



Doctoral Thesis

Spezifische Wärme von Uebergangsmetallen und ihren Legierungen bei tiefen Temperaturen

Author(s):

Heiniger, Ferdinand

Publication Date:

1966

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000090343> →

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. Nr. 3854

Spezifische Wärme von Übergangsmetallen und ihren Legierungen bei tiefen Temperaturen

Abhandlung
zur Erlangung
der Würde eines Doktors der
Naturwissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

vorgelegt von

FERDINAND HEINIGER

dipl. Phys. ETH
geboren am 27. 11. 1936
von Eriswil, Kanton Bern

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. G. Busch, Referent
Prof. Dr. J. Müller, Korreferent

Druck: Konrad Tritsch, Graphischer Großbetrieb, Würzburg

1966

Elektronische spezifische Wärme und Antiferromagnetismus in Chromlegierungen

F. HEINIGER

Institut de Physique Expérimentale, Université de Genève

Eingegangen am 11. Juli 1966

Von 20 Legierungen des Cr mit Mo, W, V, Ru und Os im Bereich der kubisch-raumzentrierten Phase wurde zwischen 1,5 und 4,2°K die spezifische Wärme gemessen und deren Elektronen- und Gitteranteile bestimmt. Aus der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes zwischen 70 und 340°K ergab sich der Verlauf der Néel-Temperatur in Cr-Legierungen mit 0—16 At.-% Mo. Der Vergleich der Elektronenwärmen mit den Néel-Temperaturen in den untersuchten Legierungssystemen läßt auf eine beträchtliche Reduktion der elektronischen Zustandsdichte im Konzentrationsbereich hoher Néel-Temperaturen schließen.

La chaleur spécifique de 20 alliages de Cr avec du Mo, W, V, Ru et Os de la région de la phase cubique-centrée a été mesurée entre 1,5 et 4,2°K et séparée en chaleur spécifique des électrons et du réseau. De plus, dans les alliages de Cr avec 0—16 at.-% Mo, les températures de Néel ont été déterminées par la mesure de la résistivité électrique en fonction de la température entre 70 et 340°K. Pour tous les systèmes étudiés, la comparaison des chaleurs spécifiques électroniques avec les températures de Néel révèle une réduction considérable de la densité d'états électroniques dans les alliages ayant des températures de Néel élevées.

The specific heats of 20 alloys of Cr with Mo, W, V, Ru and Os within the range of the body-centered cubic phase have been measured between 1.5 and 4.2°K and separated in their electronic and lattice parts. From the temperature dependence of the electrical resistance between 70 and 340°K the Néel temperatures of Cr-alloys with 0—16 at.-% Mo could be determined. A comparison of the electronic specific heats and the Néel temperatures of the investigated Cr-alloys reveals a considerable reduction of the electronic density of states within the range of concentrations with high Néel temperatures.

I. Einleitung

Die neuesten Untersuchungen an reinem Chrom zeigten, daß die magnetischen Eigenschaften dieses Übergangsmetalls überaus kompliziert sind und in ihrer Art unter den Elementen einzig dastehen. Wie aus Neutronenbeugungsexperimenten geschlossen werden konnte, ist Chrom bei tiefen Temperaturen antiferromagnetisch, wobei das magnetische Moment der Chrom-Atome sinusförmig moduliert ist (statische Spin-Dichte-Welle) [1—4]. Die Periode der Modulation, welche je nach Temperatur 20—27 Gitterkonstanten beträgt, scheint mit der Gitterperiodizität in keinem direkten Zusammenhang zu stehen. Das mittlere magnetische Moment pro Atom nimmt zudem mit wachsender Temperatur ab. Oberhalb des Néelpunktes (311°K) zeigt Chrom keine lokalisierten Momente [5]. Die Néel-Temperatur, welche im Temperaturverhalten anderer Eigenschaften wie spezifische Wärme [6], elektrischer Widerstand [7], thermische Ausdehnung [8] und elastische Konstanten [8] ebenfalls zum Ausdruck kommt, wird durch hohen hydrostatischen Druck erniedrigt [9—12], scheint dagegen unabhängig zu sein vom Isotopengemisch [13]. Während der Temperaturverlauf der spezifischen Wärme am Néelpunkt auf einen

Low Temperature Specific Heat of Transition Metals and Alloys

F. HEINIGER

Institut de Physique Expérimentale, University of Geneva, Switzerland

Received July 11, 1966

The article reviews experimental results on the low temperature specific heat of the transition metals and their alloys. Particularly discussed are the variations of the electronic part on the basis of a complete compilation of measurements given.

On résume les résultats expérimentaux concernant la chaleur spécifique à basse température des métaux de transition et de leurs alliages. Particulièrement, les variations de la contribution électronique sont discutées sur la base d'un recueil complet des mesures.

Die experimentellen Ergebnisse zur spezifischen Wärme der Übergangsmetalle und ihrer Legierungen bei tiefen Temperaturen sind übersichtlich dargestellt. Die Diskussion betrifft vor allem die Variationen des elektronischen Anteils und stützt sich auf eine vollständige Zusammenstellung der Meßresultate.

Contents

Introduction	243
A. Basic Results of Specific Heat Theory	244
B. Experimental Results	246
I. Elements	248
II. Alloys of Two 3d-Transition Metals	255
III. Alloys of Two 4d-Transition Metals	260
IV. Alloys of Two 5d-Transition Metals	261
V. Comparison of 3d-, 4d- and 5d-Alloys.	262
VI. Alloys of Two Isoelectronic Transition Elements	264
VII. Binary Chromium Alloys	266
VIII. Other Alloys of Two Transition Elements	267
IX. Binary Alloys of Transition Metals with Non-Transition Elements.	270
X. Ternary Alloys	273
XI. Miscellaneous Results	275
References	280

Introduction

Since 1956, when the review article of KEESOM and PEARLMAN [1] appeared, the list of low temperature specific heat data of solids has increased impressively, but no subsequent survey on this subject has been given. Most of the data has to be sought in the vast literature of the last ten years. A good picture of the actual knowledge of the electronic structure of transition metals and alloys is given in a book edited by BECK [2], and in an article by MOTT [3], but neither contains a complete compilation of known data.

At the time of the article of KEESOM and PEARLMAN [1] the measurements in the domain of calorimetry were mainly restricted to elements; since 1956 not only have most of the elements been measured or remeasured, but also some hundreds of binary and other alloys have been investigated. In view of the large amount of