



Doctoral Thesis

High strength nickel-free duplex stainless steels for structural engineering applications

Author(s):

Wang, Jun

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001931605> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 12649

HIGH STRENGTH NICKEL-FREE DUPLEX STAINLESS STEELS FOR STRUCTURAL ENGINEERING APPLICATIONS

A dissertation submitted to
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZÜRICH, SWITZERLAND

for the degree of
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES

presented by

Jun WANG

Bachelor of Engineering
Dalian University of Technology,

Master of Engineering
Central Iron and Steel Research Institute
CHINA

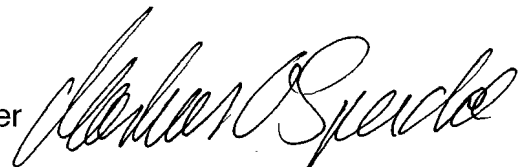
born July 15, 1966
in Shaanxi, China

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Dr.h.c. M.O. Speidel, examiner

Prof. Dr. H. Böhni, co-examiner

Prof. Dr. P.J. Uggowitzer, co-examiner



Abstract

The cost for the maintenance and repair of concrete structures has become an important aspect of the economy of industrial countries. Corrosion of the reinforcing steel is the main cause for deterioration of structures in reinforced concrete, where chlorides are present on highways or bridges from de-icing salt or in a marine environment. Traditional stainless steels have moderate mechanical properties and are too expensive to use in competition with standard structural steels (carbon and low alloy steels). The development and use of duplex stainless steels (DSS) with 1-2 times higher strength and about half cost compared to austenitic stainless steels are increasingly interesting to manufacturers and users.

DSS with high contents of nitrogen have several advantages: For example, higher strength and corrosion resistance, improved weldability due to stable austenite content at high temperatures as well as lower costs due to saving the expensive alloying element nickel. A new group of nitrogen alloyed duplex stainless steels is presented in this work: It is the nickel-free duplex stainless steels, where nickel is completely replaced by nitrogen.

The theory of physical metallurgy and thermodynamic calculations are utilized to develop such nickel-free DSS. Their microstructure, alloy partitioning, mechanical properties, corrosion resistance, thermal stability and weldability are evaluated, including a detailed discussion of the influences of alloy elements, heat treatment, orientation, testing condition, etc.

Nickel-free DSS are easy to melt and manufacture at atmospheric pressure if a correct thermodynamic calculation is followed. Pore formation can be avoided by choosing a proper alloy composition and casting temperature. Thus, alloy design is now possible aimed to strength and toughness, corrosion resistance and production under atmospheric pressure, etc.

Nickel-free DSS are not only intended to be cheap but also to have superior mechanical and corrosion properties: they could find applications where high strength and corrosion resistance are required.

Kurzfassung

Die Kosten für Unterhalt und Reparatur von Betonbauwerken werden ein immer wichtiger wirtschaftlicher Faktor in Industrieländern. Die Korrosion des Armierungseisens ist die Hauptursache für die Zerstörung von Strukturen aus Stahlbeton, vor allem in chloridhaltiger Umgebung, z.B. aus Streusalzlösungen oder in Meerwasser. Gebräuchliche rostfreie Stähle besitzen mässige mechanische Eigenschaften und sind zu teuer im Vergleich zu Standard-Baustählen (Kohlenstoffstähle und niedrig legierte Stähle). Die Entwicklung und der Gebrauch von rostfreien Duplex-Stählen höherer Festigkeit und ungefähr halbierten Kosten im Vergleich zu austenitisch-rostfreien Stählen ist von immer grösser werdendem Interesse für Hersteller und Anwender.

In dieser Arbeit wird eine neue Gruppe von stickstofflegierten rostfreien Duplex-Stählen mit hohen Stickstoffgehalten vorgestellt. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass Nickel vollständig durch Stickstoff ersetzt wird. Dadurch besitzen diese Stähle verschiedene Vorteile wie höhere Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit sowie einen geringeren Preis. Durch eine höhere Austenitstabilität bei hohen Temperaturen wird die Schweissbarkeit deutlich verbessert.

Thermodynamische Berechnungen wurden als Hilfsmittel zur Entwicklung der nickelfreien Stähle herangezogen. Dadurch wird gewährleistet, dass die Stähle leicht unter Atmosphärendruck erschmolzen und verarbeitet werden können. Poren-bildung kann durch die Wahl geeigneter Legierungszusammensetzungen und Abgustemperaturen vermieden werden.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf Mikrostruktur, Elementverteilung, mechanische Eigenschaften, Korrosionsbeständigkeit sowie thermische Stabilität und Schweissbarkeit. Der Einfluss einzelner Legierungselemente, Wärmebehandlung, Probenorientierung und Versuchsbedingungen wird ausführlich diskutiert. Dadurch ist möglich, Legierungen mit den gewünschten Eigenschaften gezielt entwickeln.

Nickelfreie Duplex-Stähle besitzen nicht nur den Vorteil eines geringeren Preises, sondern auch überlegene mechanische Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit. Sie sollten deshalb in Bereichen Anwendung finden, wo hohe Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit gefordert wird.