



Doctoral Thesis

Pulvermetallurgisch hergestellter, verschleissfester, korrosionsbeständiger martensitischer Chromstahl

Author(s):

Kerschenbauer, Claudia

Publication Date:

2002

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004431895> →

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](#).

**Pulvermetallurgisch hergestellter, verschleissfester,
korrosionsbeständiger martensitischer Chromstahl**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
Claudia Kerschenbauer
Dipl.-Ing. Werkstoffwissenschaften
Montanuniversität Leoben - Österreich
geboren am 13. März 1971
in Bruck an der Mur / Österreich

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. M. O. Speidel, Referent
Prof. Dr. S. Virtanen, Korreferent

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Legierungsentwicklung von pulvermetallurgisch hergestellten, martensitischen, verschleissfesten, korrosionsbeständigen Chromstählen, die auch als sogenannte Kunststoffformenstähle bekannt sind. Das Anwendungsgebiet liegt in erster Linie in der kunststoffverarbeitenden Industrie, einerseits als Formmaterial für das Spritzgiessen, andererseits als Bauteile für verschiedene Verarbeitungsprozesse, wie z.B. Schnecken, Zylinder oder Rückstromsperrn für Extrudier- und Spritzgiessmaschinen. Weitere Anwendungen werden für Bauteile in der Nahrungsmittel-, Chemie- und gummiverarbeitenden Industrie sowie für chirurgische Instrumente gesehen.

Entsprechend dem breiten Anwendungsspektrum dieser Legierungen, sind die Anforderungen an diese Werkstoffgruppe sehr vielfältig. Neben einem hohen Verschleisswiderstand wird vor allem eine gute Korrosionsbeständigkeit bei entsprechender Zähigkeit und Härteannahme gefordert.

Schon heute gibt es pulvermetallurgisch hergestellte Kunststoffformenstähle. Aufgrund immer neuer Entwicklungen der kunststoffverarbeitenden Industrie werden an Stähle in diesem Einsatzgebiet immer höhere Anforderungen vor allem bezüglich Verschleiss und Korrosion gestellt. Nach eingehendem Literaturstudium hat sich gezeigt, dass ein direkter Vergleich der kommerziell hergestellten Legierungen aufgrund unterschiedlicher Untersuchungsmethoden und unvollständiger Werkstoffinformationen nicht möglich ist.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher im ersten Schritt anhand der Untersuchung von fünf kommerziell hergestellten Legierungen der Stand der Technik eruiert. Die Werkstoffe wurden bezüglich Härte- und Anlassverhalten, Verschleiss, Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit untersucht. Ein weiteres Hilfsmittel stellte das thermodynamische Berechnungsprogramm Thermo-Calc dar. Die Untersuchungsergebnisse zeigen Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung, Wärmebehandlung, Mikrostruktur und Eigenschaftsprofil auf. Es wird gezeigt, dass die Eigenschaften auf unterschiedliche metallkundliche Ursachen zurückzuführen sind. Es hat sich gezeigt, dass für eine hohe Härteannahme ein hoher Hartphasenanteil erforderlich ist, der sich zum Teil auch positiv auf die Verschleissbeständigkeit auswirkt, aber die Zähigkeits- und Korrosionseigenschaften negativ beeinflusst. Bezüglich Verschleissbeständigkeit konnte festgestellt werden, dass je nach Untersuchungsmethode zum einen der Gesamtkarbidanteil, zum anderen der Hartphasentyp die entscheidende Rolle spielt. Für eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit dieser Legierungen muss ein Chromgehalt von mindestens 12%, gelöst in der Matrix, sichergestellt sein. Weiters darf der Gesamtkarbidanteil nicht mehr als 30% betragen, um eine entsprechende Zähigkeit der Legierungen gewährleisten zu können.

Resultierend aus den gewonnen Erkenntnissen wurden vier neue Legierungen entwickelt. Durch Variationen in der chemischen Zusammensetzung vor allem bezüglich der karbidbildenden Elemente Chrom und Vanadium wurde versucht, sowohl den Gesamtkarbidanteil als auch bestimmte Karbidtypenmengen derart einzustellen, dass eine Eigenschaftsverbesserung vor allem im Hinblick auf den Verschleisswiderstand erreicht wird. Die Werkstoffe wurden industriell hergestellt und ein Eigenschaftsprofil wurde erstellt. Im Vergleich mit den kommerziellen Legierungen haben sich die Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung und den Eigenschaften martensitischer Chromstähle bestätigt.

Obwohl die Optimierung von Eigenschaftskombinationen bezüglich Verschleiss-Korrosion-Zähigkeit sehr schwierig ist, konnte durch die überlegte Variation der chemischen Zusammensetzung eine Verbesserung der Verschleissbeständigkeit in Verbindung mit guten weiteren Eigenschaften erzielt werden.

Abstract

The present thesis is focusing on the alloy development of powder metallurgically produced, wear resistant, corrosion resistant, martensitic chromium steels which are known as plastic mould steels. Primarily these steels are of interest for the plastic processing industry, using them as moulds and components for plastic processing machines, e.g. extruder screws, cylinders or backflow check valves for extruders and die casting machines. Further use is being visualized as components in the food processing-, chemistry- and rubber processing industry as well as surgical instruments.

According to the wide range of applications the quality requirements of these steels are ranking high. Next to their high wear resistance they have to meet a good corrosion resistance and to reach an equally good toughness and hardness level.

Plastic mould steels produced by powder metallurgy are already existing today. Because of the rapidly advancing new developments in the plastic processing industry, the level of quality requirements is constantly rising for steels in this field namely concerning wear and corrosion properties. An intensive study of the equivalent literature made it evident that a direct comparison of commercially manufactured alloys is not possible due to different methods of investigation and incomplete information about material properties.

Therefore step one of this thesis deals with the testing of five commercially produced alloys outlining the state of the art concerning hardness- and annealing properties, wear, corrosion resistance and toughness. The investigations were supported by the thermodynamical calculation program Thermo-Calc. The test results show a relationship between chemical composition, heat treatment, microstructure and property profile. It is evident that the properties are based on different metallurgical causes. High hardness values are clearly related to a high amount of carbides partly positively increasing the wear resistance yet negatively decreasing toughness- and corrosion properties. Depending on the type of investigation, it was sometimes the total amount of carbides and sometimes the type of the carbide that was greatly influencing the wear resistance. A chromium content of at least 12% dissolved in the matrix must be assured in order to obtain a sufficient corrosion resistance. To guarantee equivalent toughness of these alloys the total amount of carbides should not exceed 30%.

Based on these gained results four new alloys got developed. By varying the chemical composition, primarily the carbide forming elements chromium and vanadium being responsible for both the total amount of carbides as well as the amount of a special type of carbide, it was aimed to improve the material properties particularly the wear resistance. The new materials got manufactured industrially and a property profile was made. In

comparison with the commercial alloys it can be stated as a fact that there is a definite relationship between the chemical composition and the material properties of martensitic chromium steels.

Even though to optimize the material properties concerning the wear-corrosion-toughness-combination turned out to be very difficult, with well considered variations of the chemical composition a clear improvement of the wear resistance, combined with other good properties, could be achieved.