODELOWANIE PROCESÓW
RAFINACJI I WPROWADZANIA
AZOTU W STALACH
ELEKTROTECHNICZNYCH**

Kraków 2012

Recenzent:

Dr hab. inż. Jan Wypartowicz

© Copyright by Akademia Górniczo-Hutnicza, 2012

ISBN 978-83-60958-89-6

Nakład: 50 egz.



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków
tel./fax (012) 280-71-51; www.akapit.krakow.pl
e-mail: wn@akapit.krakow.pl

SPIS TREŚCI

1. Wstęp.....	5
2. Obiekt badań, ich cel i zakres.....	6
2.1. Podstawowe własności krzemowej blachy transformatorowej o zorientowanym ziarnie.....	6
2.2. Zarys technologii wytwarzania krzemowej blachy transformatorowej	6
2.3. Rola drugiej fazy w kształtowaniu tekstury Gossa	8
2.4. Wymagany skład krzemowej stali transformatorowej.....	9
2.5. Charakterystyka procesu analizowanego w pracy	10
2.6. Podstawowe problemy technologiczne	16
2.7. Teza pracy.....	17
2.8. Cel i zakres pracy.....	17
2.9. Literatura.....	18
3. Rafinacja stali.....	19
3.1. Odtlenianie przy pomocy pojedynczego reagenta	19
3.2. Równoczesne działanie kilku odtleniaczy	20
3.3. Aktywności składników fazy metalicznej.....	23
3.4. Aktywności składników fazy tlenkowej	24
3.5. Wyniki obliczeń.....	25
3.6. Dyskusja wyników.....	31
3.7. Literatura.....	33
4. Kształtowanie stężenia azotu w stali.....	34
4.1. Pochłanianie azotu podczas spustu stali z konwertora do kadzi	34
4.2. Proces usuwania azotu z metalu do żużła	41
4.3. Usuwanie azotu podczas przedmuchiwania argonem.....	47
4.4. Wprowadzanie azotu w postaci gazowej	51
4.5. Podsumowanie	54
4.6. Literatura.....	54
5. Kontrola wydzielania wtrąceń niemetalicznych podczas krzepnięcia stali.....	56
5.1. Termodynamiczny warunek powstawania wtrąceń niemetalicznych w ciekłej stali	56
5.2. Mikrosegregacja składników podczas krzepnięcia stopu	59

5.3. Mikrosegregacja z udziałem dyfuzji w fazie stałej	59
5.4. Model krzepnięcia stopu wieloskładnikowego	62
5.5. Wyniki obliczeń mikrosegregacji i powstawania wydzielení	67
5.6. Struktura stali krzemowej	76
5.7. Podsumowanie	82
5.8. Literatura	82
6. Wnioski	85
7. Aneks	88

1. WSTĘP

Blacha ze stali krzemowej o zorientowanym ziarnie, przeznaczona do produkcji rdzeni transformatorów, jest jednym z najbardziej zaawansowanych technologicznie masowych wyrobów przemysłu stalowego. Jego światowa produkcja przekracza 7 mln Mg rocznie. Produkt ten musi spełniać wysokie wymagania co do własności magnetycznych i elektrycznych, co osiąga się przez odpowiedni dobór składu stali i wykształcenie w niej najkorzystniejszej orientacji krystalograficznej. Produkcja krzemowej stali transformatorowej osiągnęła obecnie bardzo wysoki stopień zaawansowania, co dotyczy zarówno etapów przygotowania ciekłego metalu o odpowiednim składzie, jak też dalszej przeróbki cieplno-mechanicznej. W warunkach polskich produkcją blachy transformatorowej zajmuje się jeden zakład, który przerabia głównie półprodukt (blachę gorąco walcowaną) z importu. Wytwarzanie blachy gorąco walcowanej przeznaczonej na blachę transformatorową ciągle znajduje się na etapie opracowania optymalnych procedur technologicznych. W związku z tym celowe wydaje się wykorzystanie pewnych możliwości analizy procesu, opartych na wiedzy teoretycznej i prób modelowania matematycznego pewnych jego etapów. Obecna praca stanowi taką próbę w odniesieniu do sekwencji operacji metalurgicznych począwszy od spustu stali z konwertora tlenowego, a skończywszy na krzepnięciu stali w krystalizatorze maszyny odlewania ciągłego wlewków płaskich. Opracowano w niej lub zaadaptowano modele najistotniejszych dla jakości etapów procesu, a rezultaty uzyskane przy ich pomocy skonfrontowano z danymi technologicznymi i wynikami analizy materiałów z poszczególnych etapów.