RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234569**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **423974**

(22) Data zgłoszenia: **20.12.2017**

(51) Int.Cl.
C22C 37/10 (2006.01)
C22C 37/04 (2006.01)
C22C 33/08 (2006.01)
C21C 1/10 (2006.01)

(54) **Żeliwo ausferrytyczne o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie, sposób obróbki odlewniczo-cieplnej żeliwa ausferrytycznego oraz jego zastosowanie**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
01.07.2019 BUP 14/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.03.2020 WUP 03/20

(73) Uprawniony z patentu:
SPÓŁKA AKCYJNA ODLEWNIE POLSKIE, Starachowice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
EDWARD GUZIK, Kraków, PL
DARIUSZ KOPYCIŃSKI, Głogoczów, PL
ADAM NOWAK, Starachowice, PL
MAREK SOKOLNICKI, Starachowice, PL
MAREK RONDUDA, Starachowice, PL
MACIEJ KRÓLIKOWSKI, Starachowice, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Grażyna Basa

PL 234569 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest żeliwo ausferrytyczne o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie, sposób obróbki odlewniczo-cieplnej takiego żeliwa oraz jego zastosowanie.

Rozwiązanie według wynalazku przeznaczone jest do pozyskiwania odlewów znajdujących zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym, budowlanym, kolejowym i rolniczym, a także w innych gałęziach przemysłu, gdzie stosowane są odlewy, co do których stawiane są wysokie wymagania pod względem wytrzymałości na ścieranie.

Stale rosnące wymagania rynku pod względem parametrów wytrzymałościowych odlewów, w tym odporności na ścieranie powodują, że w literaturze technicznej oraz praktyce odlewniczej coraz więcej uwagi poświęca się żeliwom nowej generacji, zawierającym w swojej strukturze grafit kulkowy.

Szczególnym rodzajem żeliwa z grafitem kulkowym jest żeliwo sferoidalne niskostopowe (przy zawartościach mas. dodatków stopowych z zakresu: 0,0–2,8% Ni, 0,0–0,8% Mo i 0,0–1,4% Cu), z którego wykonane odlewy poddawane są obróbce hartowania z przemianą izotermiczną. Żeliwo takie w literaturze zagranicznej i krajowej występuje zazwyczaj pod nazwą Austempered Ductile Iron – ADI, bądź żeliwa ausferrytycznego (ausferritic). Znane są także odmiany żeliwa ADI jak Direct Austempered Ductile Iron – DADI (żeliwo sferoidalne poddawane bezpośredniemu hartowaniu z przemianą izotermiczną), Ausforming Austempered Ductile Iron – AADI (żeliwo sferoidalne hartowane z przemianą izotermiczną poddawane niskotemperaturowej obróbce cieplno-plastycznej), Carbidic Austempered Ductile Iron – CADI (żeliwo sferoidalne hartowane z przemianą izotermiczną z wydzieleniami węglików), Si Solution Strengthened Austempered Ductile Iron – SiSSADI (żeliwo sferoidalne zawierające wysokowytrzymałą osnowę o dużej zawartości krzemu, hartowane z przemianą izotermiczną) oraz Intercritically Austempered Ductile Iron – IADI (żeliwo sferoidalne hartowane z przemianą izotermiczną z temperatury austenityzacji 720–770°C – niższej niż temperatura austenityzowania żeliwa ADI – oraz temperatury hartowania 357°C).

Tego typu żeliwa charakteryzują się wyjątkowo korzystnymi właściwościami wytrzymałościowymi, plastycznymi oraz użytkowymi. Żeliwa takie, o osnowie składającej się zwykle z rozgałęzionych płytek ferrytu i wysokowęglowego austenitu, zwanej ausferrytem, zawierają także w mikrostrukturze wydzielenia kulek grafitu.

Do żeliwa sferoidalnego niskostopowego, przeznaczonego do zabiegu hartowania z przemianą izotermiczną, od którego wymaga się zwiększonej odporności odlewów na zużycie ścierne, wprowadza się ponadto chrom o zawartości 0,5% bądź 1,0% mas., zapewniając w strukturze żeliwa ADI, obok osnowy ausferrytycznej i wydzieleń kulek grafitu, określony udział wydzieleń węglików typu M_3C (gdzie M oznacza takie pierwiastki jak Fe, Mn, Mo bądź dodatkowo jeszcze Cr), czego efektem jest żeliwo w odmianie CADI (udział samych węglików typu M_3C przy wprowadzeniu chromu wynosi 5 lub 17% obj. – p. publikacja K. L. Hayrynen, K. R. Brandenberg „Carbidic Austempered Ductile Iron (CADI) – the new wear material", AFS Transactions 2003, vol. 113, s. 845÷850).

Celem wynalazku jest opracowanie składu żeliwa ausferrytycznego i sposobu obróbki odlewniczo-cieplnej żeliwa ausferrytycznego wykazującego podwyższoną wytrzymałość na ścieranie.

Żeliwo ausferrytyczne o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie, zawierające w swoim składzie węgiel, krzem, mangan, fosfor, siarkę, magnez, nikiel, molibden, miedź i chrom, charakteryzuje się tym, że zawiera w % masowych: 3,5–3,7% C, 2,4–2,6% 2,6% Si, 0,16–0,17% Mn, maks. 0,045% P, maks. 0,015% S, 0,036–0,042% Mg,1,45% Ni, 0,2–0,28% Mo, 0,6–0,65% Cu, 0,45–0,5% Cr, 0,033–0,035% B, reszta żelazo.

Sposób obróbki odlewniczo-cieplnej żeliwa ausferrytycznego o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie, charakteryzuje tym, że ciekłą kąpiel stopową zawierającą w % masowych: 3,5–3,7% C, 2,4–2,6% Si, 0,16–0,17% Mn, maks. 0,045% P, maks. 0,015% S, 0,036–0,042% Mg, 1,4–1,45% Ni, 0,2–0,28% Mo, 0,6–0,65% Cu, 0,45–0,5% Cr, 0,033–0,035% B, reszta żelazo, przegrzewa się do temperatury 1500°C i wytrzymuje w tej temperaturze przez 5 minut, a następnie poddaje się zabiegowi sferoidyzowania i modyfikowania grafityzującego poprzez wprowadzenie magnezu i modyfikatora w ilości 0,6% masowego, po czym ciekłą kąpiel stopową odlewa się do form odlewniczych, zaś gotowe odlewy czyści się i poddaje austenityzowaniu w temperaturze 950°C przez 150 minut, a następnie poddaje się hartowaniu izotermicznemu z wytrzymaniem w kąpieli solnej o temperaturze z zakresu 200–320°C przez 120 minut.

Żeliwo ausferrytyczne o składzie w % masowych: 3,5–3,7% C, 4–2,6% Si, 0,16–0,17% Mn, maks. 0,045% P, maks. 0,015% S, 0,036–0,042% Mg, 1,4–1,45% Ni, 0,2–0,28% Mo, 0,6–0,65% Cu,

0,45–0,5% Cr, 0,033–0,035% B, reszta żelazo, charakteryzuje się tym, że jest stosowane do wytwarzania odlewów elementów oczyszczarek śrutowych oraz odlewów części maszyn rolniczych i drogowych.

Wynalazek został przedstawiony w poniższych przykładach wykonania.

P r z y k ł a d I

Żeliwo ausferrytyczne o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie w pierwszym wykonaniu zawiera w % masowych: 3,5% C; 2,4% Si, 0,16% Mn, maks. 0,045% P, maks. 0,015% S, 0,036% Mg, 1,4% Ni, 0,2% Mo, 0,6% Cu, 0,45% Cr, 0,033% B, reszta żelazo, zaś w drugim wykonaniu: 3,7% C, 2,6% Si, 0,17% Mn, maks. 0,045% P, maks. 0,015% S, 0,042% Mg, 1,45% Ni, 0,28% Mo, 0,65% Cu, 0,5% Cr, 0,035% B, reszta żelazo.

P r z y k ł a d II

Żeliwo ausferrytyczne o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie, o składzie jak w przykładzie I przegrzano do temperatury 1500°C i wytrzymano w niej przez 5 minut, a następnie przeprowadzono zabieg sferoidyzowania wprowadzając do kąpieli przewód sferoidyzujący PE, zawierający rdzeń magnezowy, oraz modyfikator grafityzujący w ilości 0,6% masowego. Po tych zabiegach obróbki pozapiecowej ciekły stop odlano do form odlewniczych odtwarzających wlewek wytrzymałościowy typu „Ygrek II" oraz łopatkę oczyszczarki wirnikowej, będących odlewami wyjściowymi, z żeliwa sferoidalnego niskostopowego, do obróbki hartowniczej z przemianą izotermiczną. Wytworzone odlewy o wymaganej osnowie perlitycznej i z wydzieleniami eutektyki węglikowej (austenit oraz węgliki typu M_3C oraz duża liczba kulek grafitu), poddano ulepszeniu cieplnemu polegającemu na austenityzowaniu w temperaturze 950°C (T_γ) w czasie 150 minut (τ_γ) a następnie hartowaniu w kąpiel solnej z przemianą izotermiczną, tj. umieszczeniu odlewów z tego żeliwa w kąpieli solnej o temperaturze 200°C i 320°C (T_{pi}) i wytrzymaniu w niej przez czas 120 minut (τ_{pi}). Zabieg hartowania izotermicznego przeprowadzono w wannach hartowniczych, w których jako medium hartownicze zastosowano stopione mieszaniny solne: azotan sodu i azotan potasu, lub azotan i azotyn sodu o temperaturze topnienia 230–235°C i temperaturze roboczej 230–485°C.

W rezultacie otrzymano wyrób z żeliwa określonego jako BCrADI, który oprócz miedzi, niklu, molibdenu i chromu, zawiera silnie węglikotwórczy i modyfikujący dodatek małych zawartości boru, bardzo silnie oddziaływujący na twardość węglika M_3C jako składnika eutektyki węglikowej oraz na jego równomierne rozmieszczenie w mikrostrukturze, co ma zasadnicze znaczenie dla podwyższenia odporności odlewów na ich zużycie ścierne, bowiem wydzielenia pierwotnego węglika Fe_3C w składzie nadeutektycznego żeliwa CADI (jak wskazuje literatura) obniżają, z uwagi na ich duże rozmiary, właściwości trybologiczne (węgliki te wykruszają się z pracującej powierzchni odlewu). Zatem wprowadzenie do bazowego żeliwa ausferrytycznego ADI dodatków chromu i boru tworzy korzystną, dla właściwości użytkowych wyrobów odlewanych, mikrostrukturę składającą się z plastycznej i wysokowytrzymałej osnowy ausferrytu i sieci równomiernie rozmieszczonych twardych, złożonych węglików.

Ponadto żeliwo typu BCrADI zawierające w swoim składzie ilościowe kombinacje pierwiastków w zakresie: 0,008–0,1% mas. B i 0,3–0,5% mas. Cr, które zapewniają, obok wydzieleń kulek grafitu i osnowy ausferrytycznej, wydzielenia bardzo twardych węglików typu M_3C (gdzie M to pierwiastki z grupy Fe, Mn, Mo, Cr i B) o udziale objętościowym w mikrostrukturze żeliwa wynoszącym od 1,0 do 8,5%, wykazuje wysokie właściwości wytrzymałościowe i plastyczne oraz dużą twardość od 363 do 601 HB, przy czym odlew z żeliwa o największej twardości uzyskał w badaniach tribologicznych najmniejszy ubytek masy. Uzyskane właściwości w pełni potwierdzają przydatność odlewów wykonanych z żeliwa i obrobionych sposobem według wynalazku do pracy w ekstremalnych warunkach eksploatacji.

P r z y k ł a d III

Żeliwo według wynalazku zastosowano do wytworzenia łopatki oczyszczarki śrutowej wirnikowej z wirnikiem dwutarczowym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Żeliwo ausferrytyczne o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie, zawierające w swoim składzie węgiel, krzem, mangan, fosfor, siarkę, magnez, nikiel, molibden, miedź i chrom, **znamienne tym**, że zawiera w % masowych: 3,5–3,7% C, 2,4–2,6% Si, 0,16–0,17% Mn, maks. 0,045% P, maks. 0,015% S, 0,036–0,042% Mg, 1,4–1,45% Ni, 0,2–0,28% Mo, 0,6–0,65% Cu, 0,45–0,5% Cr, 0,033–0,035% B, reszta żelazo.

2. Sposób obróbki odlewniczo-cieplnej żeliwa ausferrytycznego o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie, **znamienny tym**, że ciekłą kąpiel stopową zawierającą w % masowych: 3,5–3,7% C, 2,4–2,6% Si, 0,16–0,17% Mn, maks. 0,045% P, maks. 0,015% S, 0,036–0,042% Mg, 1,4–1,45% Ni, 0,2–0,28% Mo, 0,6–0,65% Cu, 0,45–0,5% Cr, 0,033–0,035% B, reszta żelazo, przegrzewa się do temperatury 1500°C i wytrzymuje w tej temperaturze przez 5 minut, a następnie poddaje się zabiegowi sferoidyzowania i modyfikowania grafityzującego poprzez wprowadzenie magnezu i modyfikatora w ilości 0,6% masowego, po czym ciekłą kąpiel stopową odlewa się do form odlewniczych, zaś gotowe odlewy czyści się i poddaje austenityzowaniu w temperaturze 950°C przez 150 minut, a następnie poddaje się hartowaniu izotermicznemu z wytrzymaniem w kąpieli solnej o temperaturze z zakresu 200–320°C przez 120 minut.
3. Zastosowanie żeliwa ausferrytycznego wg zastrz. 1 do wytwarzania odlewów elementów oczyszczarek śrutowych oraz odlewów części maszyn rolniczych i drogowych.