

## Kleine Bor-Gehalte – Große Wirkung? Der Einfluss von Bor auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften des Einsatzstahls 20MnCr5

### Small boron contents – big effect? The influence of boron on the mechanical and technological properties of 20MnCr5 case-hardening steel

Das Legierungselement Bor ist bekannt dafür, dass es bereits bei sehr kleinen Gehalten im Bereich zwischen 0,001–0,003 Gew.-% einen signifikanten Einfluss auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften wärmebehandelbarer Stähle hat. Dabei wird Bor in gelöster Form ein härtebarkeitssteigernder Effekt zugeschrieben, wohingegen angenommen wird, dass Bor im abgebundenen Zustand in Form von fein ausgeschiedenen Bornitriden zähigkeitssteigernd wirkt.

In den 1960er Jahren wurde der borlegierte Einsatzstahl ZF7B auf Basis der Stahlgüte 20MnCr5 entwickelt, mit dem Ziel, sich den zähigkeitssteigernden Effekt durch fein verteilte Bornitride zu Nutze zu machen. Zu dieser Zeit wurden zahlreiche Beweise auf der Basis systematischer Experimente über den zähigkeitssteigernden Effekt durch Bor erbracht. Bis heute blieb der genaue Mechanismus aufgrund unzureichender Analysemethoden jedoch unverstanden. Mit zunehmender Verbesserung des Auflösungsvermögens bekannter, aber auch dank der Entwicklung neuer Analysemethoden eröffneten sich in der jüngeren Zeit jedoch völlig neue Möglichkeiten, um Gefüge-Eigenschaft-Beziehungen aufzudecken.

Davon ausgehend erfolgten systematische Untersuchungen zum Einfluss des Bor-Gehalts und des Bor-Ausscheidungs Zustands auf Zähigkeit, Härtebarkeit und Schwingfestigkeit sowie, damit verbunden, umfangreiche Analysemethoden (z. B. ESMA-WDX, TEM, APT), um die Mechanismen des Bors in Abhängigkeit von seinem Ausscheidungs Zustand aufzudecken und um die finale Frage zu klären, ob eine Bor-Zugabe unter dem Aspekt der mechanisch-technologischen Eigenschaftsoptimierung bei heutigen Stählen noch notwendig ist.

The alloying element boron is well known to have a significant effect on the mechanical properties of heat-treatable steels, even at very low concentrations in the range of 0.001 to 0.003 percent by weight. Boron, in its dissolved condition, is known to have a hardenability increasing effect, whereas boron in bound condition is assumed to have a toughness increasing effect due to finely precipitated boron nitrides.

In the 1960s, the boron-alloyed case-hardening steel ZF7B was developed on the basis of steel grade 20MnCr5, with the aim of benefiting from the toughness enhancing effect of finely precipitated boron nitrides. At that time, various proofs on the toughness increasing effect by boron were provided based on systematic experiments. However, the exact mechanism has not yet been completely understood, due to inadequate analytical methods. The past years, however, have brought many improvements in terms of the resolution capabilities of well-known analytical methods. Additionally, new developments have opened completely new possibilities for uncovering the relationship between microstructure and steel properties.

Based on this, systematic investigations were performed on the influence of boron content and boron precipitation condition on toughness, hardenability and fatigue strength, in combination with numerous analytical methods (e.g. ESMA-WDX, TEM, APT). The aim was to reveal the mechanisms of boron as a function of its precipitation condition and to clarify the question of whether boron addition is still necessary in the context of improved mechanical and technological properties in today's steel applications.



Vortragende / Speaker

Isabell Ortlepp

ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

Wolfgang Bleck, Institut für Eisenhüttenkunde,  
RWTH Aachen; Alfred Sollich, Dieter Wiedmann,  
ZF Friedrichshafen AG