

RECENZJA

pracy doktorskiej Pana mgr inż. Marka Sokolnickiego
doktoranta Wydziału Odlewnictwa AGH pt.:

„Żeliwo ausferrytyczne o zwiększonych właściwościach wytrzymałościowych i plastycznych, przeznaczone na odlewy do pracy w warunkach dynamicznych obciążeń”

wykonanej pod opieką promotora Pana prof. dr hab. inż. Edwarda Guzika opracowana na zlecenie Rady Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie
(pismo Dziekana Wydziału z dnia 16.04.2019 roku)

Żeliwo sferoidalne ADI jako specjalny stop odlewniczy ze względu na swoje właściwości jest tworzywem, które może zastąpić szereg elementów maszyn i urządzeń do tej pory wykonywanych innymi, często droższymi technologiami. Technologia wytwarzania tego żeliwa udoskonalana od lat 70. poprzedniego wieku znajduje również zainteresowanie w polskich odlewniach. Do tych zakładów zalicza się Odlewnie Polskie S.A., w którym od wielu lat produkuje się odlewy z żeliwa sferoidalnego oraz odlewy z żeliwa ADI. Jego zastosowanie z roku na rok ciągle wzrasta i też ciągle doskonalą się metody jego produkcji. W pogoni za obniżaniem masy elementu, szczególnie w motoryzacji, zamienia się tworzywo odlewu z klasycznego żeliwa na żeliwo ADI i to nie tylko podstawowego gatunku ale też gatunków specjalnych (DADI, AADI, CADI, SiSSADI). Odlewnie krajowe poszukując nowych odbiorców odlewów stoją coraz częściej przed wyzwaniami jakościowymi produkcji a prowadząc wspólnie z uczelniami badania mogą skutecznie konkurować jakościowo i cenowo z odlewniami zagranicznymi.

Tej właśnie tematyki dotyczy recenzowana praca doktorska, w której mgr Marek Sokolnicki proponuje zastosowanie w produkcji ausferrytycznego żeliwa ADI odpowiedniego doboru składu chemicznego w zależności od stopnia zróżnicowania grubości ścianek odlewu oraz opracowanie tzw. okna technologicznego z danymi dla produkcji tego żeliwa.

Tytuł pracy odpowiada jej treści a praca stanowi właściwe podejście do zagadnienia poszukiwania optymalnych parametrów wytwarzania żeliwa ADI z przeznaczeniem na odlewy cienko i grubościennie. W związku z powyższym uznaję, że podjęta przez mgr. inż. Marka Sokolnickiego tematyka badawcza jest aktualna i mieści się w zakresie dyscypliny Metalurgia.

Praca napisana jest w tradycyjnym układzie dla rozpraw doktorskich, czyli składa się z przeglądu literatury i części obejmującej badania własne. Jej treść przedstawiono na 112 stronicach. W pracy przytoczono 102 pozycje literaturowe, w tym ponad 50 opublikowanych w tym wieku. Praca składa się z merytorycznie istotnych 9 rozdziałów. Brak jest zwyczajowego streszczenia pracy.

Doktorant wprowadzając czytelnika w tematykę rozprawy przedstawia stan aplikacji odlewów z żeliwa ADI w Polsce i świecie łącznie z ekonomiką produkcji oraz prognozami jego rozwoju do 2020 roku, które wyraźnie wskazują na silny trend wzrostowy.

Następnie charakteryzuje proces krystalizacji żeliwa sferoidalnego jako stopu wyjściowego do wytwarzania żeliwa ADI z uwzględnieniem metod sferoidyzacji i modyfikacji.

Cennym materiałem poznawczym, przedstawionym w rozdziale 3, jest zestawienie ponad 30. składów chemicznych i parametrów obróbki cieplnej żeliwa ADI pozyskanych z cytowanych publikacji. Następnie na 21 stronach opisuje klasyfikację żeliwa ADI, kształtowanie mikrostruktury podczas jego wytwarzania tj. austenitizacji i hartowania izotermicznego (ausferrytazacji) korzystając z dostępnej literatury i wyników badań własnych w kontekście oceny zmian właściwości mechanicznych, a także z oceny tychże w temperaturach ujemnych i podwyższonych.

Podsumowaniem części literaturowej rozprawy jest rozdział dotyczący uzasadnienia podjęcia się tej tematyki przez mgr Marka Sokolnickiego wynikający z poszukiwań przez Odlewnie Polskie S.A. żeliwa ADI o wysokich właściwościach plastycznych. Przedstawione przykłady już dokonanych konwersji odlewów z innych tworzyw (stopy aluminium, żeliwo sferoidalne, staliwo, konstrukcje spawane) na żeliwo ADI wybranych części maszyn oraz rzeczowa analiza jakości wykonywanych odlewów wraz z oceną skutków finansowych tych zmian są trafnym wprowadzeniem w zakres pracy i postawioną tezę.

Tezy pracy w brzemieniu:

1. Odlewy o cienkiej i umiarkowanej grubości ścianek można wykonać z żeliwa ausferrytycznego, a także skomplikowane kształtowo odlewy o różnych grubościach ścianek, uzyskując stabilność właściwości mechanicznych przy wykorzystaniu opracowanego okna technologicznego, w zakresie składu chemicznego żeliwa i jego obróbki cieplnej.
2. Optymalne właściwości mechaniczne można uzyskać przez odpowiedni dobór dyspersji ausferrytu (odległość między płytkami ferrytu i austenitu) oraz procentowego udziału austenitu i ferrytu w mikrostrukturze żeliwa ADI.

dobrze wskazują co jest do udowodnienia w rozprawie i jaki problem ma być rozwiązany.

Nie mogę jednak powstrzymać się od uwagi, że przyjęta nazwa „Okno technologiczne” to nic innego jak zakres zmienności parametrów obróbki cieplnej żeliwa sferoidalnego prowadzonej w celu uzyskania wymaganych właściwości odlewu ?

Cel i zakres pracy warunkuje udowodnienie tez oraz przede wszystkim określenie warunków wytwarzania odlewów o różnym stopniu skomplikowania z żeliwa ADI podkreślając także technologiczny charakter pracy. Jest to oryginalne podejście do procesu wykonywania odlewów w produkcji seryjnej z „trudnego” stopu i wymagającej precyzji obróbki cieplnej.

Doktorant zrealizował zakres badań takich jak:

- opracowanie wyjściowych składów chemicznych oraz procesu metalurgicznego żeliwa sferoidalnego niestopowego dla odlewów cienkościennych i niskostopowego zawierającego pierwiastki stopowe (Cu, Ni) a także z dodatkami stopowymi dla odlewów z żeliwa o skomplikowanych, zróżnicowanych i większych grubościach ścianek,
- wykonanie odlewów wlewków próbnych i odlewów badawczych z żeliwa wg planu czynnikowego. Odlewy wykonywano z żeliwa sferoidyzowanego metodą Tundish Cover lub przewodu elastycznego. Wykonywano odlewy próby Y i próbki walcowe o średnicy 20 i 25mm,
- opracowanie parametrów zabiegu hartowania z przemianą izotermiczną dla wybranych składów chemicznych i odlewów. Badania wykonano wg planu czynnikowego oraz wiele badań uzupełniających poza planem, zmieniając czas i temperaturę ausferrytyzacji w szerokim zakresie: $t_{\text{ausf.}}=2\div 24\text{godz.}$ i $T_{\text{ausf.}}210\div 330^{\circ}\text{C}$,
- badania i ocena mikrostruktury (morfologii grafitu i osnowy metalowej) żeliwa sferoidalnego jako wyjściowego do obróbki cieplnej oraz żeliwa ausferrytycznego,
- badania mikrostruktury i przełomów próbek z żeliwa ADI na mikroskopie elektronowym SEM i składu chemicznego faz przy użyciu detektora EDS,
- badania właściwości mechanicznych żeliwa ausferrytycznego, m.in. udarność w obniżonej temperaturze,
- opracowanie tzw. „Okna technologicznego” dla żeliwa ADI, jako tworzywa na odlewy pracujące w warunkach obciążeń dynamicznych,
- wykonanie serii pilotażowej odlewów produkcyjnych dla górnictwa i kolejnictwa wg opracowanej technologii i ocena stabilności procesowej żeliwa ADI przy zwiększonej zawartości Ni.

Badania przeprowadzono dla przyjętych 3 składów chemicznych z przeznaczeniem dla odlewów o różnej grubości ścianek.

Uwaga: Z opisu badań i ich wyników dokładnie nie wiadomo na czym polega stopień zróżnicowania grubości ścianki odlewów, czyli jaki parametr geometrii odlewów próbnych czy obróbki cieplnej warunkuje przydatność stopu do wykonywania odlewów cienkościennych z żeliwa ADI oraz o większej i bardziej zróżnicowanej grubości ścian.

Szczegółową metodykę badań mgr Marek Sokolnicki przedstawił w rozdziale 7 a wyniki i ich analiza zostały przedstawione w rozdziale 8.

Wyniki badań to:

- wyniki badań i analiza mikrostruktury, właściwości mechanicznych (R_m , $R_{p0,2}$, HB, A_5 , K), dla których wyznaczono zależności statystyczne w funkcji T_A , t_A , T_{AF} i czasu ausferrytyzacji t_{AF} , a także udział grafitu i liczbę wydzieleni płytek ferrytu w funkcji T_A ,
- określenie składu chemicznego wyjściowego żeliwa sferoidalnego niskostopowego z podwyższoną zawartością Ni i Cu wymaganą do zabiegu hartowania izotermicznego mikrostrukturą,
- wyznaczenie optymalnych parametrów austenitizacji i ausferrytyzacji dla odlewów pilotażowych o skomplikowanych kształtach i opracowanym składzie chemicznym ze względu na wymaganą wytrzymałość, właściwości plastyczne i udarność (okno technologiczne).

Postawione wnioski z przeprowadzonych badań i analiz uważam za właściwe, poza pierwszym, który jest zbyt ogólny.

Podsumowując stwierdzam, że metodyka badań i uzyskane wyniki a przede wszystkim ich interpretacja dowodzą dużych umiejętności Doktoranta w prowadzeniu rzetelnych badań eksperymentalnych.

Praca napisana jest trudnym językiem i zawiera wiele błędów edytorskich. Oto niektóre z nich:

- s. 10 błędny podpis pod rys. 6,
- s. 24 niska jakość fotografii na rys. 22a,
- s. 26 niepoprawne zdanie w 3 wierszu od góry,
- s. 29 błędny zapis pierwszego zdania od góry strony,
- s. 32 brak odniesienia w tekście rozprawy do rys. 23 i 29,
- s. 42 błędny zapis pierwszego zdania od góry strony,
- s. 50 błędna numeracja wierszy w rozdziale nr 6,
- s. 70 błędny stylistycznie podpis pod rys. 72,

- s. 74-75 brak parametrów statystycznych równań od 1.1 do 6.2 a w równaniu 6.2 powinien być znak + przed zmienną niezależną T_{AF} ,
- s. 76 poprawnie byłoby przyjąć zamiast „prostej skanującej na długości jednostkowej” „skanowanie na odcinku o długości jednostkowej”,
- s. 78 na jakiej podstawie w zależności na obliczanie τ przyjęto wartości $(1,003 \div 1,01)$ parametru P w tab. 12,
- s. 89 dlaczego w tab. 15 wyniki prezentowane są od numeru 6 ?

Uwaga: W zdecydowanej większości przypadków Doktorant nie zamieszcza w pracy parametrów statystycznych wyznaczonych zależności i wykresów (rys. 95÷99).

W sumie, pomimo powyższych uwag, recenzowaną rozprawę oceniam jako bardzo wartościową pod względem poznawczym i użytecznym oraz uważam, że jest to praca znacznie rozszerzająca wiedzę dotyczącą sterowania procesem wytwarzania żeliwa sferoidalnego ADI i wykonywania wysokojakościowych odlewów. Największym osiągnięciem Autora jest opracowanie technologii wytwarzania odlewów z żeliwa sferoidalnego ADI w warunkach Odlewni Polskich obejmujące:

1. określenie składu chemicznego żeliwa wyjściowego, warunków modyfikacji i sferoidyzacji zapewniających odpowiednią mikrostrukturę przed obróbką cieplną,
2. wyznaczenie optymalnych parametrów obróbki cieplnej, wymaganych do zabiegu hartowania odlewów z przemianą izotermiczną, czyli uzyskania, w odlewach przeznaczonych do pracy w warunkach dynamicznych obciążeń, niezbędnych twardości, właściwości wytrzymałościowych i plastycznych,
3. wyznaczenie korelacji zmiennych czynników austenizacji i ausferrytyzacji z właściwościami wytrzymałościowymi i plastycznymi, czyli wyznaczenie tzw. okna technologicznego.

Biorąc powyższe uwagę stwierdzam, że praca doktorska p. mgr. inż. Marka Sokolnickiego pt. „*Żeliwo ausferrytyczne o zwiększonych właściwościach wytrzymałościowych i plastycznych, przeznaczone na odlewy do pracy w warunkach dynamicznych obciążeń*” spełnia wymagania stawiane przez Ustawę o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych wobec czego wnioskuję do Rady Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony.