

Opracowanie metody wytwarzania ograniczonej ilości wysokiej jakości materiałów wsadowych w postaci granulatu o założonym składzie chemicznym

Elaboration of a method of producing a limited amount of high quality charge materials in the form of granulate of a complex chemical composition

Waldemar Uhl¹*

¹Instytut Odlewnictwa, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków, Polska
¹Foundry Research Institute, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków, Poland

*Corresponding author: waldemar.uhl@iod.krakow.pl

Received: 05.06.2018. Accepted in revised form: 30.09.2018.

© 2018 Instytut Odlewnictwa. All rights reserved.
DOI: 10.7356/iod.2018.11

Streszczenie

Zasadniczym celem pracy było uzyskanie granulatu tworzyw wysokostopowych. W pracy sprawdzono wiele możliwości otrzymywania granulatu przy wykorzystaniu stosownych metod. Wstępne próby z wykorzystaniem małych jednostek topiących, jak również różne sposoby uzyskiwania granulatu (wibracje, różnego rodzaju filtry itp.), pozwoliły ukierunkować dalszy przebieg działań. Skonstruowano i dobrano elementy stanowiska do otrzymywania granulatu metalowego o kształcie zbliżonym do globularnego. Wytworzono rodzaje filtrów, przez które należy przelewać stopiony metal dla uzyskania założonych efektów tzn. o określonych frakcjach (np. odpowiednia wysokość, z jakiej spada zalewany przez filtr metal, przekroje oczek w filtrach, rodzaj chłodziwa). Efektem końcowym było otrzymanie określonej ilości granulatu, o ujednoczonym kształcie.

Słowa kluczowe: stanowisko do granulacji stopów, metody wykonania granulatu, staliwo wysokostopowe, filtr

Abstract

The fundamental aim of the study was to obtain high-alloy granulate. The study tests many possibilities of obtaining granulate with the use of the appropriate methods. The preliminary tests with the use of small melting units as well as granulate obtaining methods (vibrations, filters of various kinds etc.) made it possible to direct the further course of the research. The elements of the test stand for obtaining metal granulate with the shape similar to a globular one were constructed and selected. The types of filters through which the melted metal should be poured to obtain the assumed effects, i.e. ones with particular fractions (e.g. the proper height from which the metal falls through the filter, the filter mesh sections, the cooling agent type) were selected. The final effect was the obtaining of a specific amount of granulate with a unified shape.

Keywords: test stand for alloy granulation, methods of obtaining granulate, high-alloy cast steel, filter

1. Wprowadzenie

Z dostępnych informacji wynika, że w kraju nie ma stanowiska produkcyjnego do wykonywania ograniczonych ilości granulatu wysokojakościowych stopów żelaza, niklu bądź kobaltu, a w związku z tym nie wytwarza się granulatu metalowego, mogącego być materiałem wsadowym do wykonywania odlewów na małą skalę o zadanym składzie chemicznym.

1. Introduction

It can be inferred from the available information that there is no domestic station for the production of limited amounts of high quality iron, nickel or cobalt alloy granulate, and so, metal granulate, which could constitute the charge material for a small-scale production of casts with a pre-described chemical composition, is not produced.

Odlewnie krajowe zainteresowane tego typu materiałem wsadowym sprowadzają go z zagranicy, głównie spoza UE. Granulat powinien charakteryzować się składem chemicznym, który powinien być ściśle określony i dostosowany do wymagań zamawiającego, nie powinien zawierać zanieczyszczeń, które należałoby usunąć oraz jego kształt ma dać gwarancję szybkiego procesu przetapiania.

Prowadzenie wytopów z zastosowaniem granulatu metalowego o atestowanym składzie chemicznym umożliwia skrócenie czasu topienia (postać wsadu), co przekłada się na znaczny wzrost wydajności i oszczędność energii w odlewni. Dzięki zastosowaniu granulatu jako wsadu metalowego możliwe jest w prosty sposób uzyskiwanie stopów o wysokiej czystości. Materiał posiada certyfikat z analizą składu chemicznego, a zatem nie trzeba już dodatkowo przeprowadzać analizy chemicznej kąpieli metalowej i sprawdzać, czy jej skład jest właściwy. Tradycyjne materiały wsadowe w wielu przypadkach zawierają wiele zanieczyszczeń, których pozbawiony jest granulat.

Stosowanie takiego materiału wsadowego umożliwi uzyskanie odlewów o wyższej jakości i o lepszych właściwościach użytkowych. W procesie topienia zauważa się mniejszy zgar, mniejszą ilość żużla, co nie pozostaje bez wpływu na trwałość eksploatacyjną jednostek topiących. Przekłada się to na mniejsze koszty związane z zakupem materiałów ogniotrwałych stosowanych na wymurówki pieców i kadzi odlewniczych. Stosowanie granulatu jako materiału wsadowego pozwala racjonalnie prowadzić gospodarkę materiałową w odlewni.

2. Wstępne prace z wykorzystaniem małej jednostki topiącej

Prace związane z realizacją tematu rozpoczęto od wytopowania jednostek piecowych, w których miałyby zostać przetapiane tworzywa wytopowane do prób. Z uwagi na to, że wstępne działania miały dotyczyć niewielkich ilości stopu przeznaczonego do granulowania, skorzystano z pieca indukcyjnego UltraMelt S10-SP o pojemności do 5 kg.

Przetapianymi stopami były gatunki staliwa GXCrNi18-10 i GXCrNi25-1. Schemat przebiegu przetopów był następujący: złom danego staliwa przetapiany był w tyglu pieca i po osiągnięciu właściwej temperatury i odtlenieniu, zawartość wylewano do łyżki rozlewniczej. Kolejną czynnością było przelewanie stopionego metalu przez filtry umieszczone na stojakach do naczyń z wodą lub z wodą z dodatkiem 20% polimeru polihartenolu (próba otrzymania drobniejszego granulatu). Zestawienie przeprowadzonych prób przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunku 1.

Domestic foundries interested in this type of charge material import it from abroad, mainly from outside the EU. Granulate should be characterized in a chemical composition which needs to be strictly specified and adjusted to the requirements of the orderer; it should not contain any pollutants, which would have to be eliminated, and its shape should guarantee a fast remelting process.

Performing melts with the use of metal granulate of a certified chemical composition make it possible to shorten the melting time (the form of the charge), which translates to a significant increase of efficiency and energy saving at the foundry. Owing to the application of granulate as the metal charge, it is possible to obtain high purity alloys in a simple way. The material has a certificate with a chemical composition analysis, and so, the chemical analysis of the metal bath verifying the properness of its composition is not necessary. The traditional charge materials contain in many cases many pollutants, which granulate is deprived of.

The use of such charge material will make it possible to obtain casts of higher quality and better functional properties. In the melting process, we can observe a smaller melting loss and a lower amount of slag, which affects the durability of the melting units. This translates to lower costs connected with the purchase of refractory materials used for the brickworks of furnaces and casting ladles. The application of granulate as the charge material makes it possible to rationally control the materials management at the foundry.

2. Preliminary research with the use of a small melting unit

The investigations on the test subject began with the selection of the furnace units in which the materials chosen for the tests were to be remelted. Due to the fact that the preliminary steps concerned small amounts of the alloy selected for granulation, an induction furnace UltraMelt S10-SP of the capacity of up to 5 kg was used.

The remelted alloys were cast steel types GXCrNi18-10 and GXCrNi25-1. The scheme of the remelting course was as follows: the scrap of the given cast steel was remelted in the furnace crucible and after reaching the proper temperature and deoxidation, the content was poured into the shank ladle. The following step was pouring the melted metal through the filters placed on stands into vessels with water or water with the addition of 20% polihartenol polymer (an attempt at obtaining finer granulate). A compilation of the performed tests has been included in Table 1 and Figure 1.

Tabela 1. Schemat przebiegu procesu otrzymywania granulatu przy zastosowaniu małej jednostki piecowej

Table 1. Schematic of the course of obtaining granulate with the use of a small furnace unit

Nr wytopu / Melt No.	Rodzaj staliwa / Cast steel type	Masa wsadu, g / Charge mass, g	Temperatura zalewania, °C / Casting temperature, °C	Rodzaj filtra / Filter type	Wysokość zalewania, mm / Casting height, mm	Ilość cieczy chłodzącej, l / Amount of cooled liquid, l	Ilość kadzi / Number of ladles	Rodzaj cieczy chłodzącej / Type of cooled liquid	Ilość otrzymanego granulatu, g / Amount of obtained granulate, g	Ilość sklejonego granulatu, g / Amount of glued granulate, g	Czas wytopu, h / Melting time, h	Uzysk ^x , % / Yield ^x , %
1	GXCrNi18-10	750	1580	odlewniczy/ casting	115	5	1	woda + 20% polihartenolu / water + 20% polihartenol	37	700	0,5	5
2	GXCrNi18-10	1500	1585	odlewniczy/ casting	110	10	1	woda/water	780	400	0,8	66
3	GXCrNi25-1	1013	1590	przeponka o \varnothing 1,2 mm / neck-down core, \varnothing 1.2 mm	110	10	1	woda wprawiona w stan wibracji / water put into vibration	807	130	0,7	86

^x uzysk – udział masy niesklejonego granulatu do całej masy otrzymanego granulatu / yield – portion of the mass of the unglued granulate in respect of the whole mass of the obtained granulate



a)



b)

Rys. 1. Proces przelewania ciekłego metalu z małej jednostki piecowej przez filtr (a) oraz uzyskany granulat (b)
Fig. 1. Process of pouring the liquid metal from a small furnace unit through the filter (a) and the obtained granulate (b)

W wyniku powyższych działań uzyskano granulat w postaci odrębnych granulek oraz granulatu w formie sklejonęj. Wibracja spowodowała poprawę uzysku. Zastosowanie dodatku polimeru do wody nie spowodowało rozdrobnienia granulatu.

As a result of the above procedures, granulate in the form of separate granules as well as granulate in the glued form was obtained. The vibration caused an improvement of the yield. The use of a polymer addition to the water did not cause refinement of the granulate.

3. Próby z wykorzystaniem większej jednostki topiącej

3. Tests with the use of a larger melting unit

Po otrzymaniu zachęcających wyników ze wstępnych prób uzyskania granulatu na małej jednostce piecowej kontynuowano próby z wykorzystaniem dotychczasowo-

After encouraging results were achieved from the preliminary tests of obtaining granulate on a small furnace unit, the investigations were continued with the

wych doświadczeń na większej jednostce topiącej. Przetapianie wsadu odbywało się w piecu indukcyjnym średniej częstotliwości typu Radyne w tyglu o pojemności 40 kg. Wsadem był złom stalowy odpowiadający gatunkowi staliwa GXCrNiMo18-10-2 oraz GXCrNi18-10.

Przebieg operacji otrzymywania granulatu był następujący: po roztopieniu i sprawdzeniu składu chemicznego, stop odtleniano FeCaSi, po sprawdzeniu temperatury stopiony metal przelewano do kadzi, a następnie przez filtry umocowane w otulinach egzotermicznych umieszczonych na konstrukcji stalowej nad pojemnikiem z wodą (tab. 2, rys. 2).

Efektom przeprowadzonych działań było otrzymanie gruboziarnistego granulatu o niejednorodnym kształcie przeznaczanego do dalszych prób. Podczas prób z wykorzystaniem większej jednostki piecowej czas przetopów wynosił około 1,5 godziny.

use of the collected research on a larger melting unit. The remelting of the charge took place in an induction furnace of a medium frequency type Radyne in a crucible with the capacity of 40 kg. The charge material was steel scrap corresponding to the cast steel type GXCrNiMo18-10-2 and GXCrNi18-10.

The course of the operation of obtaining the granulate was as follows: after the melting and the chemical composition verification, the alloy FeCaSi was deoxidized; after the temperature was checked, the melted metal was poured into the ladle and next through the filters put in exothermic lags placed on a steel construction above the vessel with water (Tab. 2, Fig. 2).

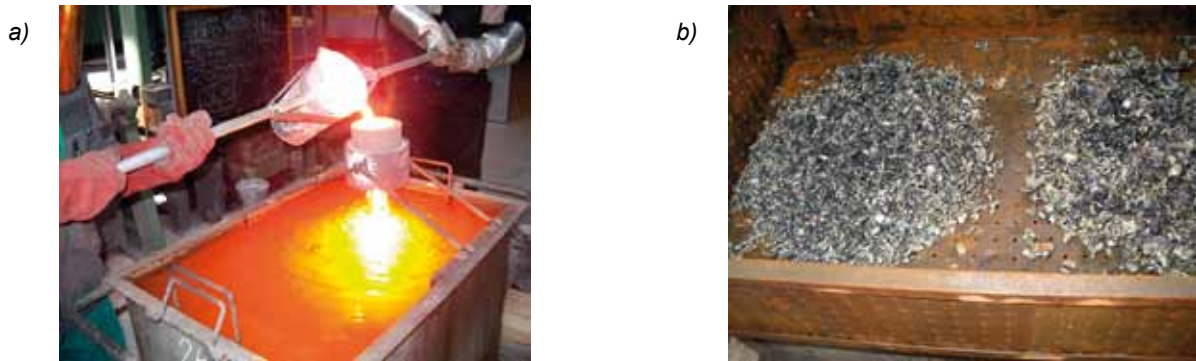
The effect of the performed research was obtaining course-grained granulate of a non-unified shape assigned for the further investigations. During the tests with the use of a larger furnace unit, the remelting time equalled about 1.5 h.

Tabela 2. Schemat przebiegu procesu otrzymywania granulatu przy wykorzystaniu większej jednostki piecowej

Table 2. Schematic of the course of obtaining granulate with the use of a larger furnace unit

Nr wytopu / Melt No.	Rodzaj staliwa / Cast steel type	Masa wsadu, kg / Charge mass, kg	Temperatura zalewania, °C / Casting temperature, °C	Rodzaj filtra / Filter type	Wysokość zalewania, mm / Casting height, mm	Ilość cieczy chłodzącej, l / Amount of cooled liquid, l	Liczba kadzi / Number of ladles	Rodzaj cieczy chłodzącej / Type of cooled liquid	Ilość otrzymanego granulatu, g / Amount of obtained granulate, g	Ilość sklejonego granulatu, g / Amount of glued granulate, g	Czas wytopu, h / Melting time, h	Uzysk, % ^x / Yield, % ^x
4	GXCrNiMo18-10-2	26,8	1580	odlewniczy/ casting	210	240	1	woda + sprężone powietrze / water + compressed air	8,2	0,8	1,5	91
				ceramiczny ¹ / ceramic ¹				8,4	0,6	93		
5	GXCrNi18-10	26,8	1580	odlewniczy/ casting ceramiczny ¹ / ceramic ¹	210	240	1	woda + sprężone powietrze / water + compressed air	24,5	1,5	1,3	94
6	GXCrNiMo18-10-2	26,8	1580	podwójny z wielokarbem ² / double with multihull ²	630	240	1	woda + sprężone powietrze / water + compressed air	23,8	1,8	1,5	93

¹ filtr ceramiczny FCF-2 – 109 ppi 3Q o wymiarach Ø5 × 20 mm / a ceramic filter FCF-2 – 109 ppi 3Q, dimensions Ø5 × 20 mm
² podwójny filtr z wielokarbem Z-3 (przeponka Ø101 × 55 mm) / a double filter with a multihull Z-3 (neck-down core Ø101 × 55 mm)
^x uzysk – udział masy niesklejonego granulatu do całej masy otrzymanego granulatu / yield – portion of the unglued granulate in respect of the total mass of the obtained granulate



Rys. 2. Proces przelewania ciekłego metalu z większej jednostki piecowej przez filtr (a) oraz uzyskany granulat (b)
Fig. 2. Process of pouring the liquid metal from a larger furnace unit through the filter (a) and the obtained granulate (b)

4. Próby uzyskania granulatu o globularnym kształcie

Dla osiągnięcia założonego celu dla staliwa wysoko-stopowego zmodyfikowano dotychczas stosowaną technologię umożliwiającą otrzymywanie granulatu przez:

- powiększenie odległości zamocowanego w otulinie filtra, przez który przelewany był stopiony stop od lustra wody z dotychczasowych 210 mm do 630 mm (rys. 3),

4. Tests to obtain globular shape granulate

In order to achieve the assumed goal, for high-alloy cast steel, the technology used so far was modified so that it would be possible to obtain granulate through:

- increasing the distance of the filter mounted in the lag, through which the melted alloy was poured, from the water mirror, from 210 mm to 630 mm (Fig. 3),



Rys. 3. Zmodyfikowana konstrukcja do granulacji stopów
Fig. 3. Modified construction for alloy granulation

- zastosowanie jako filtra dwóch ceramicznych przeponek odlewniczych o wymiarach $\varnothing 100 \times 6$ mm i otworach 2×2 mm (rys. 4),

- using two ceramic casting neck-down cores, with the dimensions of $\varnothing 100 \times 6$ mm and the openings of 2×2 mm, as the filter (Fig. 4),



Rys. 4. Ceramiczne przeponki
Fig. 4. Ceramic neck-down cores

- wykorzystanie dodatkowego chłodzenia spadającego do wody ciekłego metalu, pomiędzy filtrem a lustrem wody wprowadzono kołnierz z otuliny ZTA-4 z tuleją wewnętrzną z masy izolującej pokrytej – w celu zwiększenia wytrzymałości – pokryciem cyrkonowym Arcopal, do którego doprowadzono sprężone powietrze wypływające przez otwory o średnicy 6 mm (rys. 5).
- using additional cooling of the liquid metal dropping into the water; between the filter and the water mirror, a lag collar ZTA-4 was introduced with a bushing made of insulating mass covered with a zirconium coating Arcopal in order to increase the strength, to which compressed air was supplied coming out through 6 mm diameter openings (Fig. 5).



Rys. 5. Kołnierz z otuliny ZTA-4 z tuleją wewnętrzną z doprowadzeniem sprężonego powietrza
Fig. 5. Lag collar ZTA-4 with an external bushing with compressed air supply

Użyty do prób stopem było staliwo wysokostopowe GXCrNiMo18-10-2 w postaci granulatu grubego z poprzednich wytopów. Jedynym zabiegiem, jaki był wykonywany w ciekłym metalu było, podobnie jak w poprzednich próbach, odtlenianie 0,1% FeCaSi-75%. Przetopy przeprowadzano również w piecu typu Radyne o pojemności tygla 40 kg. Roztopiony metal o temperaturze 1580°C, po pobraniu próbki do zbadania składu chemicznego, przelewano do kadzi o pojemności 10 kg o wyłożeniu obojętnym. Ciekły stop przelewano przez filtr – podwójne przeponki. Po przejściu przez filtr spadający metal schładzany był, jak już wspomiano, dodatkowo sprężonym powietrzem. Krople metalu wpadały do pojemnika z wodą. W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano granulaty o kształcie zbliżonym do globularnego (rys. 6).

The melt used for the tests was high-alloy cast steel GXCrNiMo18-10-2 in the form of coarse granulate from the previous melts. The only procedure which was made in the liquid metal was, similarly to the preceding trials, deoxidation 0.1% FeCaSi-75%. The melts were also performed in a Radyne type furnace with the capacity of 40 kg. The melted metal of the temperature of 1580°C, after a sample for the chemical composition analysis was collected, was poured into a ladle of the capacity of 10 kg and with inert lining. The liquid alloy was poured through the filter – the double neck-down cores. After coming through the filter, the falling metal, as it was mentioned before, was additionally cooled with compressed air. The metal drops were falling into the vessel with water. As a result of the performed tests, globular-like granulate was obtained (Fig. 6).



Rys. 6. Uzyskany granulaty o kształcie zbliżonym do globularnego
Fig. 6. The obtained granulate, with a globular-like shape

Następnie przeprowadzono eksperyment z wykorzystaniem identycznego zestawu urządzeń, z tym, że zamiast przeponek, przez które przelewany był stopiony metal, zastosowano ceramiczny filtr odlewniczy (rys. 7).

Next, an experiment was carried out with the use of an identical set of devices, except for the neck-down cores through which the melted metal had been poured, which were replaced with a ceramic casting filter (Fig. 7).



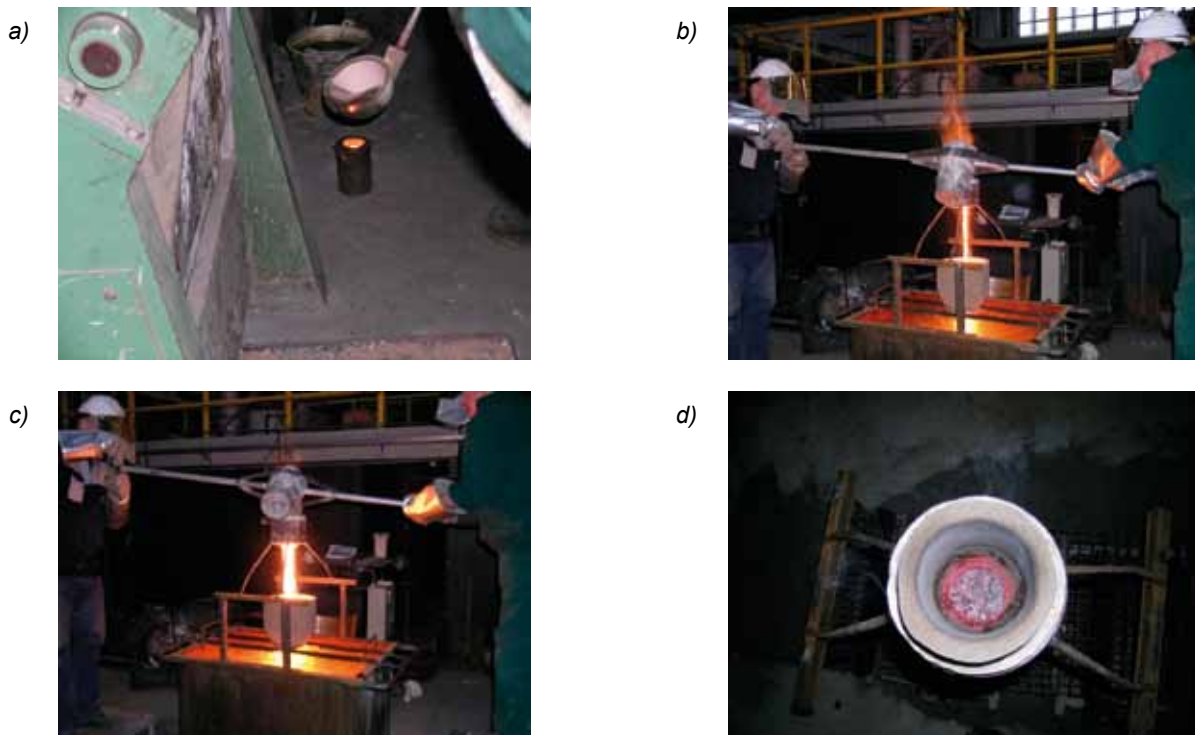
Rys. 7. Ceramiczny filtr odlewniczy zamocowany w tulei, przez który przelewany był stopiony metal
Fig. 7. Ceramic casting filter mounted in a bushing, through which the melted metal was poured

Przetapianym stopem było również staliwo GXCrNi-Mo18-10-2.

Stopiony metal o temperaturze 1580°C, po pobraniu próbki do zbadania składu chemicznego przelewano do kadzi o pojemności 10 kg o wyłożeniu obojętnym.

The remelted alloy was also cast steel GXCrNi-Mo18-10-2.

The melted metal of the temperature of 1580°C, after a sample for the chemical analysis was collected, was poured into a ladle of the capacity of 10 kg with inert lining.



Rys. 8. Etapy procesu otrzymywania granulatu z wykorzystaniem ceramicznego filtra odlewniczego: a) pobieranie próbki do badań składu chemicznego, b–c) proces przelewania stopionego stopu przez filtr, d) stan filtra po zakończeniu procesu

Fig. 8. Stages of the process of obtaining granulate with the use of a ceramic casting filter: a) collecting a sample for the chemical analysis, b–c) the process of pouring the melted alloy through the filter, d) the state of the filter after the end of the process

Ciekły stop przelewano przez filtr o średnicy 54 mm i otworach o średnicy 2,8 mm. Zamocowanie filtra i dodatkowe chłodzenie przefiltrowanego ciekłego metalu było identyczne jak w poprzedniej próbie. Krople metalu wpadały do pojemnika z wodą (cały proces uzyskiwania granulatu przedstawiono na rys. 8). Czas, w którym przeprowadzone były próby to około 1 godziny.

W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano granulaty o kształcie zbliżonym do globularnego (rys. 9).

Zestawienie wszystkich przeprowadzonych prób przedstawiono w tabeli 3.

The liquid alloy was poured through a 54 mm diameter filter with 2.8 mm diameter openings. The mounting of the filter and the additional cooling of the filtered liquid metal was identical to the preceding trial. The drops of metal were falling into the container with water (the whole process of obtaining the granulate has been presented in Fig. 8). The duration of the experiments was approximately 1 hour.

As a result of the performed tests, granulate of a globular-like shape was obtained (Fig. 9).

A compilation of all the performed tests has been included in Table 3.



Rys. 9. Granulat staliwa GXCrNiMo18-10-2 uzyskany w wyniku zastosowania ceramicznego filtra odlewniczego
Fig. 9. Granulate of cast steel GXCrNiMo18-10-2 obtained as a result of the use of a ceramic casting filter

Tabela 3. Zestawienie schematów przebiegu procesu otrzymywania granulatu przy wykorzystaniu małej i większej jednostki piecowej

Table 3. Schematics of the course of obtaining granulate with the use of a small and larger furnace unit

Nr wytopu / Melt No.	Rodzaj staliwa / Cast steel type	Masa wsadu, g / Charge mass, g	Temperatura zalewania, °C / Casting temperature, °C	Rodzaj filtra / Filter type	Wysokość zalewania, mm / Casting height, mm	Ilość cieczy chłodzącej, l / Amount of cooled liquid, l	Ilość kadzi / Number of ladles	Rodzaj cieczy chłodzącej / Type of cooled liquid	Ilość otrzymanego granulatu, g / Amount of obtained granulate, g	Ilość sklejonego granulatu, g / Amount of glued granulate, g	Czas wytopu, h / Melting time, h	Uzysk ^x , % / Yield ^x , %
1	GXCrNi18-10	750	1580	odlewniczy/casting	115	5	1	woda + 20% polihartenolu / water + 20% polihartenol	37	700	0,5	5
2	GXCrNi18-10	1500	1585	odlewniczy/casting	110	10	1	woda/water	780	400	0,8	66
3	GXCrNi25-1	1013	1590	przeponka o ϕ 1,2 mm / neck-down core, ϕ 1.2 mm	110	10	1	woda wprawiona w stan wibracji / water put into vibration	807	130	0,7	86
4	GXCrNiMo18-10-2	26,8	1580	odlewniczy/casting ceramiczny ¹ /ceramic ¹	210	240	1 1	woda + sprężone powietrze / water + compressed air	8,2 8,4	0,8 0,6	1,5	91 93
5	GXCrNi18-10	26,8	1580	odlewniczy/casting ceramiczny ¹ /ceramic ¹	210	240	1	woda + sprężone powietrze/ water + compressed air	24,5	1,5	1,3	94
6	GXCrNiMo18-10-2	26,8	1580	podwójny z wielokarbem ² / double with multihull ²	630	240	1	woda + sprężone powietrze/ water + compressed air	23,8	1,8	1,5	93

¹ filtr ceramiczny FCF-2 – 109 ppi 3Q o wymiarach ϕ 5 × 20 mm / a ceramic filter FCF-2 – 109 ppi 3Q, dimensions ϕ 5 × 20 mm
² podwójny filtr z wielokarbem Z-3 (przeponka ϕ 101 × 55 mm) / a double filter with a multihull Z-3 (neck-down core ϕ 101 × 55 mm)
^x uzysk – udział masy niesklejonego granulatu do całej masy otrzymanego granulatu / yield – portion of the unglued granulate in respect of the total mass of the obtained granulate

5. Badania granulatu

Przeprowadzono badania składu chemicznego granulatu z dwóch przetopów staliwa GXCrNiMo18-10-2 dla potwierdzenia ich zgodności z polską normą PN-EN 10213+A1:2016-08 [1] przy zastosowaniu dwóch rodzajów filtrów: podwójnej przepionki i filtra odlewniczego – tabela 4.

5. Tests on granulate

Chemical composition analyses were performed on granulates from two melts of cast steel GXCrNiMo18-10-2 in order to confirm their agreement with the Polish standard PN-EN 10213+A1:2016-08 [1] with the use of two types of filters: a double neck-down core and a casting filter – Table 4.

Tabela 4. Skład chemiczny granulatu
Table 4. Chemical composition of the granulate

Rodzaj zastosowanego filtra / Type of applied filter	Zawartość pierwiastka, % wag. / Element content, % wt.									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V
Podwójne przepionki / Double neck-down cores	0,12	0,88	0,70	0,017	0,017	17,50	10,20	2,00	0,38	0,01
Filtr odlewniczy / Casting filter	0,13	1,05	0,66	0,021	0,022	17,15	9,70	2,04	0,35	0,01
Zgodnie z normą PN-EN 10213+A1:2016-08 / According to standard PN-EN 10213+A1:2016-08	max. 0,15	max. 1,50	max. 2,00	max. 0,035	max. 0,035	17,00 19,00	9,00 11,0	2,00 2,50	–	–

Stwierdzono zgodność składu chemicznego uzyskanego granulatu z polską normą PN-EN 10213+A1:2016-08 [1].

Dla oceny jakości otrzymanego granulatu wykonano badania rentgenowskie. Badano granulaty uzyskane przez przelewanie przez dwa rodzaje filtrów z obydwu wymienionych sposobów otrzymywania, a efekty tych działań przedstawiono na rysunku 10 dla granulatu uzyskanego przez przelewanie stopu przez przepionki i na rysunku 11 dla granulatu przelewanego przez filtr odlewniczy.

Zaprezentowane przykładowe zdjęcia rentgenowskie są świadectwem dobrej jakości granulatu zawierającego tylko niewielkie ilości zanieczyszczeń (jasne plamki).

The chemical composition of the obtained granulate was concluded to be in agreement with the Polish standard PN-EN 10213+A1:2016-08 [1].

For the assessment of the quality of the obtained granulate, X-ray tests were conducted. The tests were performed on the granulate obtained by being poured through the two types of filters from both mentioned methods, and the effects of those procedures have been presented in Figure 10 for the granulate obtained by way of pouring the alloy through the neck-down cores and in Figure 11 for the granulate poured through the casting filter.

The presented exemplary X-ray images are the proof of good quality granulate containing only small amounts of pollutants (light spots).



Rys. 10. Zdjęcia rentgenowskie granulki wykonanych z zastosowaniem przepionek
Fig. 10. X-ray images of the granules made through the application of neck-down cores



Rys. 11. Zdjęcia rentgenowskie granulek wykonanych z zastosowaniem ceramicznego filtra odlewniczego
Fig. 11. X-ray images of the granules made with the use of a ceramic casting filter

6. Wnioski końcowe

Z przeprowadzonych prób można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Możliwe jest uzyskanie granulatu staliwa wysokostopowego o kształcie zbliżonym do globularnego, przy stosunkowo niskich kosztach.
2. Wykorzystywanie do procesu topienia granulatu powoduje skrócenie czasu przetopu z około 1,5 godziny w przypadku topienia kwalifikowanego złomu do około 1 godziny przy zastosowaniu granulatu, czyli obniżenie kosztów energii o około 30%.
3. W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano dobrą jakość granulatu (zgodność składu chemicznego i mała ilość zanieczyszczeń).
4. Zastosowanie jako materiału wsadowego granulatu zmniejsza ilości żużla powstałego podczas przetopu w porównaniu z przetopem złomu.
5. Stosowanie granulatu powoduje zmniejszenie uszkodzeń tygla pieca indukcyjnego, a więc obniża koszty jego naprawy.

Podziękowania

Niniejsza praca powstała w ramach projektu statutowego przeprowadzonego w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie i została sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (nr zlec. 7004/00).

Literatura/References

1. PN-EN 10213+A1:2016-08 Odlewy staliwne do pracy pod ciśnieniem.

6. Final conclusions

The following conclusions can be drawn from the performed investigations:

1. It is possible to obtain high-alloy cast steel granulate with a globular-like shape, at relatively low costs.
2. The use of granulate in the melting process shortens the remelting time from approximately 1.5 hours in the case of melting qualified scrap to about 1 hour when granulate is used, which means reducing the energy consumption costs by about 30%.
3. As a result of the performed tests, good quality granulate was obtained (agreement of the chemical composition and a small amount of pollutants).
4. The use of granulate as the charge material reduces the amount of slag formed during the remelting process as compared to the remelting of scrap.
5. The application of granulate reduces the damage of the induction furnace crucible, thus lowering the costs of its repairs.

Acknowledgements

This study has been carried out within the statutory project performed at Foundry Research Institute and financed by the Ministry of Science and Higher Education (order No. 7004/00).