

S. DYMEK\* M. BLICHARSKI\*, E. FRAŚ\*\*

## SYNTHESIS OF NANOPARTICLES IN THE FERRITE OF DUCTILE IRON

### SYNTEZA NANOCZĄSTEK W FERRYCIE ŻELIWA CIĄGLIWEGO

This article presents preliminary results of the processing and microstructural evolution of ductile cast iron modified by an addition of vanadium. The main goal of this work was to investigate the possibility of precipitation of vanadium carbides in the ferritic matrix of ductile cast iron giving rise to its properties improvement. The proposed research was based on similar approach known for precipitation hardened steels, however, only occasionally applied in cast iron. The involved procedure comprised soaking the ductile iron at the temperature closed to solidus (1095°C) for 100 h, cooling down to 640°C, holding on at this temperature for 16 h and cooling again to room temperature. Such heat treatment led to dissolving of existing (primary) vanadium-rich carbides and further their reprecipitation in the dispersed form. The precipitation processes were examined by light, scanning and transmission microscopy. It was shown that next to dispersed vanadium-rich carbides with an average size of 50 nm, extremely small (on the order of 1 nm) precipitates were also revealed. These minute precipitates were found in all examined areas; they produced images in transmission electron microscope characteristic for coherent precipitates as well as gave extra spots on selected area diffraction patterns. Also, other particles, with similar size to VC precipitates, however enriched with Mg and O, were found but less frequently. The investigation showed that it is feasible to age-harden ductile iron by introducing vanadium and carry out a proper heat treatment.

*Keywords:* ductile iron, particle hardening, vanadium carbides, titanium nitrides

Zaprezentowana praca obejmuje wstępne wyniki badań nad wytwarzaniem i rozwojem mikrostruktury ciągliwego żeliwa, którego skład chemiczny został wzbogacony przez dodatek wanadu. Głównym celem pracy było przebadanie możliwości wydzielenia węglików wanadu w osnowie ferrytycznej żeliwa ciągliwego i tym samym przyczynienia się do poprawy własności żeliwa. Zaproponowane badania opierały się na zjawiskach znanych w stalach umacnianych wydzieleniowo, lecz tylko sporadycznie wykorzystywanych w żeliwach. Zastosowana obróbka cieplna żeliwa obejmowała wyżarzanie w temperaturze bliskiej solidusu (1095°C) przez 100 godzin, ochłodzenie do 640°C, wytrzymanie w tej temperaturze przez 16 godzin i studzenie razem z piecem. Taka obróbka cieplna doprowadziła do częściowego rozpuszczenia się pierwotnych węglików bogatych w wanad i ich ponownego wydzielenia się w formie dyspersoidu. Procesy wydzielenia badano technikami mikroskopii świetlnej oraz elektronowej – skaningowej i transmisyjnej. Wykazano, że oprócz dyspersyjnych węglików wanadu, o średniej średnicy ok. 50 nm, występują jeszcze bardzo drobne wydzielenia o wymiarach rzędu 1 nm. Te niezwykle drobne wydzielenia znajdowano we wszystkich analizowanych obszarach ferrytu; obrazy z elektronowego mikroskopu transmisyjnego wykazywały charakterystyczne cechy dla cząstek koherentnych, a na selektywnych dyfrakcjach elektronowych występowały dodatkowe refleksy. Badania wykazały, że możliwym jest umocnienie ferrytu żeliwa ciągliwego, przez dodatek wanadu i zastosowanie odpowiedniej obróbki cieplnej.

\* FACULTY OF METALS ENGINEERING AND INDUSTRIAL COMPUTER SCIENCE, AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 30-059 KRAKÓW, MICKIEWICZA 30, POLAND

\*\* FACULTY OF FOUNDRY ENGINEERING, AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 30-059 KRAKÓW, MICKIEWICZA 30, POLAND