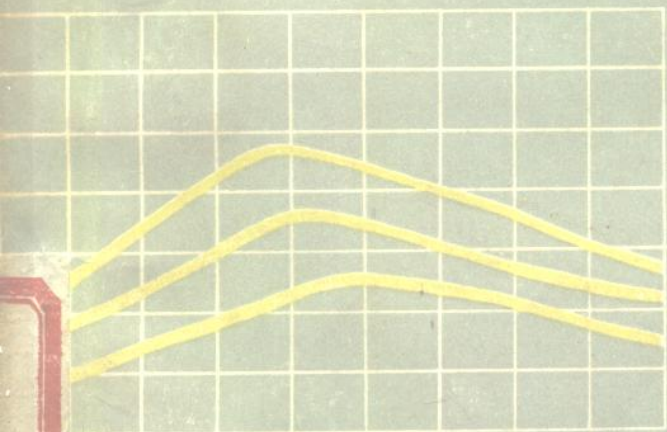


耐热结构钢及耐热不锈钢的 组织和性能

М. Ф. 阿列克森科 著

郝应麒 李云盛 译



中国工业出版社

75.631
282

耐热結構鋼及耐热不銹鋼的 組織和性能

M. Φ. 阿列克森科 著

郝应麒 李云盛 譯

310-66

中国工业出版社

书中介绍了广泛使用的和新研制的耐热结构钢和耐热不锈钢的化学成份、热处理规范及在不同温度时的机械性能。书中研究了低镍钢和无镍钢的性能。列出了过渡型不锈钢(奥氏体-马氏体)的化学成份及性能。介绍了不锈钢的渗氮和渗碳规范。

本书供使用耐热结构钢和耐热不锈钢的机器制造部门的工程技术人员阅读。

М.Ф.Алексеевко

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТЕПЛОСТОЙКИХ
КОНСТРУКЦИОННЫХ И НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ**
ОБОРОНГИЗ 1962

* * *

耐热结构钢及耐热不锈钢的

组织和性能

郝应麒 李云盛 译

*

机械工业图书编辑部编辑(北京苏州胡同141号)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第116号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168 $\frac{1}{16}$ ·印张6 $\frac{15}{16}$ ·字数179,000

1963年11月北京第一版·1963年11月北京第一次印刷

印数0001—3,180·定价(10-7)1.20元

*

统一书号: 15165·2627(一机-541)

前 言

在鍋炉和渦輪制造业广泛采用的耐热鋼中，仅有部分可以在象航空工业这样的工业部門应用，因为在那里必須使零件的强度在更高的工作温度下得以保持。因此，在金属学家和冶金学家的面前出現了一項迫切的任务——創制能够在直至 600°C 温度工作的新型耐热鋼（在 600°C 以上温度工作的材料通常被称为热强材料）。在这样的耐热材料中已有 $30\text{X}2\text{H}2\text{B}\Phi\text{A}$ 型珠光体合金结构鋼、 $13\text{X}14\text{HB}\Phi\text{PA}$ 、 $13\text{X}12\text{HB}\Phi\text{MA}$ 型馬氏体耐热不銹鋼等。这些鋼已在工业中普遍推广，但是，探索新型耐热材料的工作仍在繼續进行，因此，將我們在这方面所得到的經驗加以綜合，做出結論是有益的。

本书中論述了作者在探索和研究新型耐热鋼领域中多年来所进行的工作的結果。本书共包括三部分。

第一部分探討了珠光体耐热結構鋼。指出了各种合金元素对鉄素体組織和耐热性的影响与热处理的关系。列举了低碳及中碳珠光体鋼的性能，以及高强度鋼的性能；同时并指出了某些珠光体鋼（ $20\text{X}3\text{MB}\Phi$ 、 $30\text{X}3\text{BA}$ 和 $30\text{X}2\text{H}2\text{B}\Phi\text{A}$ 鋼）的相成分。

第二部分探討了馬氏体型、奥氏体-馬氏体型（过渡型）及奥氏体型耐热不銹鋼。指出了合金元素——鉻、鎳、鎢、鉬、鈮及其它合金元素对不銹鋼組織和性能的影响。列举了有关馬氏体不銹鋼回火脆性及热脆性方面的資料，并指明了这些鋼的抗腐蝕性。

第三部分列举了有关渗碳及渗氮合金鉄素体及不銹鋼在不同温度下組織和性能的資料。

作者所列举的資料中的絕大部分是与 Г.Н. 奥列霍夫、Л.С. 費多托娃、А.Г. 安德烈耶娃、В.И. 貝科夫及 Е.Л. 布什曼諾娃共同研究的結果。

在討論有关耐热鋼的个别研究工作时，С.Т.基什金、С.М.維納洛夫、С.П.鮑克什頓、В.Г.里弗舍茨、И.Е.康托洛維奇、Я.М.波达克、Н.Ф.拉什科、Н.М.波波娃、В.В.薩奇果夫、Л.С.波波娃、В.В.丘昆諾夫、С.В.列朴涅夫曾給予作者极大的帮助。作者向他們表示衷心的感谢。

作者还要感謝 В.А.別利亚科娃、Н.Н.密尔尼科娃及 Л.Г.科茲列娃，他們认真地进行了大量与耐热結構鋼及耐热不銹鋼的組織和性能研究有关的实验工作。

作者期望，本书中所列举的实验資料，以及个别的和一般的結論，能在为創制新型耐热結構鋼及耐热不銹鋼而进一步开展的研究工作中得到应用。



目 录

前言

第一部分 耐热结构鋼

第一章 合金鉄素体	1
合金元素对鉄素体組織和性能的影响	1
热处理对合金鉄素体組織和性能的影响	6
第二章 珠光体鋼	18
20X3MBΦ(9И415)鋼	18
20X3MBΦ鋼的相成分及性能	20
30X3BA、30X2H2BA、30X2H2BΦA鋼及其它鋼	23
30X3BA和30X2H2BA鋼的相成分	24
钒在珠光体鋼中对碳化物形成的影响	35
鉬对珠光体鋼相成分及性能的影响	41
鉬和鈦对珠光体鋼中碳化物形成的影响	42
低碳珠光体鋼	43
12X2MB(9И454)鋼	45
12X2MΦB(9И531)鋼	52
12X2HBΦA(9И712)鋼	52
12X1MΦ鋼	60
12X2ΦB鋼	60
12XMΦ(9И575)鋼	60
15X2ГH2TA鋼	60
高强度鋼	61
30XГCH A及30XГCA鋼	63
30X2ГH2CBMA(BЛ-1)鋼	67
其它珠光体鋼	70

第二部分 耐热不銹鋼

第三章 碳和合金元素对不銹鋼組織和性能的影响.....	73
碳	73
鉻	75
鎳	81
錳	83
鉬	83
釩	84
鈮	85
其它合金元素	87
第四章 X17H2 (ЭИ268) 馬氏体-鉄素体鋼	89
X17H2 鋼的成分和性能	89
回火温度和回火持續時間对鋼冲击韌性的影响	91
回火温度对显微硬度的影响	94
持久强度試驗后 X17H2 鋼的显微組織.....	95
第五章 13X14HBΦPA (ЭИ736) 馬氏体鋼.....	96
13X14HBΦPA 鋼的相成分.....	97
長時間重复加热对 13X14HBΦPA 鋼性能的影响	99
13X14HBΦPA 鋼的热处理	107
13X14HBΦPA 鋼的淬透性	111
13X14HBΦPA 鋼的腐蝕性能	111
13X14HBΦPA 鋼的变体鑄鋼——13X12HBΦPA (ЭИ736Л鋼)	111
第六章 13X12HBMΦA (ЭИ961) 馬氏体鋼	114
13X12HBMΦA 鋼的相成分	116
热处理对 13X12HBMΦA 鋼組織和机械性能的影响	120
重复加热時間对 13X12HBMΦA 鋼电阻系数的影响.....	125
13X12HBMΦA 鋼的腐蝕性能.....	130
第七章 鉄素体-馬氏体及鉄素体-奥氏体高鉻鋼	130
第八章 奥氏体-馬氏体鋼	137
17-7PH、AM-350、AM-355 及 PH15-7Mo 鋼.....	137

X17H7Ю(CH-1)、X15H9Ю(CH-2)、X17H5M3(CH 3) 及X15H8M2Ю(CH-4) 鋼	141
第九章 奥氏体鋼	156
1X18H9(Я1)及1X18H9T(Я1T)鋼	156
低镍奥氏体鋼	161
含氮的X17H4Г9(ЭИ878)鋼	171
X14Г14H3T(ЭИ711) 鋼	178

第三部分 渗碳及渗氮结构鋼和不锈鋼

第十章 渗碳及渗氮结构鋼	181
渗碳合金铁素体	181
合金元素对渗碳深度的影响	181
合金元素对铁素体渗碳层性能的影响	184
渗碳结构鋼	188
回火温度对结构鋼渗碳层硬度的影响	188
渗氮合金铁素体	191
合金元素对渗氮深度的影响	191
合金元素对铁素体渗氮层性能的影响	191
渗氮结构鋼	195
重复加热温度对生产牌号鋼渗氮层硬度的影响	195
第十一章 渗氮及渗碳不锈鋼	199
渗氮不锈鋼	199
不锈鋼渗氮的特点	203
渗氮的25X18H8B2(ЭИ946) 鋼	205
渗碳不锈鋼	209

第一部分 耐热结构鋼

第一章 合金鉄素体^①

合金元素对鉄素体組織和性能的影响

許多合金鋼的基本相为合金元素在 α -鉄中的固溶体，这种固溶体被称为合金鉄素体。

許多研究者^②都从事过合金鉄素体性能的研究。

除了合金鉄素体与鋼中其它相(碳化物、金属間化合物)的相互作用特性，能对合金鉄素体性能产生影响外，其本身所溶解的元素的直接作用对其性能的影响更为显著。

合金元素在鉄素体中的溶解，是以鉄原子被这些元素原子所置换的方式进行的。

由于合金元素的原子与鉄原子的尺寸和构造上有所不同，因而在晶格内造成应力，这种应力使晶格常数发生改变，而当鉄原

① 本章是根据作者与 Г. Н. 奥列霍夫及 В. И. 貝科夫共同研究的結果而編写的。

② Э. К. Бейн, Влияние легирующих элементов на свойства сталей, Металлургиздат, 1946.

С. С. Штейнберг, Металловедение, т. I, II, III, ОНТИ, 1935.

Н. Т. Гудцов, Научно-информационный бюллетень ЦИМ, 1937, №5~6.

Г. В. Курдюмов, Проблемы металловедения и физика металлов, Металлургиздат, 1951.

С. Т. Кишкин, Известия АН СССР ОНТ, 1946, №11.

А. П. Гуляев, Металловедение, Оборонгиз, 1956.

И. Е. Конторович, Термическая обработка стали и чугуна, Металлургиздат, 1950.

П. Обергоффер, Техническое железо, часть I, Металлургиздат, 1933.

С. Э. Бокштейн, Структура и механические свойства легированной стали, Металлургиздат, 1954.

子和合金元素原子的大小相差愈大时，则晶格常数的改变程度也愈大^①（图1~2）。

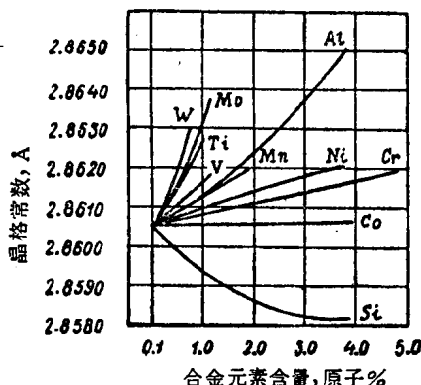


图1 合金元素对铁素体晶格常数的影响(A. П. 古里亚耶夫)

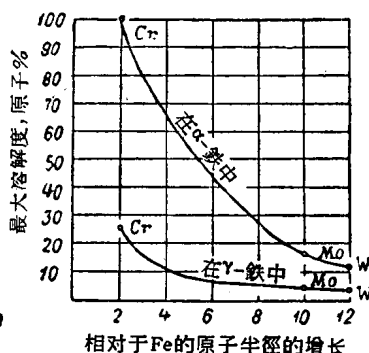


图2 在 α 和 γ -相中铬、钼和钨的溶解度与原子半径的关系

原子半径比铁小的元素(硅)能缩小晶格常数，而原子半径比铁大的元素(钨、钼及其它)则能增大晶格常数。

M. M. 什坦别尔克^②确定，与铁原子半径差别大的或其它系结晶的元素，自然就是能引起晶格常数最显著改变的元素，同时也是铁素体最有效的强化元素。

铁素体的强化问题很久以来就引起金属学家们的注意。Э. К. 貝恩^③系统整理了在研究合金铁素体硬度的大量工作中得到的数据，并将其绘制为曲线图(图3)，用以表示合金元素对提高铁素体硬度的影响。从图看出，合金元素按其能提高铁素体硬度的效果，可以顺次排列如下：铬，钨，钒，钼，镍，锰，硅，磷。

① 各种元素的原子半径：Fe—1.26Å，Si—1.13Å，Co—1.25Å，Mn—1.27Å，Cr—1.30Å，Mo—1.39Å，W—1.41Å。

② М. М. Штейнберг, Проблемы конструкционной стали, книга 12, Машгиз, 1952.

③ Э. К. Бейн, Влияние легирующих элементов на свойства стали, Металлургиядат, 1945.

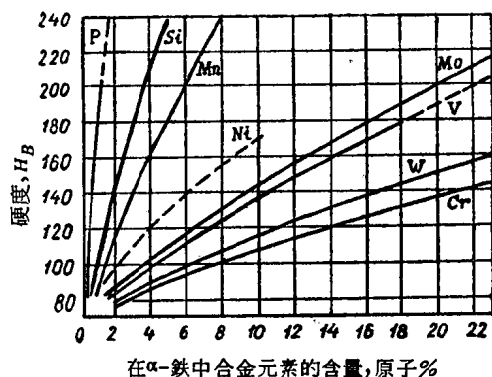


图3 合金元素对铁素体强化的影响
(Э.К. 貝恩)

作者与 Г. Н. 奥列霍夫对添加各种元素的合金铁素体试样的硬度进行了研究。这时非合金铁素体的硬度取为 $H_B 70$ ，即等于退火的工业纯铁的硬度。

曾用来测定过试样高温硬度的试验机的外观图示于图4。试验前试样经 930°C 退火，因而得到多边形组织^①。

退火后铁素体硬度的变化与其中所溶解的合金元素原子浓度的关系示于图5~8。在判断所列举的强度性能时应当记住，这些性能是针对几乎无碳的铁合金而言。

退火后铁素体的优良强化元素为镍、钨、钼、硅和锰。当固溶体中镍、硅和锰的浓度大于2%（原子）时，它们对于退火后铁素体的强化作用表现得特别显著。钴、铬、铌、钛和铝对退火后铁素体的强化作用则很弱。而当钒含量到1%时，它会降低铁素体的硬度。

将试验温度由 20°C 提高到 300°C ，对合金铁素体的硬度无影响（见图5）。继续提高试验温度会导致合金铁素体硬度下降。

含镍、铝和钴的合金铁素体的软化温度最低。添加上述元素

① И. Л. Миркин и Д. Е. Лившиц, Метод испытания твердости при высоких температурах, «Заводская лаборатория», 1949, № 9.

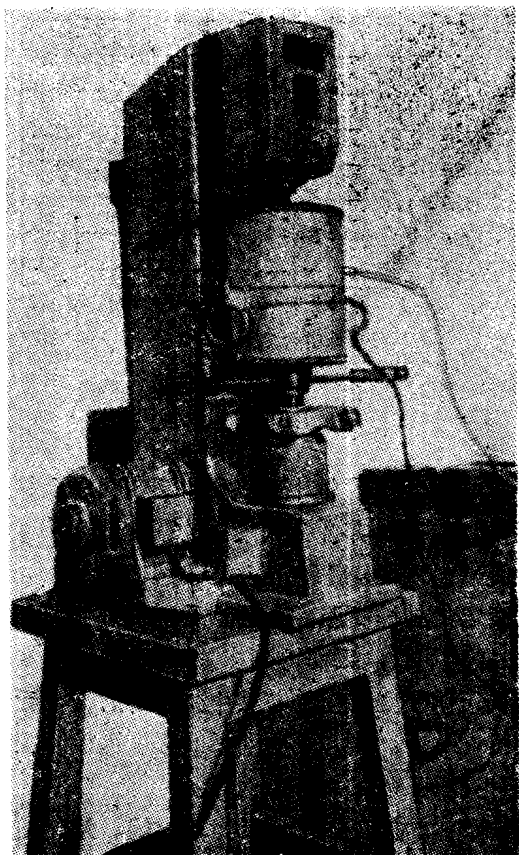


图4 高温硬度试验机的外观图

的合金铁素体的软化开始温度与非合金铁素体大致相同(350°C 左右)。

加锰、硅、铬、钨、钼、钛和铌的合金铁素体, 在更高的温度(超过 400°C)才发生软化。

合金元素的晶格类型对高温时处于平衡状态的铁素体的软化, 起着决定性的作用。添加结晶为体心立方晶格的元素(铬、钼、钨、钛等)的合金铁素体的软化温度最高。添加金刚石类型晶格

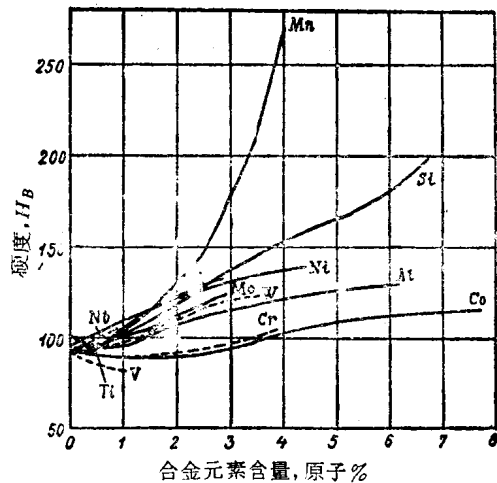


图 5 合金元素对經930°C退火后的鉄素
体在20°C时硬度的影响

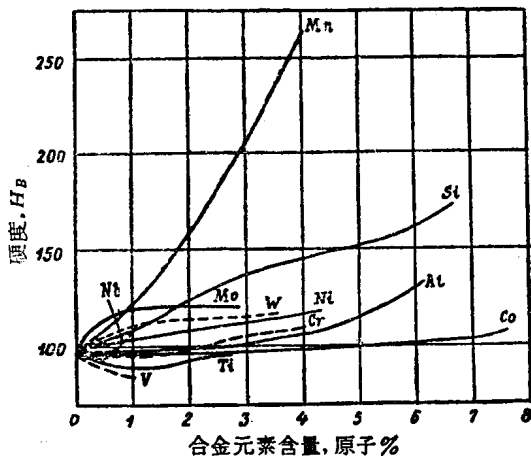


图 6 合金元素对經930°C退火后的鉄素
体在400°C时硬度的影响

元素(硅)和复杂立方晶格元素(锰)的合金铁素体,其软化温度稍低一些。结晶为面心立方晶格的元素(钴、镍、铝)对铁素体软化温度不发生影响。

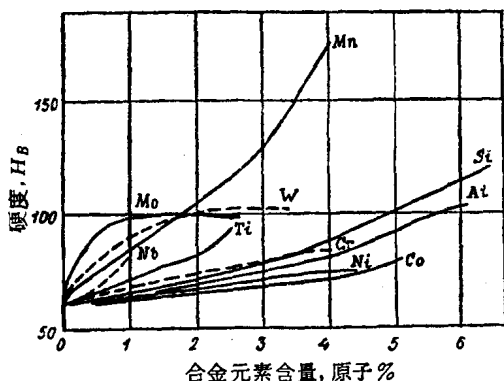


图7 合金元素对經930°C退火后的铁素体在550°C时硬度的影响

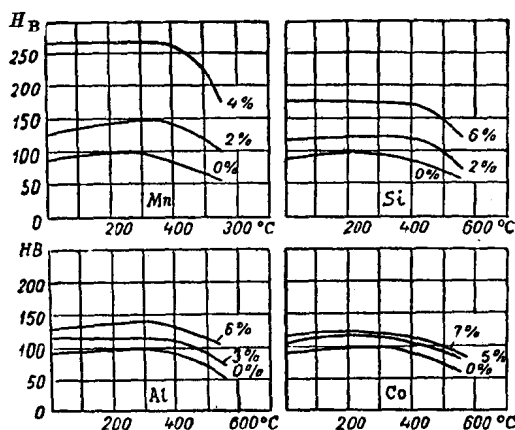


图8 試驗温度对經930°C退火后的铁素体硬度的影响

热处理对合金铁素体組織和性能的影响

由930及1200°C水中淬火后的合金铁素体中(处于不平衡状

态), 观察到一些非常有意义的现象。作者与 T. H. 奥列霍夫共同进行的研究表明(图 9), 钛、钴、铝和钨对于由 930°C 水中淬火的铁素体的强化无促进作用; 看来, 其原因是上述元素在提高铁多晶转变温度的同时, 提高了临界点 A_{c_2} 。由此应得出结论, 930°C 的淬火温度不足以使上述各种元素全部溶解于固溶体中。

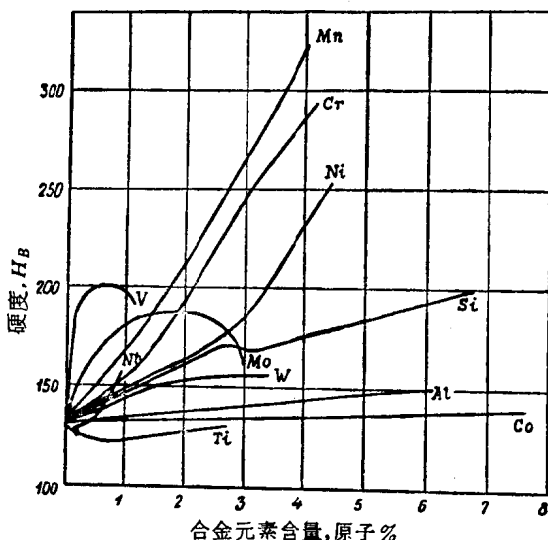


图 9 合金元素对由 930°C 水中淬火后的铁素体在 20°C 时硬度的影响

由 1200°C 水中淬火后, 则可以观察到另外一种情况 (图 10, 11)。由 1200°C 淬火后, 钛、铌、钨、钼、钒和硅可以剧烈地强化铁素体, 并且它们在固溶体中的浓度愈高, 这种强化作用也就愈大。

将固溶体中这些元素的含量增加到一定数量后, 以至足以使 γ -区封闭, 那时铁素体不再为淬火所强化, 并且它的硬度急剧地降低, 接近于退火后合金铁素体的硬度, 此点可用相应的显微组织 (图 12~15) 加以证实。

所示的显微组织照片表明, 含合金元素数量足以使 γ -区封闭

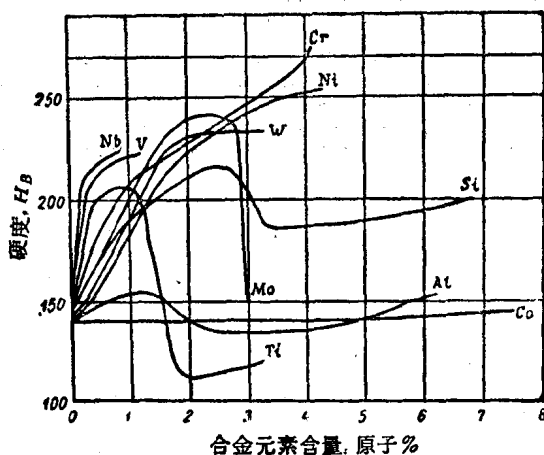


图 10 合金元素对由1200°C水中淬火后的铁素体在20°C时硬度的影响

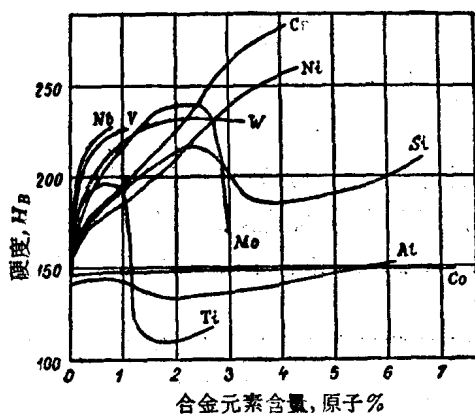


图 11 合金元素对由1200°C水中淬火后的铁素体在300°C时硬度的影响



图 12 由1200°C水中淬火的
无钼铁素体。×200

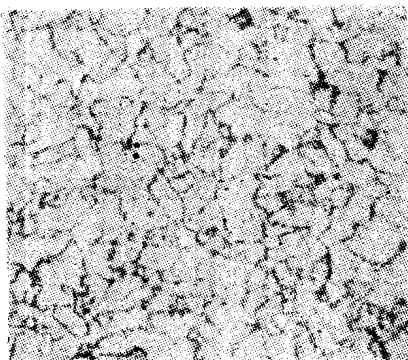


图 13 由1200°C水中淬火的含
0.35%Mo的铁素体。×200

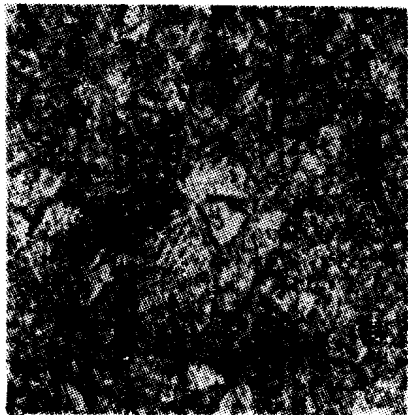


图 14 由1200°C水中淬火的含
1.77%Mo的铁素体。×200

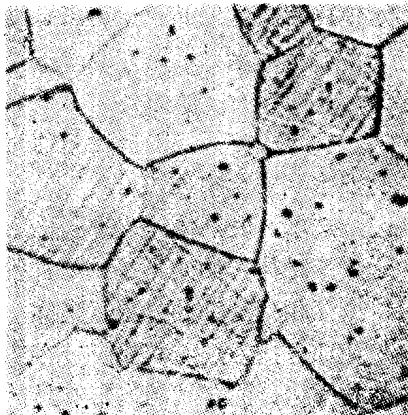


图 15 由1200°C 水中淬火的含
2.92%Mo的铁素体。×200