



郑建宣

合金相图 论文选集

广西科学技术出版社



鄭建宣
合金相圖
論文選集



747856

郑建宣合金相图论文选集

☆

广西科学技术出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行

广西大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 13.25 插页 3 字数 337 000

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印 数 1—1100册

ISBN 7-80565-410-7 定价: 9.40元
N·4

鄭建宣教授論文選集出版紀念

辛勤研教六十載

碩果累累誨後人

盧嘉銘



一九九零年秋月

缅怀与鞭策

侯 德 彭*

《郑建宣合金相图论文选集》终于问世了，它真实再现了郑建宣先生几十年春秋奋斗的风风雨雨，献身于科学以及所取得的科学成就。

郑建宣教授是我国知名的壮族物理学家。1987年6月，当我得知他病重的讯息，赶到医院去看望时，他因肺炎而发高烧，说话显得很吃力，但仍忍着病痛，向我们谈研究室的工作，谈他的研究生，却绝口不谈自己的病况。我仔细端详着他那慈祥而憔悴的面容，心中不禁感到一阵酸楚。我安慰着他，并嘱咐医生精心治疗，但因他久病体弱，虽经多方抢救，终于无效而与世长辞。惊闻噩耗，我们十分悲痛。建宣教授在教育战线上辛勤耕耘了半个世纪，对教育工作始终热忱如一，对科学研究，追求真理极其执著严谨，堪称为教育工作者的楷模。他离开我们虽然已经三年了，但是他的音容笑貌，至今依然历历在目，使我们思念不已，他那正直、勤奋、慈祥的形象，永远铭记在我们心中。许多人都赞颂马君武先生创建了广西大学，我以为建宣先生为重建广西大学所作的贡献也应载入广西的教育史册。

1928年，马君武先生创建了广西大学。到解放初，它已经成为一所包括有文、理、工、商、农、医等学院的综合性大学。可惜在1952年全国院系调整中，其理工学院绝大部分被调整到区外，农学院独立建院，广西大学实际上被解散。当时在西大已执教20多年，并担任理工学院院长在建宣先生被调到了东北人民大学。1958年，在周恩来总理的关怀和亲自过问下，广西大学重建。自治区特请郑建宣先生重返家乡，担任西大副校长之职。主持学校的教学科研工作。在东北的短短几年中，他亲手建成了设备良好的实验室，开展合金相图的研究，并招收了研究生。当时要他放弃设备良好的科研条件，离开他亲手筹建的实验室和朝夕相处的研究生，来重建一所一无所有的大学，对于他来说，没有很大的决心是办不到的。可是建宣先生想到自己是壮族人民的儿子，为家乡效力义不容辞。他想起30年代广西大学派遣他出国留学时，马君武校长曾谆谆嘱咐他：“学成后要回广西服务”。于是，他毅然受命，风尘仆仆，奔走于祖国东南西北，动员原广西大学分散在各地的教授和校友回广西，为恢复母校出力。一批教授和讲师高高兴兴地回到了广西，成了重建西大的骨干。1958年广西大学在南宁原育才学校的校址上重建，文、理、工科九个系首批招生800多人，大大超过了西大历史上全盛时期的规模。

刚刚重建的西大，困难很多。宿舍、教室、设备几乎一无所有。有丰富教育经验的郑先生提出，办好一所大学关键在于人才；教学质量的高低，首先要看教师水平的高低。他和当时主持校党委工作的黄传林同志一道，艰苦创业，千方百计到全国各地寻求人才，并提高教师水平，决心建立一支合格的师资队伍。学校充分依靠了那批刚从各地聚拢回来的老教授，

* 广西壮族自治区教委主任。

花最大的气力培养青年教师——他们几乎全是刚刚从大学毕业分配到广西来的。学校大胆地把这些青年人推上讲台，给他们鼓气，组织他们试讲。他亲自去听他们讲课。我也正是在此时第一次聆听郑先生的教诲而开始了教师生涯的。

记得那是32年前的一个炎热的夏日，建宣先生约我到他的办公室。我走进他那简朴的办公室，他正在汗流浹背地读书。原来他布置我去主讲化学系物理课的任务。那时我才20来岁，毕业不久，因反右运动而从北京中央机关“下放”广西，从未正式上过讲台，不免有点心怯。他见我如此，就耐心而详细地告诉我应当怎样备课，怎样掌握教材的重点和难点，怎样掌握学生课堂上的情绪和反应。他的谆谆教导，使我初次登台便获成功。今天，我和我的同事所教出的学生已遍布全区各地。他们当中的许多人也正在教坛上辛勤耕耘着。我和他们一样，终身热爱教育事业，这是和建宣先生的教诲分不开的。据我所知，当时西大物理系的许多青年教师都得到过郑先生的亲自指导，所以大家都把他当作一位敦厚的师长。

在重建后的西大，郑先生一手筹建了金属物理研究室。在60年代困难时期的艰苦物质条件下，他领着几个年青人，努力克服各种困难，积极开展工作。研究室在他的指导下，很快取得了一批合金相图的研究成果，引起了国内外同行的关注。他对金属研究室倾注了自己全部心血。今天，这个研究室已成绩斐然，逐步发展成为我国合金相图的研究中心。最近他们所做的“稀土合金相图及相关关系的研究”，其结论堪与国际稀土相图相媲美，获得了1987年国家自然科学奖。为探索开发稀土材料提供了重要依据。

建宣先生对青年学生要求既严格又厚爱，是身教重于言教的典范。党的十一届三中全会后，他招收首届硕士研究生时已是75岁高龄。但研究课题的选定，研究生的课程安排，论文选题，实验方案，仍然亲自过问，事必躬亲。他对学生要求极严，要求他们学好两门外语。而对学生的生活，却关怀备至，视如子弟。记得有一位研究生，因为学习紧张得了严重的神经衰弱症，几乎不能坚持学习。建宣先生叫他从集体宿舍搬到自己的办公室暂住，鼓励他边治疗边学习，并嘱托师母把煮好的鸡蛋送去，给这位研究生增加营养。在郑先生的亲切关怀下，这位学生终于治好了病，按时完成了学业。

建宣先生思想开明，晚年积极支持改革、开放政策。1980年，我主持西大校务后，学校决定让一些年纪较大的教授集中精力带好研究生，著书立说，把一批年富力强的中年知识分子选拔到各处室和系行政的领导岗位上。这些措施得到建宣先生的积极支持。他自己先后辞去了研究室主任、中国物理学会合金相图专业委员会主任、广西物理学会理事长之职，并推荐年青的同志来担任。他退出行政领导岗位后，仍鼓励我们不断进取，奋发图强，办好西大。

建宣先生将自己的一生无私地献给了教育事业，表现了对祖国、对党和人民的耿耿忠心。真可谓“春蚕到死丝方尽，蜡炬成灰泪始干”！他的高风亮节，他的辛劳治校，严谨治学的精神，将永远为后人所铭记和赞颂。令人欣慰的是，论文集在郑先生逝世三周年之际出版了，郑先生把最宝贵的精神财富留给了后人，在九泉之下也该无憾了吧。

序

在科学技术的发展中,材料的研究开发是一个重要方面,可以说所有实际工程金属材料都是由两种以上的元素组成的,这些工程金属材料的性能决定于合金的相组成及有关工艺过程。确定合金相图,了解各相的结构、相关系及其性质,对挖掘材料潜力,开发新材料,具有重要的指导意义。因此相图研究是材料科学的重要组成部分,是研究发展新材料的基础。

郑建宣教授早年留学英国,在著名学者W.L.Bragg(诺贝尔奖获得者)和J.Bradley的熏陶下,从事合金相图及相结构的研究。回国后至解放初,由于缺乏必要的实验设备,一直从事物理教学工作。他先在广西大学执教,五十年代初调到东北人民大学(吉林大学前身)执教,筹建x光实验室,指导培养研究生。1958年他又受聘回到广西大学任副校长,尽管他承担了不少的行政工作和社会工作,他仍坚持相图的研究,热心指导相图研究生。当时限于学校的试验条件,开展相图研究很困难,郑建宣教授从不气馁,他领导同志们战胜了困难,建立了金属物理研究室。这个研究室的一个主要研究方向就是合金相图。郑建宣教授晚年虽然由于健康关系,行动不便,但他仍为我国相图工作的发展、青年科研人员的成长日夜操劳。

郑建宣教授不仅关心家乡科技事业的发展,而且放眼全国,他和我国著名晶体学家陆学善教授及其他几位热心老专家积极倡议在中国物理学会下成立相图专业委员会,1981年经中国物理学会批准,中国物理学会合相图专业委员会正式在南宁成立,把全国从事相图研究的科学工作者团结在一起。郑建宣教授被推选为第一届相图专业委员会主任。此后在他的指导和关怀下,我国的相图科研工作得到了不断的发展。在已开过的几届相图学术会议中,可以看出论文所牵涉的面不断扩大,论文的质量和数量都逐届有显著的增加和提高。

为了缅怀郑建宣教授生前热爱祖国、为发展我国相图科学事业所做的卓越贡献,将郑建宣教授多年在国内外各刊物发表的论文汇集成书出版。相信这一论文集的问世,一定会受到我国相图科学工作者的欢迎,为青年相图科学工作者所喜爱。

中国科学院数理学部学部委员

庄育智

1990年9月1日于北京

目 录

1938	[1]	Co_2Al_5 的晶体结构	(1)
1958	[2]	Ag-Sb-Sn 三元系合金相图	(10)
	[3]	Ag-Sn-Al 三元系富银合金固相平衡图	(14)
1965	[4]	Ag-Sn-Al 三元系合金相图	(19)
	[5]	Al-Cd-Cu 三元系富铜合金相图	(23)
1966	[6]	Cu-Ge-Sn三元系合金相图	(29)
1973	[7]	Al-Cu-Ga三元系富铜合金相图	(35)
1975	[8]	Al-Cu-Cd三元系合金相图	(42)
1980	[9]	Al-Cu-Ga三元系合金相图	(48)
1981	[10]	Al-Cr-Cu 三元合金系相图的室温截面	(54)
	[11]	Al-Ti-V-M 四元系合金 TiAl_3 - VAl_3 - MAl_3 ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Fe}$) 质三元系相图的室温截面	(58)
1982	[12]	Dy-Ni 二元系合金相图	(62)
	[13]	Dy-Cu 二元系合金相图	(68)
	[14]	Gd-In 二元系合金相图	(71)
	[15]	La-Co-Ni 三元系合金相图	(76)
1983	[16]	Dy-Sn 二元系合金相图	(81)
	[17]	Er-Ge 二元系合金相图	(87)
	[18]	Gd-Co-Ni 三元系合金相图	(90)
	[19]	Gd-Cu 二元系合金相图	(92)

[20]	Nd-Cu 二元系合金相图.....	(98)
[21]	Sm-Ni 二元系合金相图.....	(104)
1984		
[22]	Co-Cu-Sn 三元系合金相图的室温截面.....	(108)
[23]	Al-Ni-Sn 三元系合金相图的室温截面.....	(111)
[24]	Gd-Sn 二元系合金相图.....	(116)
1985		
[25]	Dy-Co-Ni 三元系合金相图的室温截面.....	(121)
[26]	Gd-Co-Cu 三元系合金相图.....	(125)
[27]	Nd-Ni 二元系合金相图	(128)
[28]	Y-Cu-Ni (Y $\leq$ 16.7at%) 三元系相图的室温截面	(134)
[29]	Al-Co-Sn 三元系合金相图的室温截面.....	(137)
1986		
[30]	Al-Ni-Ge 三元系合金相图的室温截面.....	(139)
[31]	Fe-Gd-Ni 三元系合金相图.....	(141)
[32]	Gd-Ni 二元系合金相图.....	(144)
[33]	Ho-Ni 二元系合金相图.....	(148)
[34]	Al-Cu-La 系的 LaAl ₂ -LaCu ₅ 垂直截面.....	(150)
[35]	Ti-Ni-Sn 三元系合金相图的室温截面.....	(155)
1987		
[36]	Cu-Fe-Sn三元系合金相图.....	(157)
[37]	Pr-Fe 二元系合金相图.....	(161)
[38]	Fe-Ge 二元系室温关系的研究.....	(163)
[39]	Nd-Fe-Cu 三元系合金相图	(165)
1988		
[40]	Al-Fe-Sn 三元系合金相图.....	(168)
[41]	Al-Sb-Yb 三元系室温相图.....	(171)
[42]	用X射线衍射法和差热分析法对Co-Sn系相图的新研究.....	(173)
1989		
[43]	Al-Cu-Sb 三元系410℃等温相图.....	(175)
[44]	Co-Ge-Sn 三元系合金相图.....	(177)
[45]	Cu-Dy-Ni (Dy $\leq$ 35wt%) 三元系合金相图室温截面.....	(182)
[46]	Cu-Si-Ge 三元系室温相图.....	(185)
[47]	Cu-Co-Ge 三元系室温相图.....	(190)
[48]	Cu-Y-Si 三元系合金相图.....	(195)
[49]	钇对Al-Cu-Mg 三元系 α 相区及硬铝性能的影响	(197)
[50]	稀土合金相图及相关关系的研究.....	(200)
编后记.....		(202)

CONTENT

1938

- [1] The Crystal Structure of Co_2Al_5 (1)

1958

- [2] Phase Diagram of the Ag-Sb-Sn Ternary System..... (10)
[3] A Phase Diagram of the Ag-Rich Alloys of the
Ag-Sn-Al Ternary System..... (14)

1965

- [4] A Phase Diagram of the Alloys of the
Ternary System of Ag-Sn-Al..... (19)
[5] A Phase Diagram of the Cu-Rich Alloys of the Ternary
System of Al-Cd-Cu..... (23)

1966

- [6] A Phase Diagram of the Alloys of the Ternary
System of Cu-Ge-Sn..... (29)

1973

- [7] A Phase Diagram of the Cu-Rich Alloys of the Ternary
System of Al-Cu-Ga..... (35)

1975

- [8] A Phase Diagram of the Alloys of the Ternary
System of the Al-Cu-Cd..... (42)

1980

- [9] A Phase Diagram of the Alloys of the Ternary
System of the Al-Cu-Ga..... (48)

1981

- [10] The Room Temperature Section of the phase Equilibrium
Diagram of the Al-Cr-Cu Ternary System..... (54)
-

[11]	A Room Temperature Section of the Phase Diagram of TiAl ₃ -VAl ₃ -MAl ₃ of the Quaternary System Alloys of Al-Ti-V-M (M = Ni, Fe)	(58)
1982		
[12]	Phase Diagram of the Alloys in Dy-Ni Binary System.....	(62)
[13]	A phase Diagram of the Alloys of the Dy-Cu Binary System.....	(68)
[14]	Phase Diagram of the Alloys of the Gd-In Binary System	(71)
[15]	A phase Diagram of the La-Co-Ni Ternary System.....	(76)
1983		
[16]	Phase Diagram of the Dy-Sn Binary System.....	(81)
[17]	Phase Diagram of the Er-Ge Binary System.....	(87)
[18]	A part of phase Diagram of Gd-Co-Ni System.....	(90)
[19]	A phase Diagram of the Alloys of the Gd-Cu Binary System.....	(92)
[20]	A phase Diagram of the Alloys of the Nd-Cu Binary System.....	(98)
[21]	A phase Diagram of the Alloys of the Sm-Ni Binary System.....	(104)
1984		
[22]	A Room Temperature Section of the phase Diagram of the Co-Cu-Sn Ternary System.....	(108)
[23]	A Room Temperature Section of Phase Diagram of Al-Ni-Sn Ternary System	(111)
[24]	Phase Diagram of the Alloys in Gd-Sn Binary System.....	(116)
1985		
[25]	A Part of Room Temperature Section of Phase Diagram of Dy-Co-Ni (Dy ≤ 35.6wt%) System	(121)
[26]	A Phase Diagram of the Alloys of the Ternary System of Gd-Co-Cu.....	(125)
[27]	A Phase Diagram of the Alloys of the Nd-Ni Binary System.....	(128)
[28]	A Part of Room Temperature Section of Phase Diagram of Y-Cu-Ni (Y ≤ 16.7at%) System.....	(134)
[29]	A Room Temperature Section of Phase Diagram of	

Al-Co-Sn Ternary System.....	(137)
------------------------------	---------

1986

[30] A Room Temperature Section of Phase Diagram of Al-Ni-Ge Ternary System.....	(139)
[31] The Phase Diagram of Fe-Gd-Ni Ternary System.....	(141)
[32] A Phase Diagram of the Alloys of the Gd-Ni Binary System.....	(144)
[33] A Phase Diagram of the Alloys of the Ho-Ni Binary System.....	(148)
[34] The Vertical Section LaAl_2 - LaCu_5 of the Ternary System Al-Cu-La.....	(150)
[35] A Room Temperature Section of Phase Diagram of Ti-Ni-Sn Ternary System.....	(155)

1987

[36] Phase Diagram of Cu-Fe-Sn Ternary System.....	(157)
[37] Phase Diagram of Binary Pr-Fe System	(161)
[38] Phase Relationship of the Fe-Ge System at Room Temperature.....	(163)
[39] Phase Diagram of Nd-Fe-Cu Ternary System.....	(165)

1988

[40] A Phase Diagram of the Al-Fe-Sn Ternary System.....	(168)
[41] The Room Temperature Section of the Phase Diagram of the Al-Sb-Yb Ternary System.....	(171)
[42] New Investigation of the Phase Diagram of Co-Ge System by X-Ray Diffraction and Differential Thermal Analysis.....	(173)

1989

[43] The Isothermal Section of the Phase Diagram of Al-Cu-Sb Ternary System at 410°C.....	(175)
[44] The Room Temperature Section of the Phase Diagram of Co-Ge-Sn Ternary System.....	(177)
[45] Room Temperature Section of Cu-Dy-Ni ($\text{Dy} \leq 35$) Ternary Phase Diagram.....	(182)
[46] Room Temperature Section of the Phase Diagram of Cu-Si-Ge Ternary System.....	(185)

[47]	Room Temperature Section of the Phase Diagram of Cu-Co-Ge Ternary System.....	(190)
[48]	Phase Diagram of the Cu-Y-Si Ternary System	(195)
[49]	Effects of Yttrium on α -Phase Region of the Al-Cu-Mg System and Properties of Dural.....	(197)
[50]	Investigation of the Phase Diagram and Phase Relationship of Rare Earth Alloys.....	(200)

[1] The Crystal Structure of Co_2Al_5 *

By A.J.Bradley,D.Sc., Royal Society Warren Research Fellow and C.S.cheng(zheng Jian-xuan)

According to Gwyer[1], the cobalt-aluminium alloys form a compound with the formula Co_2Al_5 . Alloys made up to this composition give an X-ray powder photograph different from those of other Co-Al alloys[2]. We have succeeded in solving the structure, which appears to be of a novel type, and presents some interesting features.

The Unit Cell and Space Group

The X-ray powder photograph gave a hexagonal unit cell of dimensions $c = 7.5932 \text{ \AA}$, $a = 7.656 \text{ \AA}$. The density being 4.44, there are 28 atoms per unit cell. In agreement with the formula Co_2Al_5 , 8 atoms are cobalt and 20 atoms aluminium.

The reflections are consistent with the space group $D_{6h}^4 - C6/mmc$. There are groups of 12, 6 and 2 aluminium atoms and 6 and 2 cobalt atoms.

Atomic Co-ordinates and Interatomic Distances

The atomic co-ordinates are:—

(a) 2 Al:— $000, 00\frac{1}{2}$.

(b) 2 Co:— $\frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}; \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}$.

(c) 6 Co:— $2u, u, \frac{3}{4}; \bar{u}, 2\bar{u}, \frac{3}{4}; \bar{u}, u, \frac{3}{4}; 2u, \bar{u}, \frac{1}{4}; u, 2u, \frac{1}{4}; u, \bar{u}, \frac{1}{4}$.

(d) 6 Al:— $2v, v, \frac{3}{4}; \bar{v}, 2\bar{v}, \frac{3}{4}; \bar{v}, v, \frac{3}{4}; 2\bar{v}, \bar{v}, \frac{1}{4}; v, 2v, \frac{1}{4}; v, \bar{v}, \frac{1}{4}$.

(e) 12 Al:— $2x, x, z; \bar{x}, 2\bar{x}, z; \bar{x}, x, z; 2\bar{x}, \bar{x}, \frac{1}{2} + z; x, 2x, \frac{1}{2} + z; x, \bar{x}, \frac{1}{2} + z;$
 $2x, x, \frac{1}{2} - z; \bar{x}, 2\bar{x}, \frac{1}{2} - z; \bar{x}, x, \frac{1}{2} - z; 2\bar{x}, \bar{x}, \bar{z}; x, 2x, \bar{z}; x, \bar{x}, \bar{z}.$

Where $u = 0.128$

$v = 0.467$

$x = 0.196$

$z = 0.064$

The interatomic distances are given in Table 1.

* 论文见: Zeitschrift fuer kristallographie, 1938, 480—487.

Table I. Interatomic Distances in Co_2Al_5 .

Type of Atom	No. of Neighbours	Type of Neighbours	Distances Å
Al a	6	Alc	2.62
	6	Coc	2.54
Al d	4	Alc	2.74
	4	Alc	2.97
Al d	1	Cob	2.63
	2	Coc	2.41
Al e	1	Ala	2.62
	2	Ald	2.74
	2	Ald	2.97
	2	Alc	2.74
	1	Alc	2.87
	1	Cob	2.33
	1	Coc	2.53
	3	Ald	2.63
	6	Alc	2.33
Co c	2	Ala	2.54
	2	Ald	2.41
	2	Alc	2.53

Description of the Structure

The structure is shown in Figs. 1, 2 and 3. Fig. 1 is a projection in the direction of the hexagonal axis, the heights of the atoms being indicated by figures. Cobalt atoms are distinguished from aluminium by their smaller size. Two aluminium atoms (a) per unit cell, stand above each other on hexagonal axes. These are at levels 0 and $\frac{1}{2}$ and are surrounded by six cobalt atoms (c) at levels $\frac{1}{4}$ and $\frac{3}{4}$. A group of six aluminium atoms (d) also stands at these levels. A cobalt atom is placed at the centre of each triangle on a three-fold axis (b). There are two such positions per unit cell one being at $\frac{1}{4}$, the other $\frac{3}{4}$. Each of these two atoms is surrounded by six aluminium atoms (e), three being at a higher level and three at a lower level than the central cobalt atom.

In Figs. 2 a and b atoms at different levels are separated. In the former are included atoms at or near 0 and $\frac{1}{2}$. The atoms at these levels are all aluminium, two being at cell corners (a) and twelve on vertical symmetry pla-

nes (c). The latter are displaced from levels 0 and $\frac{1}{2}$ by about $\frac{1}{16}$ of the cell height. Alternate atoms are displaced upwards and downwards, so that the structure consists of puckered hexagonal rings. Each ring is separated from its neighbours by distances greater than normal interatomic distances, being held apart by diagonal contacts with atoms at other levels. The interatomic distances round the edges of the puckered hexagon are $2.74\text{\AA}$, while those to the central atom are $2.64\text{\AA}$. This is smaller than the distance Al-Al in the pure metal ($2.87\text{\AA}$).

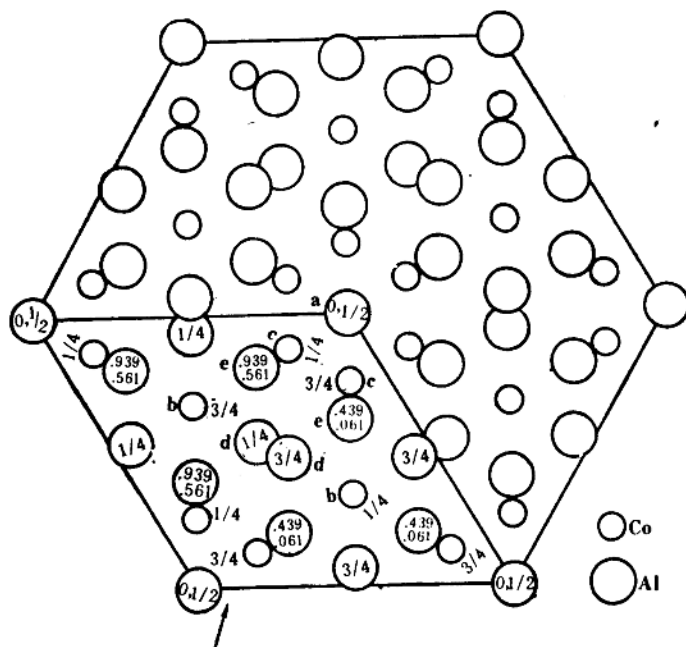


Fig. 1.

Midway between the hexagonal rings are the sheets of atoms at levels $\frac{1}{4}$ and $\frac{3}{4}$ pictured in Fig. 2b. Actually, this diagram shows only one of these levels, the other is got by rotation through 60° . The aluminium atoms form a triangle, the edges of which are $3.07\text{\AA}$. This is too big to be a genuine interatomic distance, the atoms being forced apart by neighbours at other levels. They are, however, in contact with cobalt atoms in the same level.

The contacts are best seen from the perspective drawing (Fig. 3). The direction of vision is shown by the arrow in Fig. 1, and the corresponding unit cell is there outlined. The six neighbours of the cobalt atoms are easily visible in the case of the b atoms. Here the e atoms are only $2.33\text{\AA}$ distant, against $2.47\text{\AA}$ in CoAl where, however, there are eight aluminium neighbours for each

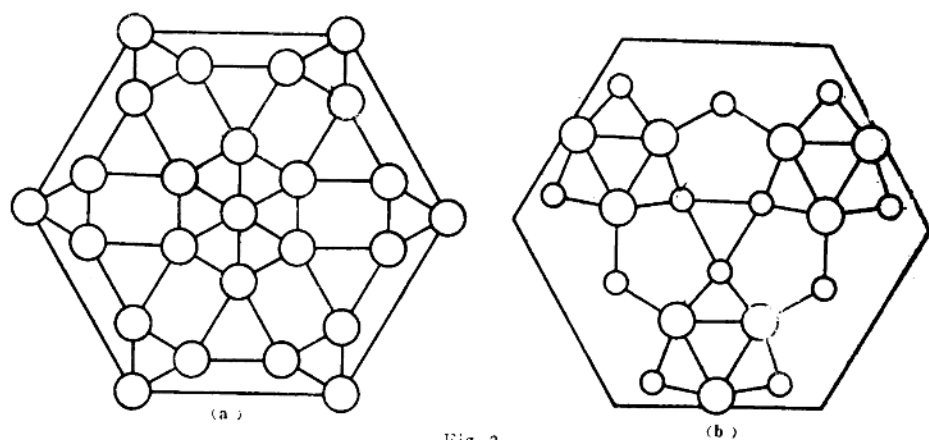


Fig. 2.

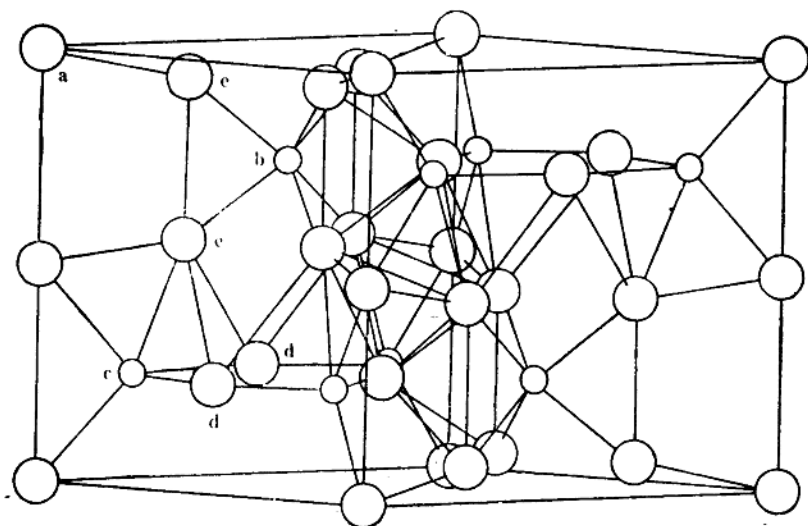


Fig. 3.

cobalt atom. The neighbours of the other cobalt atoms are less easily visible. The c atom on the left of Fig. 3 is shown with only five bonds, the remaining aluminium neighbour being outside the unit cell. Here the distances are somewhat bigger the shortest being $2.41 \text{ \AA}$, and the others 2.53 and $2.54 \text{ \AA}$.

All the distances between pairs of aluminium atoms are greater than the distances between aluminium and cobalt. They vary considerably, the smallest being $2.62 \text{ \AA}$ between a and e atoms. All other aluminium distances are considerably bigger. The only vertical contacts in the structure are between pairs of aluminium atoms of the e type. These distances are $2.87 \text{ \AA}$, which is very nearly the value ($2.86 \text{ \AA}$) of the interatomic distances in pure aluminium.