

耐热合金研究

科学出版社

耐 热 合 金 研 究

軒 葆 华 譯
李 有 柯 校

科 学 出 版 社

ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ЖАРОПРОЧНЫМ
СПЛАВАМ

Издательство Академии Наук СССР

Москва—1956

內 容 簡 介

本書为紀念苏联卓越的金屬学家 Н. Т. Гудцов 院士寿辰而出版。
書中收集有关耐热合金研究的論文 19 篇。闡述某些耐热合金的制备方
法;研究合金在高温下的各种物理性能及其研究方法;討論耐热材料的加
工等問題。

耐 热 合 金 研 究

軒 葆 华 譯

李 有 柯 校

*

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可證出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1958 年 7 月第 一 版 书号: 1242 字数: 153,000

1959 年 11 月第二次印刷 开本: 787×1092 1/18

(京) 1,961—3,760 印张: 5 3/9 插圖: 18

定价: 1.40 元

САК 96/07



Н. Т. Гудцов

**苏联最高苏维埃主席团
关于授予科学院院士 Н. Т. ГУДЦОВ
以劳动红旗勋章的命令**

为了表彰 Николай Тимофеевич Гудцов 院士在發展祖国冶金学方面的功績及其多年的科学教育工作,在其七十寿辰之际特授予劳动红旗勋章。

苏联最高苏维埃主席团主席

К. Ворошилов

苏联最高苏维埃主席团秘书

А. Горкин

1955 年 11 月 29 日

莫斯科,克里姆林宫

目 录

Николай Тимофеевич Гудцов 院士	(1)
关于确定金属与合金热力学恒量的问题.....Л. И. Иванов, М. П. Матвеева, И. С. Куликов(5)	
碘化铬的制备及其性能.....Н. В. Агеев, В. А. Трапезников(10)	
用X射线光谱研究合金的微体积中化学成分的新方法.....И. Б. Боровский, Н. П. Ильин(16)	
铈及其合金.....Е. М. Савицкий, М. А. Тылкина(22)	
在高温下金属中晶粒的沿晶滑动.....К. А. Осипов(35)	
利用应力、蠕变速和金属使用期限之间的新关系作出的蠕变标准综合图..... И. А. Одинг, В. С. Иванова(39)	
ЭИ-434钢的高温疲劳强度和对应力集中的敏感性.....Б. И. Александров(45)	
在相变温度下合金疲劳破坏过程的特点.....В. А. Парфенов(53)	
某些奥氏体钢的热脆性的动力学.....В. И. Просвирин, Л. Ф. Чернов(59)	
用射线照相法研究含钙的镁合金的组织.....М. Е. Дриц, Э. А. Сви́дeрская, Э. С. Каданер(65)	
利用扩散层提高碳素钢的抗热性.....Н. С. Горбунов(71)	
耐热材料的压力加工的可能条件.....И. М. Павлов(76)	
压力加工的可能性与均匀形变的关系.....М. В. Растегаев(82)	
利用夹圈以提高低范性合金的形变性.....Л. Н. Могучий(89)	
耐热合金加工时的分散形变.....С. В. Легранд(96)	
时效时间与温度对 ЭИ-437 合金的耐热性的影响Л. И. Прякина, О. В. Ожимкова(101)	
镍-铬-铝-铈四元合金的耐热性И. И. Корнилов, Л. И. Прякина(108)	
二号铁-铬-铝合金的耐热性的研究.....И. И. Корнилов, В. С. Михеев(117)	
固体金属中自扩散的激活热К. А. Осипов(120)	

НИКОЛАЙ ТИМОФЕЕВИЧ ГУДЦОВ 院士

1955年11月13日是苏联最偉大的金屬学者、功勋的技术科学家、斯大林獎金获得者、科学院院士 Николай Тимофеевич Гудцов 的七十寿辰。

在現代科学的金屬学历史上鋼的热处理学說,物理金相学和鋼的結晶学,特殊鋼的理論,鋼的組織轉变与鋼的合金化原理的研究諸領域都是与 Н. Т. Гудцов 的名字分不开的。

1902年 Н. Т. Гудцов 畢業于庫尔实验中学,并进入彼得堡工業学院学习,1910年以优良的成績畢業后,被留在該院 А. А. Байков 教授試驗室中工作。从他在学院中从事工程研究工作的头几年起,他就頑强地致力于鋼的組織和性能的深刻的研究。从1913年到1928年, Н. Т. Гудцов 在列宁格勒的普吉洛夫工厂,即現在的基洛夫工厂中担任工厂金相試驗室主任。工厂中的工作对他以后的全部科学研究事業留下了一定的现实主义影响。

Н. Т. Гудцов 的科学研究事業基本上是在偉大的十月社会主义革命之后發展起来的。

Н. Т. Гудцов 从事金屬科学的研究达四十五年以上。

他的科学活动的基本方面是:

- 1) 鋼結晶的科学基础的研究;
- 2) 結晶体的固溶体理論和加热与冷却时鋼內組織轉变的理論的研究;
- 3) 合金热处理的一般理論的創立;
- 4) 鋼的机械性能的实質的闡明;
- 5) 鋼的合金化理論的研究;
- 6) 分子相形成的理論的研究。

Н. Т. Гудцов 研究了大量金屬結晶的不連續性的理論,并創立了鋼的偏析結晶結構的物理理論,以此对鋼的結晶学說作出巨大的貢獻。按照此学說,結晶过程是不連續地、間断地从錠模表面向鋼錠中心进行,已結晶的金屬产生界面,再从与此界面相毗鄰的液态金屬中形成新結晶区域。鋼錠內部結晶較晚,它是在冷凝过程中因金屬体积收縮而不足时結晶的。因此,最后結晶的金屬部分具有特殊結構,即金屬晶体点陣具有高濃度的原子缺位。这些部分就是物理偏析(偏集)区。

在晶体的固溶体理論中, Н. Т. Гудцов 作出了一些新的解釋,这种解釋是以金屬結構的物理研究的数据作基础的。

許多專家們曾認為,随着温度的增高(超过临界点)碳的扩散总是由高濃度区向低濃度区进行,并使鋼的整个体积內的碳濃度均一。Н. Т. Гудцов 証明了碳原子在鉄的晶体点陣中不但向低濃度方面、也向高濃度方面移动,这样,就駁倒了上述的論断。Гудцов 的这一原理完全被实践所証实,因为在鋼过热时得到魏氏組織,它的特

征是碳原子的粗大聚集,珠光体和铁素体的边界明显,且具有规则的几何外形。

在钢迅速冷却时还得到另外一种方式的不均一性。正如 Н. Т. Гудцов 所证明的,组织形成的重要因素不只是一个冷却速度,同时还有试样在一定温度范围内停留的时间。

研究已被实践证实的偏析结构的理论和临界点滞后的理论之后, Н. Т. Гудцов 提出了钢内产生白点的综合理论。他认为产生白点的主要作用力是钢中多型转变时所产生的变化,而对白点形成的机构作了下面的解释。如果转变后所得到的结晶形状比原有形状所占的体积小,则转变将容易和自由地进行,并且常常是在几乎同一个温度进行。然而,伴随有体积增大的转变,则一定会受到转变介质的阻碍。介质的阻力阻滞多型转变,并造成临界点的滞后。钢的临界点的滞后的大小决定于许多因素:冷却速度,化学成分的不均一性,特别是铁的晶体点阵内氢、氧、氮的分布,钢的物理不均一性,即因钢锭偏析的不均一性所造成的高浓度的原子空位(缺位)。

Н. Т. Гудцов 解释道:“在钢加热时整个金属有一个位于一定温度的临界点,但是在冷却时,某些部分滞后值较小,该处的转变就较早;而另一些部分滞后值较大,则转变较晚。在某些部分 $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$ 的多型转变开始于较高的温度,而在其余部分则开始于较低的温度。结果会产生什么呢?

开始较早的转变将在特别困难的条件下进行。周围的全部金属或多或少具有较稳定的 $\gamma\text{-Fe}$ 形状,在其中还没有转变为 $\alpha\text{-Fe}$ 的冲动,而在某一部分内这种转变则正在进行。在这种情况下,新点阵的组成将进行得不正常,不正常之处就在于形成的结晶相将受到周围介质的巨大机械作用。这种作用就是新结晶相将在压力下发展。因此,该相的结晶过程的一般几何形状也将被破坏。由 $\gamma\text{-Fe}$ 点阵形成 $\alpha\text{-Fe}$ 一般就是在 $\gamma\text{-Fe}$ 的规则点阵中形成新的结晶系的核心。重结晶按照立方晶系的类型进行,并与原先的原子排列有一定的区别。此时得到新的立方点阵。在冷却时临界点滞后值小的那些部分中,按照其结晶条件,转变将在较高温度下开始,阻碍结晶结构扩展的介质的作用将要妨碍其中新点阵的规则结构的发展;点阵的组成将在周围介质的作用下进行,结果开始逐渐发展成畸变的结晶结构——光源辐射形的结晶结构,而新结构的外形愈来愈接近于球形。在介质阻力的作用下,这种转变过程在一定的部分内即停止;被介质的强力作用停止后,转变不再继续进行,因为球形体随着其增长程度将受到愈来愈大的阻力。因此,在一定的温度下,可以得到某些不规则结晶结构的球形体,在这些球形体中转变完成较早,在高温下就已开始,还可得到围绕球形体的介质,而在这个介质中转变还没有开始。

当继续冷却时,其余部分开始转变,发生进一步的 $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$ 重结晶;所得到的有缺陷的结晶结构的特征是:在排列着的 $\alpha\text{-Fe}$ 的晶粒之间将有某些部分具有球形体的形状,并且其中包含着具有下述特征的晶体,这些晶体的结晶轴的总的排列将受到一定方式的规律性的畸变,这种畸变的特点是,愈接近球形体的周边,愈倾向于光线辐射结构。”

Н. Т. Гудцов 所提出的形成白点的理論是目前迫切需要的, 它具有很大的科学的与实际的意义。

Н. Т. Гудцов 的創立鋼的合金化的綜合理論的研究, 对于金屬科学, 以及对于發展我們的重型机械制造业, 动力机械制造业和其他部門的社会主义工業都具有很大的价值。这理論大大地帮助了工厂工作人員和科学工作者去探求新型的鋼与合金, 例如, “俄罗斯埃林瓦尔”合金*、低鎢工具鋼、高强度的低合金建筑鋼、高强度的低合金机械制造鋼、蒸汽透平制造用的耐热合金; 同时, 他对于确定合金元素在鋼与特殊合金中的作用問題也作出了巨大的貢獻。

Гудцов 对热状态或金屬系組元的濃度变化时, 金屬系内一定的化合物的形成与分解的機構作了如下的解釋。固体結晶系統中异类元素的原子的化学亲和力因为周圍介質在这些系統中开始表现出强烈的作用而变得复杂。因此, 在异类元素原子間或者發生交互作用, 形成一定类型的化合物的分子結構, 或者形成以其中一种元素为基的固溶体。当原子相互間的热状态变化时, 可發生以下变化: 不形成一定的化合物而形成固溶体, 或是相反地, 不形成固溶体而形成一定的化合物。

在二元系合金状态圖上載有表示一定的化合物的稳定状态区域的曲綫。在某些状态圖上已部分地划出这类曲綫, 人們把它們称做“極限溶解度”曲綫, 根据 Н. Т. Гудцов 的意見認為这样称呼是不正确的, 但是大多数状态圖都是从 700° 开始, 因此, 最有意义的曲綫, 即一定的化合物稳定性的下限, 直到現在还没有被研究。其实, 利用这些曲綫还可以对下面諸重要現象作出物理的解釋, 如弥散硬化、回火脆性、二次硬度。

在苏联科学院巴依可夫冶金研究所金屬学与热处理研究室当领导时(从 1939 年开始), Н. Т. Гудцов 就对于發展新的研究方法給予極大的注意。根据 Н. Т. Гудцов 的倡議, 他的同事們創造了在真空中于高温下研究鋼的新方法, 在研究热处理过程时, 利用超声波振蕩的方法和測定合金升华的新穎方法。

“淬火碳鋼組織的 X 射綫研究”是 Н. Т. Гудцов 和 Г. В. Курдюмов(与 Н. Я. Селяков 一起)的卓越著作。这个研究在世界文献中第一次确定了馬氏体具有正方体心点陣, 其点陣常数接近于 α 鉄立方点陣。同时还証明了在相同的淬火条件下馬氏体正方体点陣常数的比值随着含碳量的增加而增大, 而在碳濃度相同的条件下, 則随着淬火温度的升高而增大。

在 Н. Т. Гудцов 的許多著作中都研究了淬火鋼在回火时所發生的現象。Н. Т. Гудцов 指出, “在 $350-450^{\circ}$ 的温度范圍内回火时, 鋼的磁性与机械性能上出現的不正常性應該用碳化物分子締合轉变为結晶体的过程来解釋。可將按一定点陣形式構成的碳化物的締合分子看作微小的渗碳体的組成物”。

我們上面所提到的著作还远远沒有完全包括了 Н. Т. Гудцов 的科学創造。还必須提出他的下列諸著作: “物理金相学”、 $\text{Fe}-\text{C}$ 状态圖”、“在一定的淬火条件下大

* 一种鎳鎢鎢合金——譯者注。

鋼件的冷却过程的研究”、“高速鋼的性質問題”、“W, Ni, Co 对內燃机气門鋼性能的影响”、“Co 对高速鋼性能的影响”。H. T. Гудцов 的許多重要見解,例如,关于多型轉變时介質的阻力,碳原子在鉄的点陣內的移动,鋼与特殊合金中分子相的形成与分解,結晶体范性形变理論等問題,都已記載于他的教科書中。

H. T. Гудцов 是冶金学、鋼与合金的金屬学和热处理領域內的最大学者之一。他的著作不但涉及到最深奧的金屬学理論問題,而且也闡述了实际問題。

H. T. Гудцов 多次地修改了物理冶金学和金屬学基本問題方面的一些陈旧的概念,并代之以新的符合于現代科学情况的概念。在物理冶金学和金相学的历史中載明,关于鋼錠的不連續結晶,白点的形成機構,淬火鋼的回火等現代的概念都是 H. T. Гудцов 的工作确定的。

H. T. Гудцов 給高等学校冶金系所編写的講义——“特种鋼,它的性能,处理和应用”(1920—1928);“鋼的金相学与热处理”(1924—1932);“鋼,它的性質与性能”;“物理金相学”——由于它們的严整性与全面性,分析的深刻性,实验和理論材料的充实性,給学生們明确地指出了金屬学中的新的进步的方向。

H. T. Гудцов 的三十五年的教育事業,是1920年在列宁格勒工業学院开始的,他在那里一直工作到1943年。最初任教員,而后任講師、教授、研究室主任。从1943年起, H. T. Гудцов 院士任莫斯科斯大林鋼学院工艺系教研室主任。

1934年, H. T. Гудцов 沒有經過論文答辯就被授予技术科学博士的学位,而在1939年他又被选为苏联科学院院士。

H. T. Гудцов 的科学活动紧密地联系着冶金工業、机械制造业和造船業。对于运输業和重型机械制造业的許多企業,他也在各种問題上給予了技术帮助。

H. T. Гудцов 的社会活动和他的科学工作一样,也是多方面的。在許多年內他一直是莫斯科学者协会的冶金家、金屬学和金屬处理組的常任主席;在他的主持下該組每月都举行科学报告会。H. T. Гудцов 对每一个报告所作的总结性的發言都对报告人新的、进一步的工作提出了深刻的科学分析。H. T. Гудцов 積極参加政治科学知识普及协会的工作,在工艺博物館作报告,給科学普及影片提出意見。

政府对于 H. T. Гудцов 的功績給以極高的評價,授給他兩枚列宁勛章:一枚紅星勛章,一枚劳动紅旗勛章和許多苏联勛章;并授予斯大林科学獎金获得者的称号。

H. T. Гудцов 七十寿辰紀念会庆祝他的新的、充滿創造性的思想和新的研究工作规划。他將这些思想毫無保留地傳授給自己的学生、助手和他事業的繼承者,并且創造性地指导他們。

我們祝 H. T. Гудцов 万寿無疆,并祝他为祖国的幸福而作出卓越的貢獻。

关于确定金属与合金热力学恒量的問題

Л. И. ИВАНОВ, М. П. МАТВЕЕВА, И. С. КУЛИКОВ

在热力学恒量方面的主要研究方向是制定金属和合金的蒸发速度, 升华热和扩散恒量的测定方法。这些方法的制定是以文献上所载的已知的原理为基础的。金属和合金升华热的测定方法可分为两类: 1) 以测定金属蒸发速度为基础的方法; 2) 以同位素通过气相的交换速度为基础的方法。

众所周知, 蒸发速度与蒸气压有关:

$$p = \frac{K}{\alpha} \sqrt{\frac{2\pi RT}{M}},$$

式中 K ——蒸发速度; α ——适应系数, 对金属来说, 该系数等于 1 (或近于 1)。

由此, 知道蒸气压与温度的关系, 就可以很容易地计算出升华能, 設

$$\ln p = -\frac{A}{T} + B.$$

测定蒸气压的最简单方法是將试样置于帶冷却壁的容器中, 在真空中用高频率电流加热到规定温度, 然后根据试样所損失的重量測量出蒸发速度。

当不采用放射性同位素时, 此方法要求很長的試驗時間, 并且精确度不高, 因为在大多数情况下温度是用光学高温計来測量的。采用放射性同位素可以大大提高方法的灵敏度。知道分子束在空間的分布函数, 就可以利用可更換的靶, 因而大大縮短試驗時間。

当应用平面试样和靶时, 可按下列方程式計算分布函数:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{F} \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{\cos \theta df_1 \cos \theta df_2}{r^2} = \frac{1}{2R^2} [r^2 - \sqrt{(h^2 + R^2 + r^2) - 4R^2 r^2} + \sqrt{(h^2 + R^2)^2}],$$

式中 N ——冲击靶面积表面的質点数; N_0 ——离开试样的質点数; R ——试样半径; h ——由试样至靶的高度; r ——靶的半径。

此外, 上述函数可用实验法测定。固定靶面积 S 上凝聚物的数量, 可以在恒定的試驗条件下测定蒸发速度。Н. Т. Гудцов 院士领导下的黑色金属的金属学試驗室, 研究了几种测定金属蒸发速度与扩散恒量的仪器和方法。圖 1 是用上述方法根据敞露表面上的蒸发速度测定蒸气压的裝置的示意图。裝置是由盛液体氮的金属容器和工作石英管組成的, 容器中裝有配箱, 管内放置着放射性的平面试样, 在高頻电場內试样被加热至规定的温度。利用鉑-鉑鉍热电偶測量温度, 热电偶的热端放在试样的底部。

应用上述方法已測量出 Fe、Co、Zn 以及其他金属的蒸发速度。圖 2 表示 Co、Fe 的蒸气压对数和温度倒数的关系, 所得到的铁的升华热等于 104.2 千卡/克原子, 鉍

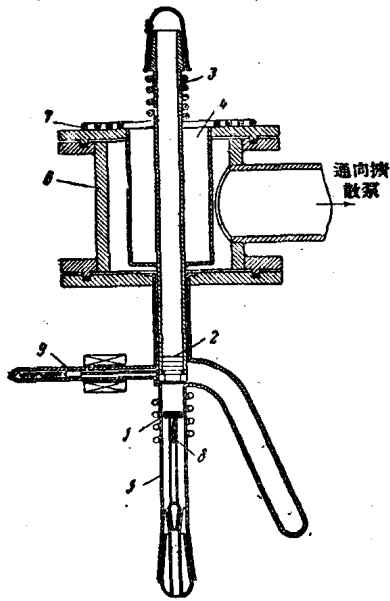


圖1: 根据敞露表面上的蒸發速度測定蒸气压的仪器:

1—含有放射性同位素的試样; 2—靶; 3—靶箱; 4—液体氮容器; 5—石英管; 6—真空系統的外壳; 7—液体氮容器罐體的水加热器; 8—热电偶; 9—推动器。

式中 p ——平衡状态下的蒸气压; p' ——测量出的蒸气压; α ——适应系数; h ——孔的面积; s ——試样面积。

的升华热为 102.4 千卡/克原子。这些数据与文献上所载的相符合。

上述方法的主要优点是可以大大縮短測定蒸气压与温度关系的曲线所需的时间。

利用可更換的靶可以在相同或不同的情况下进行数种試驗,而不中断蒸發过程。此外,用这个方法能够探討始放射性較低金屬試样的蒸發过程,并且还可以在較低温度下进行研究。但是,这种方法的应用也是有一定限制的,在研究合金中个别組元的蒸發时一般不能应用此方法,因为表面上的組元的濃度随着時間而变化。

另外一种方法是以測量飽和蒸气由密閉空間經過定徑孔进入高真空的流速为基础的,这种方法对于研究合金中組元的蒸發性具有較大的可能性。

可以用以下的式子証明,在此种情况下測定出的蒸气压与真实蒸气压有关:

$$p = p' \frac{\alpha}{h/s + \alpha}$$

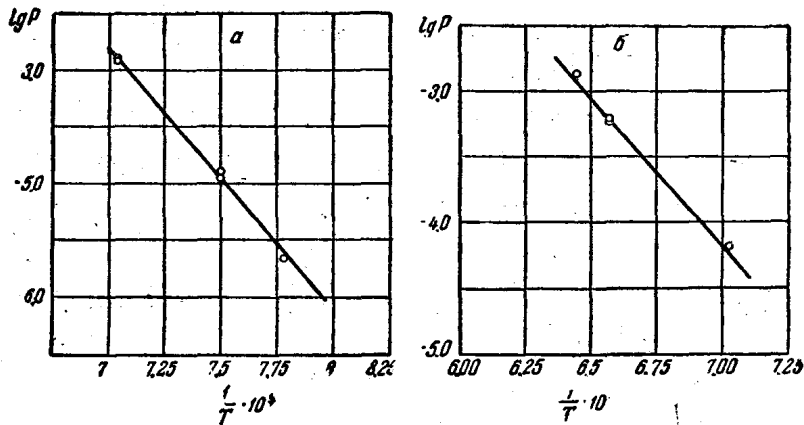


圖2. 鉄(a)和(b)的蒸气压比值对数与温度倒数的关系。

設 $\frac{h}{s}$ 比 α 小很多,則得 $p \approx p'$ 。

如果將孔作为蒸气压的点源,則收集平面靶上某一部分蒸气的蒸气压,就可按下

列公式求出:

$$p = \frac{Q}{stk} \sqrt{\frac{2\pi RT}{M}},$$

式中 p ——被研究元素的蒸气压; s ——试样面积; Q ——靶上物质的数量; t ——试验时间; T ——试验的绝对温度; M ——分子量; $k = r^2 / (l^2 + r^2)$, 式中 r ——靶的半径; l ——由室到靶的距离。

由于流速小, 试样中须具有高放射性, 同时必须选用不与被研究的金属发生反应的物质作为室的材料。

应用此法需要制造上和工作上都很复杂的仪器, 而应用高度放射性的必要性迫使我们对于放射性辐射采取特殊防护措施或者应用远距离操纵。苏联科学院冶金研究所设计并制造了应用此种方法的仪器。在仪器的构造上已经作了某些改进, 这些改进可以简化仪器的操纵和仪器制造的工艺过程。

图 3 所载是这种仪器的示意图。这种仪器可以保证真空度为 10^{-6} — 10^{-7} 毫米水银柱并在试验过程中能维持不变。室由钼制成; 在室的内壁涂有一层氧化钽或氧化锆, 这样可以消除被试验合金的蒸气与钼发生相互作用的可能性。孔径为 0.4—0.6 毫米, 蒸气就通过该孔流入真空中, 这样的孔径能满足 $d/\lambda < 0.1$ 的条件。式中 d ——孔径; λ ——在试验温度下, 在饱和的蒸气空间自由路程的长度。由于应用高放射性的试样, 仪器装有远距离操纵的装置。

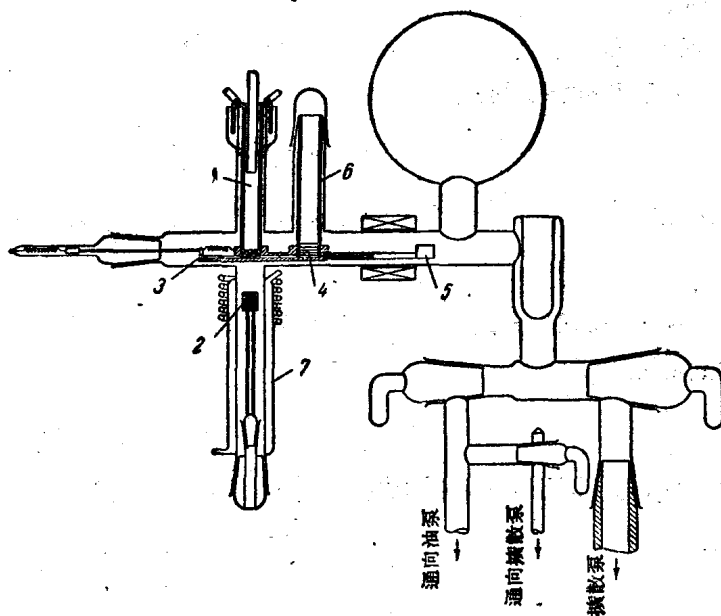


图 3. 根据蒸气通过定径孔的流速以测定升华热的仪器示意图:
1—液体氮容器; 2—带校准孔的室; 3—靶的固定器; 4—靶; 5—推动器; 6—靶箱; 7—水冷外壳。

在图 4 所示的是含铁 11% 和 81.5% 的合金中铁的蒸气压对数与温度倒数的关系。从图中可以看出, 升华热随着铁含量的增加而增大。

这类方法有很大的缺点, 即在试验过程中, 由于扩散速度有限, 因而不能计算试样表面上组元浓度的变化。

当应用以同位素交换为基础的方法时, 上述缺点即可消除。此方法是在苏联科

学院冶金研究所黑色金属的金属学试验室中研究出来的,其实质可归结如下:

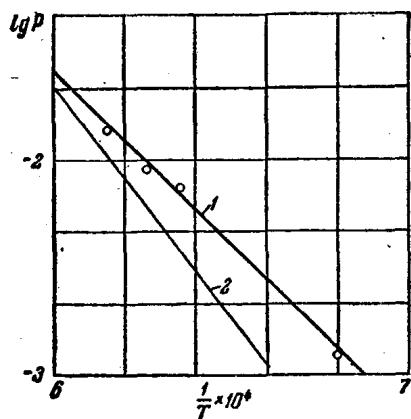


圖4. 蒸气压对数与温度倒数的关系:
1—含鉄11%的合金; 2—含鉄81.5%的合金.

將两个化学成分相同的金属或合金试样装入密闭室中,室内为真空。一个试样含有欲研究的元素的放射性同位素。为了使逆蒸发过程尽量减小(该过程的计算使结果的数学处理大大复杂化),试样要取不同的面积:放射性试样的面积比非放射性试样的面积小20—30倍。在室内试样面对面地放置着,其间距为5毫米。当系统中真空度达 10^{-6} — 10^{-7} 毫米水银柱时,试样即被加热到规定的温度。在加热过程中,利用特殊装置将仪器的工作空间自动与真空系统分开。

在试样之间产生同位素交换的反应,该反应的速度在试验开始时决定于蒸发速度,以后放射性试样中示踪组元的自扩散开始影响同位素的交换速度。

对于此种情况可以写出下列微分方程:

$$\Phi = C_t - \frac{1}{h} \frac{dC}{dx}, \quad (1)$$

式中 Φ ——流量; C_t ——在 t 时刻的浓度; $h = \frac{K}{D}$ (K ——蒸发速度, D ——扩散系数)。

解出上列微分方程之后,可得出在 t 时刻放射性试样表面上的放射性同位素浓度的测定式子:

$$C_t = \frac{C_0}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{h\sqrt{Dt}} - \frac{1}{2(h\sqrt{Dt})^3} \right). \quad (2)$$

迁移到非放射性试样上的示踪组元的数量按下面公式计算:

$$Q = \frac{C_0(\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1})}{(h\sqrt{D})^3 \sqrt{\pi}} \left(ah^2 D - \frac{1}{\sqrt{t_1 t_2}} \right), \quad (3)$$

式中 C_0 ——放射性同位素的初浓度。

此式子只适用于试验开始经过很長時間之后的过渡区。蒸发速度按照曲线开始部分的傾角的正切计算。此计算与上列的式子无关,并表示扩散速度大于蒸发速度的过程。在蒸发速度为已知的条件下,按方程式(3)计算扩散系数。

按照上述方法工作的装置的示意图载于圖5中。

用純鉄的试验来檢驗此方法,該純鉄的热力学数值已先用其他方法测定出来。圖6上所示是在1120, 1160, 1180, 1225°C时同位素交换的动力学曲线。如果试样沒有預先在真空中退火,則曲线的始点与坐标的原点將不重合,这显然是因为气体析出的緣故。鉄的升华热等于97千卡/克原子,此值完全符合于文献中的数据。

在圖 7 上示出铁的自扩散系数的温度关系,此关系是根据同位素交换的动力学曲线计算出来的。自扩散的激活能等于 70 千卡/克原子。

这样就确定了上述方法适用于测定金属与合金中扩散的升华热和激活能。

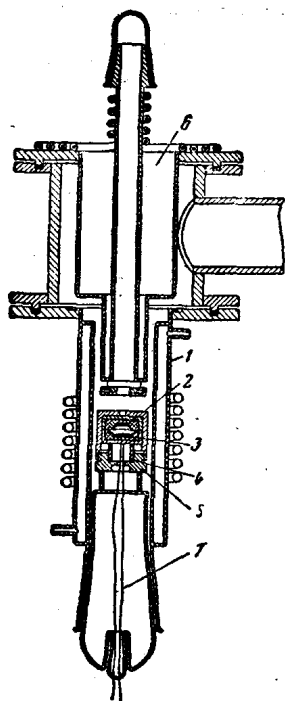


圖 5. 研究交换过程用的仪器示意图:

1—水冷套筒; 2—含有被研究的元素的放射性同位素的试样; 3—非放射性试样; 4—铁套筒; 5—铜套筒; 6—液体氦容器; 7—热电偶。

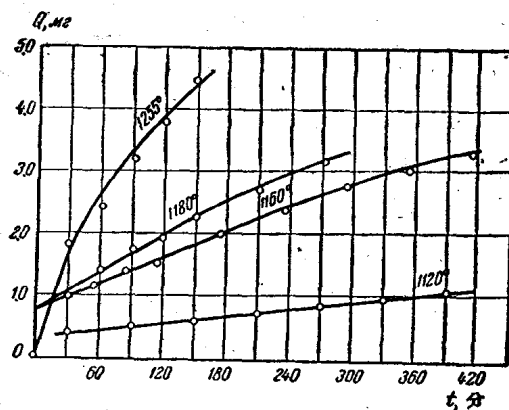


圖 6. 同位素交换的动力学曲线。

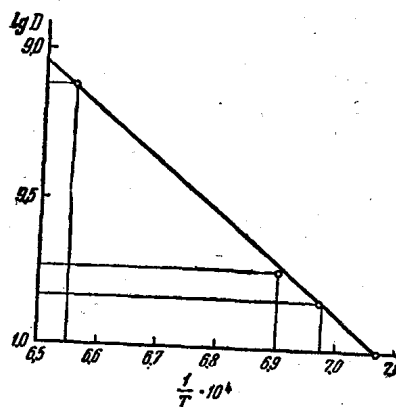


圖 7. 铁的自扩散系数的温度关系。

碘化鉻的制备及其性能

苏联科学院通讯院士 H. B. АГЕЕВ, B. A. ТРАПЕЗНИКОВ

鉻由于具有高熔点、高温中的化学安定性和良好的强度,因而在各个技术部門所用的新型合金的制造中得到广泛的应用。鉻基耐热合金的应用在目前还有一定的限制,因为它們在室溫中脆性較大和在高温中形变困难。鉻耐热合金的脆性原因之一是原始的金屬鉻的脆性。

为了闡明鉻的脆性的原因,首先必須获得尽可能純的金屬鉻。制备高純度金屬的方法之一是碘化法。本文叙述了用碘化法制备純鉻的过程,并报导了碘化鉻性能的初步研究的数据。

碘化鉻的制备

众所周知^[1],于1100°C在熾热金屬絲上用热分解鉻的碘化物的方法可以获得碘化鉻(將含有原始金屬鉻和碘蒸气的瓶加热至800—1000°)。关于这个过程的条件

的精确数据在文献中沒有記載。

圖1所示是我們所研究出的用碘化法制备鉻的裝置。裝置的組成部分有真空系統(它能够得到不低于 10^{-5} 毫米水銀柱的真空度),石英玻璃反应瓶(在該瓶内进行由鉻的碘化物制备鉻的过程)和一个管式的可拆卸的电爐。

制备碘化鉻所用的原材料是用于干燥純淨的氫气还原过的、研

碎的电解鉻,鉻的碘化物的热分解是在鎢絲上进行的,鎢絲按照圖2所示的綫路圖固定于瓶內。这样綫路圖可以保证在过程开始进行加热时于鎢絲下垂后将鎢絲張紧。

在瓶上焊有T形管,管内装入盛結晶碘的小玻璃管。从反应瓶中抽出空气并在600—700°排除电解鉻中的气体(特别是氫气)之后,用拆焊法將瓶与真空系統分开。当將反应瓶轉动180°时,盛結晶碘的小玻璃管的

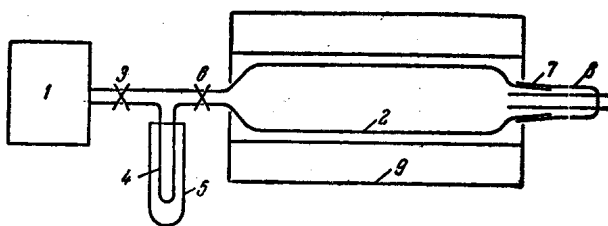


圖1. 用碘化法制备鉻的裝置的示意圖:

1—真空裝置; 2—石英玻璃反应瓶; 3—在瓶內造成真空和排除气后的拆焊部位; 4—T形管, 管内装入盛結晶碘的小玻璃管; 5—盛有混合冷却剂或液体氮的杜瓦(Dewar)瓶; 6—結晶碘蒸餾到反应瓶后的拆焊部位; 7—磨口; 8—用于通电流至鎢絲的帶鉗電極的难熔玻璃蓋; 9—管式可拆卸电爐。

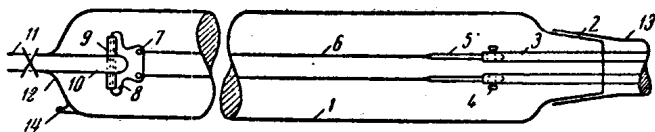


圖2. 固定鎢絲的綫路圖:

1—石英玻璃反应瓶; 2—磨口; 3—鉗電極; 4—固定鎢針和鎢絲用的螺釘; 5—鎢針; 6—鎢絲; 7—鎢絲圈; 8—鉗絲鉤; 9—双通道瓷管; 10—固定和張紧鎢絲用的石英管; 11—張紧鎢絲后石英管10的补焊部位; 12—瓶1和石英管10的接合部位; 13—帶電極的难熔玻璃蓋; 14—从瓶中抽出空气和装入碘用的小孔。

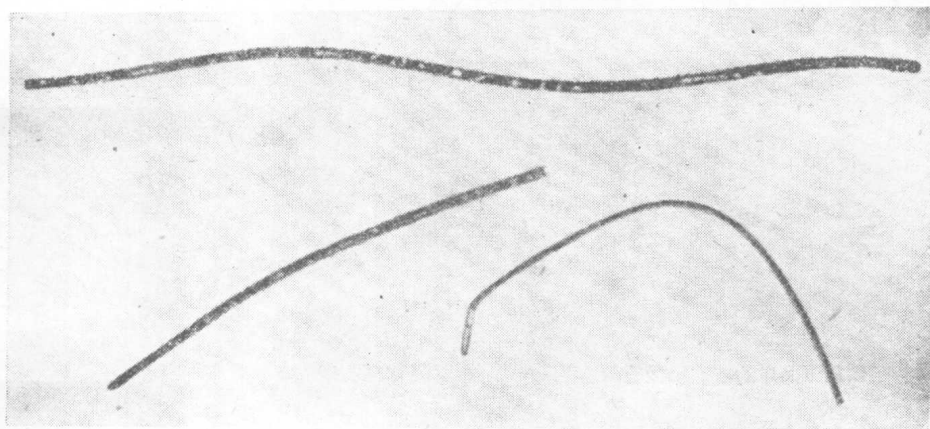


圖 3. 沉积在鎢絲上的碘化鉻。

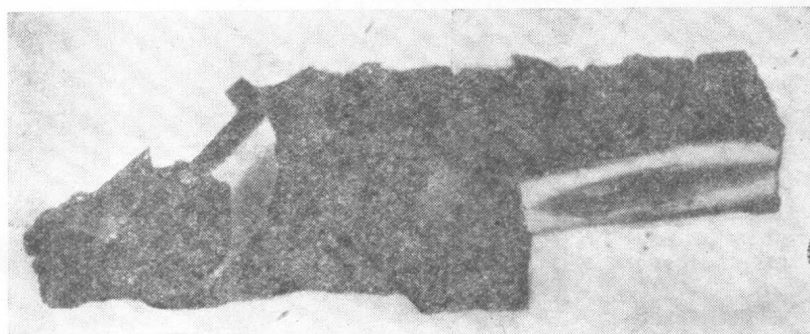


圖 5. 沉积在石英管上的碘化鉻的薄片。

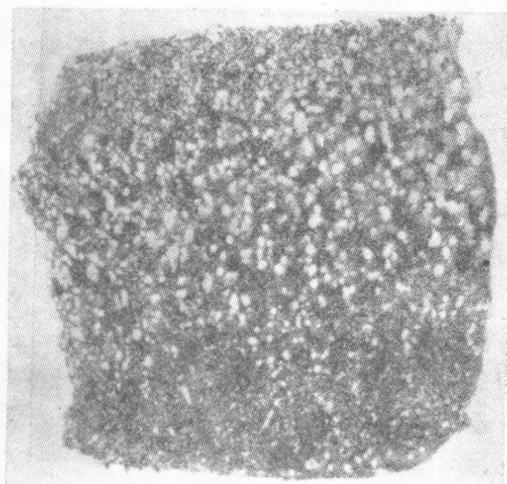


圖 6. 碘化鉻薄片($\times 2$).

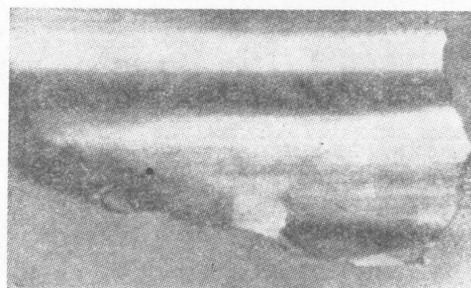


圖 7. 碘化鉻薄片的貼附着石英管的一面。