

**Mgr inż. Krzysztof Wasiak**

*(stopień, imię i nazwisko osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora)*

**Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska**

*(afiliacja osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora)*

**Tytuł rozprawy doktorskiej: „Kształtowanie mikrostruktury i właściwości nawęglonej stali 35CrSiMn5-5-4 przy wykorzystaniu nowoczesnych metod obróbki cieplnej”**

## **STRESZCZENIE**

Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej jest opracowanie technologii obróbki cieplnej nawęglonej stali 35CrSiMn5-5-4, która doprowadzi do uzyskania właściwości korzystnych z punktu widzenia produkcji wysokoobciążonych kół zębatych, przy jednoczesnej redukcji wad charakterystycznych dla konwencjonalnej obróbki cieplnej.

Postawiono tezę, że opracowanie procesu nanostrukturyzacji nawęglonej stali, z wykorzystaniem przemiany bainitycznej pozwoli ukształtować w jednym procesie technologicznym korzystną mikrostrukturę i właściwości warstwy wierzchniej oraz rdzenia.

Aby osiągnąć cele postawione w pracy oraz zweryfikować słuszność postawionej tezy opracowano trzy technologie obróbki cieplnej: (1) hartowanie izotermiczne, (2) niepełne hartowanie bainityczne, połączone z częściową przemianą martenzytyczną i dyfuzyjną redystrybucją węgla z ang. Bainitization-Quenching&Partitioning (B-Q&P), (3) zmodyfikowana technologia B-Q&P, wykorzystująca zmienną szybkość chłodzenia po austenitowaniu, celem wytworzenia bainitu w rdzeniu (B-Q&Pc).

Parametry zaproponowanych obróbek cieplnych projektowano na podstawie badań dylatometrycznych. Mikrostrukturę scharakteryzowano w wyniku obserwacji mikroskopowych oraz badań dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego. Celem określenia właściwości mechanicznych i użytkowych przeprowadzono badania mikrotwardości, twardości, udarności, odporności na zużycie przez tarcie, rozciąganie i kruche pękanie oraz badania odkształceń hartowniczych. Wyniki porównano z właściwościami otrzymanymi w rezultacie zastosowania konwencjonalnej obróbki cieplnej. Na podstawie uzyskanych wyników określono szereg zależności pomiędzy parametrami obróbki cieplnej, a uzyskiwaną mikrostrukturą i właściwościami warstwy oraz rdzenia.

Największym osiągnięciem pracy jest opracowanie technologii obróbki cieplnej B-Q&Pc, która pozwala ukształtować w jednym procesie technologicznym korzystne właściwości warstwy i rdzenia, przy jednoczesnej redukcji wad konwencjonalnej obróbki cieplnej, co spełnia cele postawione w pracy. Dużą zaletą opracowanej technologii obróbki cieplnej jest także możliwość prowadzenia jej w przemysłowym piecu próżniowym, dzięki odpowiedniemu zaprojektowaniu parametrów zmiennej szybkości chłodzenia.

**MSc Eng. Krzysztof Wasiak**  
**Faculty of Material Science and Engineering**  
**Warsaw University of Technology**

**Doctoral dissertation title: “Formation of the microstructure and properties of carburized 35CrSiMn5-5-4 steel using modern heat treatment methods”**

## **ABSTRACT**

The aim of this doctoral dissertation is to develop heat treatment technology of carburized 35CrSiMn5-5-4 steel, which will lead to obtaining beneficial properties from the point of view of producing highly loaded gears while reducing the characteristic disadvantages of conventional heat treatment.

The thesis of the work was that the development of the process of nanostructurization of carburized steel using bainitic transformation would allow to obtain the favorable microstructure and properties of the top surface layer and the core in one technological process.

In order to achieve the goals set in the work and verify the validity of the thesis, three heat treatment technologies were developed: (1) austempering, (2) Bainitization-Quenching&Partitioning (B-Q&P), (3) modified B-Q&P technology, using variable cooling rate after austenitizing, to produce bainite in the core (B-Q&Pc).

The parameters of the proposed heat treatment were developed based on dilatometric tests. The microstructure was characterised by microscopic observation and X-ray diffraction analysis. Microhardness, hardness, impact toughness, wear resistance, tensile strength, fracture toughness and distortion were investigated to characterise mechanical and functional properties obtained after designed heat treatments. Obtained results were compared with results achieved after conventional heat treatment. Based on the results, many relationships between heat treatment parameters, obtained microstructure and properties of the surface layer and core were determined.

The major achievement of the work is the development of B-Q&Pc heat treatment technology, which allows to form beneficial properties of carburized top surface and core in one technological process while reducing the disadvantageous of conventional heat treatment, which meets the goals set in the work.

A significant advantage of the developed heat treatment technology is the possibility of conducting it in an industrial vacuum furnace, thanks to the appropriate design of variable cooling rate parameters.