

Д.А.Прокошкин, И.Ф.Зудин
Р.С.Шарипкулов, О.А.Банних
ЛЕГИРОВАНИЕ ХРОМОМАНГАНЦОВИСТОЙ
НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1961

* * *
鉻錳不銹鋼的合金化
甘 瑞 祥 譯

*
冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯
(北京灯市口 71 号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟閣路 10 号)
北京市书刊出版业营业許可証出字第 110 号

中国工业出版社第三印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*
开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $2^{1/2}$ · 字数 45,000
1965 年 2 月北京第一版 · 1965 年 2 月北京第一次印刷
印数 0001—6,710 · 定价 (科六) 0.34 元

*
統一书号: 15165 · 3741 (冶金-593)

目 录

序 言

I. 鉻錳不銹鋼	1
Fe—Cr—Mn系	1
鉻和錳对鋼的組織和性能的影响	5
II. 鉻錳合金鋼	19
奥氏体形成元素——碳、氮、銅和鎳	19
铁素体形成元素——鈦、鉬、硅、鉬和鎢	25
合金元素对鋼 X18Γ15 的机械性能的影响	29
合金元素对鋼 X18Γ15 的耐蚀性能的影响	31
III. 鉻錳合金鋼中奥氏体的稳定性	34
奥氏体形成元素	35
铁素体形成元素	38
鋼 X17Γ12 冷却到液氮溫度时奥氏体的稳定性	39
IV. 鉻錳鋼回火时的轉变	40
回火时显微組織的变化	43
回火时各种轉变的伦琴射綫分析	50
回火溫度和時間对 σ -相质点粒度的影响	52
回火时硬度和铁磁性相数量的变化	55
铁素体分解对室溫机械性能的影响	61
合金元素对鋼 X18Γ15 回火轉变的影响	63
参考文献	72

I 鉻 錳 不 銹 鋼

Fe—Cr—Mn 系

Fe—Cr—Mn 系已在很多人的著作中研究过。不过关于合金組元純度和冷却速度对相态的影响，却往往得出相互矛盾的結論。

Köster〔6〕作出了含錳量小于 40% 和含鉻量小于 30% 的 Fe—Cr—Mn 系相图。除了等溫截面以外，还提出了含錳量和含鉻量为一定时的变溫截面。但是这些截面都很简单，其中沒有 σ -相和同 σ -相相連的两相区和三相区。在論文〔7〕中，对于含碳量很低（0.03~0.22%）的鉻錳不銹鋼也进行了研究。在所研究的合金中，含鉻量是 4.7~31.1%，含錳量是 3.7~35.0%。文中列有含 0.1%C 的合金在 1100°C 和 20°C 的相图截面。研究的目的是要了解能使鉻錳鋼用作耐热材料的各种合金元素的浓度极限。

Burgess 和 Forgeng〔8〕，对于相图中由 0 到 60%Cr 和由 0 到 50%Mn 的区域，进行了大量的研究。在显微組織分析和磁性分析中，确定了从 1000°C 淬火的合金在該溫度下的相区分布。图 1 是含碳量为 0.1%，含鉻量小于 50%，含錳量小于 50% 时的相图截面。在截面中有 α -和 γ -固溶体的立方晶格相区和 $\alpha + \gamma$ 两相区。如图中所見，綫 AB 将 1000°C 时的 γ 和 $\alpha + \gamma$ 相区分开。比較綫 AB 和 Fe—Cr—Ni 相图中的 AB'，說明綫 AB 几乎相当于大約 15% 的不变的含鉻量，然

而随含錳量的升高,却可以增加含鉻量而不超出均一的 γ -区。在含鉻量大于 14~15% 时, 无论含錳量多少 (并且含碳量不大于 0.2%), 不能获得单一的奥氏体組織。当有 15%Mn 时, 假使含鉻量不超过 12~15% (碳为 0.1%), 可以由 1000~1150°C 迅速冷却以后, 获得奥氏体組織。

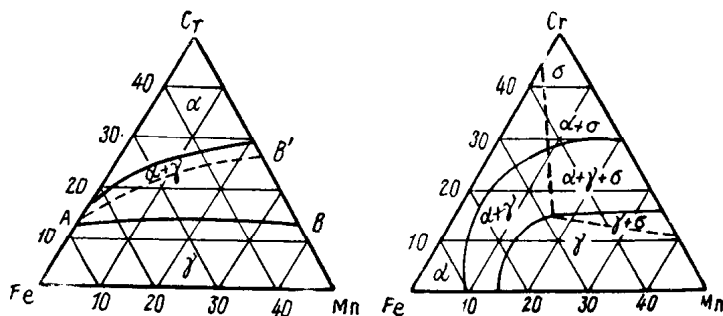


图 1 含 0.1%C 的 Fe—Cr—Mn 系 图 2 Fe—Cr—Mn 系由 1000°C 在 1000°C 时的等温截面〔8〕 緩冷后的相区分布〔8〕

在論文〔8〕中, 作者作出了从 1000°C 緩冷后的相区分布图(图 2)。图中有新的、在性质上与 γ -和 α -相不同的 σ -相。除了 σ -相以外, 图中还可以看到两相的 $\sigma+\alpha$ -和 $\gamma+\sigma$ -相区以及三相的 $\alpha+\gamma+\sigma$ -相区。文中指出, 錳由于提高 α -相向 σ -相转变的温度, 而使这一反应加速。

在文献〔9〕中, 列有 700°C 时的等截面相图(图 3); 作者們詳細地研究过 σ -相在 Fe—Cr—Mn 系中的分布。并且确定, 脆性的非磁性 σ -相能溶解錳达 35%, 然而在 Fe—Cr—Ni 系中, 只能溶解約 10% Ni。

由于 Fe—Cr—Mn 相图的复杂性, 上述各項著作, 除〔6〕以外, 都只列出两种等温截面; Köster 作了变温截面, 但很简单 (沒有 σ -相)。

图 4 列有不变含量 18%Cr 的 Fe—Cr—Mn 相图的纵截面〔19〕。由图可见，含锰大于 3% 的合金是由奥氏体和铁素体组成的；不管加热温度如何，增大含锰量达 30%，也不能完全得到奥氏体组织。

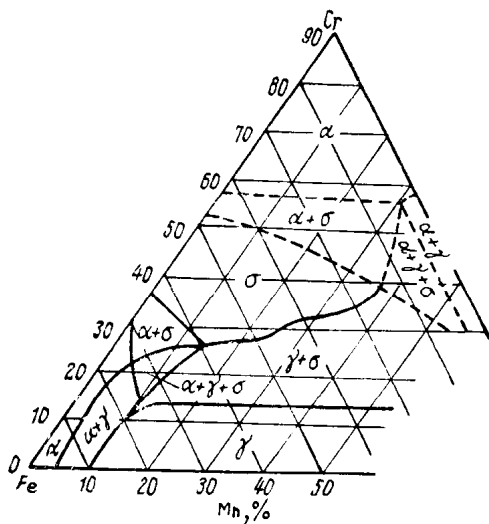


图 3 Fe—Cr—Mn 系在 700°C 时的等温截面〔9〕

在含 18%Cr 和大于 8%Mn 的合金中，当加热到 600~700°C 范围时，就有 σ -相出现，并且与 Fe—Cr—Ni 合金中的 σ -相不同的，就是当合金从高于 850°C 淬火后回火时， σ -相的析出过程更剧烈。

Григорьев、Кудрявцев 和 Л'руздева〔10—14〕总结了文献中所有关于相图的资料。他们考虑到加热和冷却时的 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 转变和迟滞现象，研究过 γ -区的整个发展过程以后，弥补了上述文献中的不足之处。

为了便于研究，他們將相图假定分成几个部分：奥氏体、奥氏体-铁素体和铁素体部分。作者們列出相应相图每一部分的截面。在詳細地研究了Fe—Cr—Mn系奥氏体区的基础上，测定了 ϵ -相区，也测定了 $\epsilon \rightleftharpoons \gamma$ 转变的温度。这种 ϵ -相是在Fe—Mn二元系中发现的〔15〕，它是非铁磁性相，有密排六方組織。

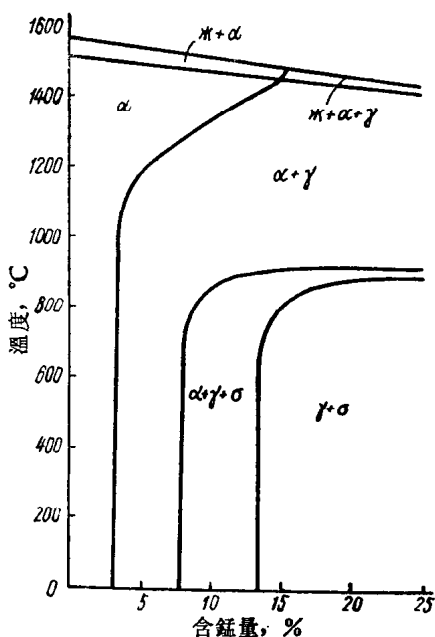


图 4 Fe—Cr—Mn系相图含铬 18%时的截面〔19〕

ϵ -相既可在高于 700°C 的淬火过程中形成，也可以在退火时形成。 ϵ -相向 γ -相的转变，伴随有金属体积的增大。合金中存在有应力，能促使 ϵ -相的形成。

$\epsilon \rightleftharpoons \gamma$ 转变温度同含锰量有关，并且随合金中含锰量的增加而降低。Fe—Cr—Mn合金中的 $\epsilon \rightleftharpoons \gamma$ 转变，是在 150~250°C

范围内加热时发生，并且转变是不完全的；只有冷加工才能达到完全转变。

已经知道，除了 $\varepsilon \rightleftharpoons \gamma$ 反应以外，还有 $\varepsilon \rightleftharpoons \alpha$ 反应。 ε -相是 $\gamma \rightarrow \alpha$ 转变中的过渡相。 ε -相的形成和消失，可以看作是可逆的马氏体转变[15]。图5是相图的截面，图中表示出固态下的转变。当含锰量不变而含铬量变化时作成的这一变温截面，表明了不同相区的位置，以及这些相区随含锰量和含铬量的变化而变化的关系，因而描绘出比较完全的转变图象。

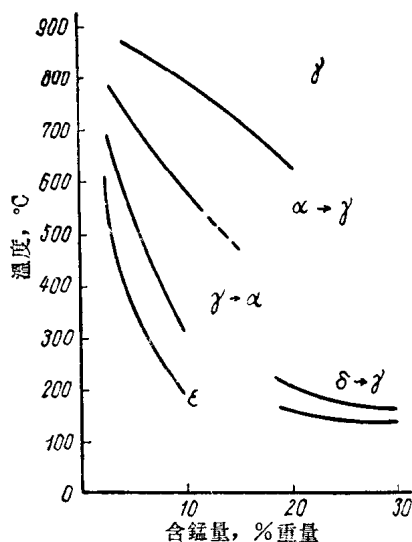


图5 Fe—Cr—Mn系相图含铬10%时的截面；固态中的转变[14]

铬和锰对钢的组织性能的影响

已经知道[16—18]，铬锰钢在某些情况下较铬镍钢能更好地满足生产要求。但是，许多同锰对钢的组织相变的影响有关的特点，妨碍着广泛地向生产中推广铬锰钢。在大于15%Cr的铬锰钢中，不能用改变含锰量的方法来获得单相的奥氏体组织，因此这些钢的深拉特性要低于铬镍钢[22]。此外，锰强烈地使 σ -相区的边界向含铬量较低的方向移动，而引起高温脆性。假如说，在铬镍钢中 σ -相的形成过程进行得比较缓慢，那末在铬锰钢中这一过程却相当剧烈。当高

鉻的鉻錳鋼組織中有鉄素体时，除了同 σ -相析出有关的脆性以外，还需要防止在 475°C 左右出現的脆性〔19, 39〕。

純奧氏体組織，只有含鉻量不超过 14~15%，將低碳鋼經過 1100~1150°C 水淬后，才能获得。

含 15%Cr 和 15%Mn 的鋼，經過 1100~1150°C 水淬后，具有如下机械性能：强度极限——70~80 公斤/毫米²，屈服极限——20~25 公斤/毫米²，相对延伸率——40~50%，冲击韌性（梅氏缺口）——20~30 公斤-米/厘米²。这些数据同鉻鎳奧氏体鋼同类指标差別不大。为了在低于 1000°C 加热后得到奧氏体組織，鋼中含錳量应不小于 18%。但是，具有較稳定的奧氏体的鉻錳鋼，在冷塑性变形时，較之鉻鎳鋼更容易产生加工硬化。因此它們不太适合于冷深拉和拉拔〔17〕。

含鉻量为 18% 和含錳量約为 9% 的鋼，經過 1000~1150°C 淬火后，有足够高的抗大气腐蝕稳定性。这种鋼在海水、NaCl 溶液、20% 的冷硝酸、10% 的沸騰硝酸、10% 的草酸、10% 的磷酸和其他酸中，都有良好的抗腐性。鉻錳鋼在硫酸溶液中是不稳定的。

鉻錳鋼的晶粒长大，在短時間加热的情况下，不如鉻鋼中的强烈，这一点对焊接零件是有益的，这种焊件比鉻鋼要韌得多〔18〕。

我們研究了含鉻量和含錳量不同的 16 种 鉻錳鋼的成分（表 1）。所研究的鋼均在容量为 12 公斤，有真空管振盪器的感应炉中炼出。熔化金属用的是氧化鎂坩堝。

所用的炉料成分見表 2。

鋼的冶炼是不困难的。为了明确冶炼过程，下面列出 X10Г27 鋼的冶炼測时記錄：

11:00 裝入鋼 10 碎料（7860 克）；

鉻錳鋼的化学成分

表 1

炉 号	元 素 含 量, %						
	Cr	Mn	Ni	N	O	C	Si
1	12.56	—	0.12	0.100	①	0.08	0.18
2	12.96	16.3	0.18	0.030	①	0.07	0.25
3	11.16	23.2	0.12	0.050	①	0.07	0.26
4	13.26	27.2	0.15	0.47	①	0.08	0.34
5	7.97	11.70	0.14	0.020	0.0042	0.09	0.25
6	8.10	17.50	0.12	0.030	0.0034	0.08	0.41
7	8.00	20.04	0.14	0.030	0.0027	0.08	0.41
8	7.95	27.30	0.12	0.036	0.0021	0.07	0.25
9	10.05	12.60	0.15	0.036	0.0019	0.08	0.14
10	10.05	17.20	0.12	0.039	0.0027	0.07	0.30
11	10.60	21.80	0.14	0.011	0.0023	0.08	0.36
12	10.40	27.20	0.11	0.017	0.0017	0.07	0.37
13	16.46	11.60	0.17	0.020	0.0017	0.08	0.29
14	16.74	16.30	0.14	0.030	0.0017	0.07	0.29
15	16.45	22.00	0.15	0.050	0.0084	0.07	0.20
16	16.30	27.10	0.14	0.080	0.0041	0.07	0.36
17②	16.84	1.70	7.3	0.011	①	0.08	0.48

① 未测定。

② 炉号为 17 的鋼中含有 0.61%Ti。

11:18 熔化；用 45% 的硅鉄 (50克) 和金属錳 (40克) 脫氧；

11:20 加入鉻 (2620克)；

11:25 鉻熔化后加入石灰石和螢石造渣；

11:26 用 45% 的硅鉄 (50克) 使金属脫氧；

11:27 加入金属錳 (2020克)；

11:34 金属溫度为 1500°C；

11:35 用硼砂使炉渣脫氧；

11:36 注錠。

炉 料 的 成 分

表 2

炉 料	元 素 含 量, %								
	C	N	Cr	Mn	Si	Fe	S	P	其 他
阿姆克铁	0.025	—	—	0.023	0.08	其余	0.025	0.01	—
氮化铬铁	0.03	1.29	75.8	—	0.48	—	0.03	0.006	—
金 属 铬	0.04	—	98.8	—	0.13	0.53	0.02	0.08	—
金 属 锰	—	—	—	90	—	—	—	—	—
硼 铝 铁	—	—	—	—	3.34	其余	—	—	B=6.3 Al=3.4
鋼10碎料	0.04	—	—	0.3	0.15	—	—	—	—
硅 铁	—	—	—	—	43.8	其余	—	—	—
銅	99.9Cu	—	—	—	—	0.005	—	—	O ₂ =0.03 Pb=0.005

不同炉号的鋼錠結晶时的收縮都大体相同。所有鋼錠的表面都是平整而光洁的。經過切头后鋼錠鍛成毛坯：直径12毫米的圓条、12×12毫米的方棒和7×20毫米的鋼帶（鋼帶再軋成3×30毫米尺寸）。

鋼錠鍛造溫度为 900~1180°C。

鍛造时产生的裂紋和折迭，主要是在相当于鋼錠头部的錠端，都已經鏟除。在成品毛坯的表面沒有裂紋。

硬度 含有 8~18%Cr、11~27%Mn和小于 0.1%C 的鋼（化学成分見表 1），洛氏硬度的变化同淬火溫度的关系見表 3。

在含鉻量相同的各組鋼（含 17%Cr 的几組鋼除外）中，都发现硬度随含錳量的增加而降低。含 8、10 和 13%Cr 及 11%Mn 的鋼硬度較高，是由于金属中存在有在显微組織照片中表现为針狀的磁性相，这种針狀物在每个晶粒范围内有一定的取向。这种相是鋼在淬火时由不太稳定的奥氏体形成的馬氏体。

在 800 和 900°C 淬火时，含 17%Cr 的鋼中观察到硬度随

鋼的洛氏硬度(標尺B)與淬火溫度的關係 表 3

鋼 號	淬 火 溫 度, °C				
	800	900	1000	1100	1200
X 8 Γ11	105.0	103.0	104.0	102.0	101.0
X 8 Γ16	92.5	89.0	89.0	86.0	84.5
X 8 Γ22	86.5	87.5	86.5	84.0	82.5
X 8 Γ27	77.0	73.0	71.5	72.5	72.0
X10Γ11	102.5	101.5	104.0	102.0	98.0
X10Γ16	83.0	89.0	88.0	88.0	84.5
X10Γ22	83.0	86.5	85.5	84.0	81.5
X10Γ27	80.0	74.5	74.0	77.5	71.0
X13Γ11	106.5	107.0	107.5	108.0	98.5
X13Γ16	92.0	88.0	86.5	89.0	88.0
X13Γ22	90.0	85.0	84.0	84.5	84.5
X13Γ27	91.5	91.5	83.0	80.0	82.5
X17Γ11	92.0	89.0	87.5	88.0	91.0
X17Γ16	93.5	90.0	89.5	89.5	92.0
X17Γ22	107.0	102.5	88.0	88.0	92.0
X17Γ27	108.0	108.5	88.5	88.5	92.5
X18H9T	78.5	78.5	78.0	74.5	70.5

含錳量的增加而升高同 σ -相的存在有關, σ -相在這樣的淬火溫度溶解是不完全的。

經1000°C以上的幾種溫度淬火後, 硬度隨錳量增加而降低的上述規律表現得更明顯。但是在含17%Cr的鋼中, 經過900°C以上的幾種溫度淬火後, 硬度實際上同含錳量無關。

鋼X18H9T的硬度, 同鉻錳鋼比較, 還要低些。

显微組織 鋼經過1100°C淬火後的显微組織見圖6。成分為X8Γ11、X8Γ16、X10Γ11和X10Γ16的鋼的組織中有

針狀析出物(图 6, *a*)。这些組成物属于奥氏体-馬氏体型。最均匀的組織是在含 10%Cr 和 20~27%Mn 的鋼中看到的(图 6, *b*)；这种是純奥氏体鋼。奥氏体-鉄素体两相組織是在含 13%Cr 和 17%Cr 的两組鋼中得到的。在含 13%Cr 的一組鋼中，可見的鉄素体量随含錳量的增高有少許增加。鉄素体組成物在含 17%Cr 的鋼(图 6, *e*)中比在含 13%Cr 的鋼(图 6, *c*)中体积更大些。应该指出，在鋼中含有大量鉄素体时，奥氏体有凸出的晶粒界，而鉄素体則有凹入的晶粒界。

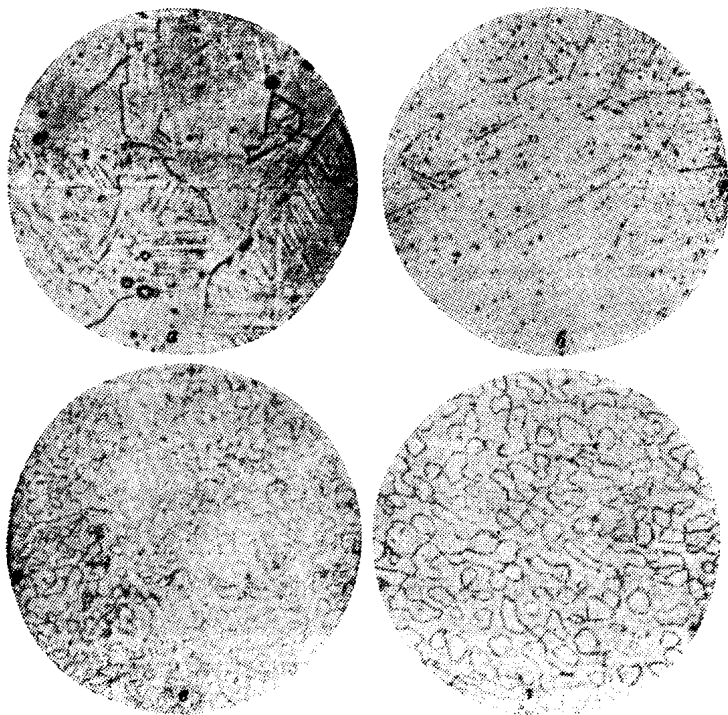


图 6 鉻錳鋼經1100°C水淬后的显微組織 (×600)

显微硬度的測量說明了奧氏体和鉄素体硬度的明显差別。正如表 4 所示，奧氏体的硬度均高于鉄素体。这里，既說明了結晶結構的差別，也說明了这两种固溶体合金度的不同程度。

鉻錳鋼組織組成物的維氏硬度

表 4

鋼 号	組 織 組 成 物	硬度, H_V , 公斤/毫米 ²
X13Γ11	奧 氏 体	332
	鉄 素 体	145
X13Γ16	奧 氏 体	303
	鉄 素 体	120
X13Γ22	奧 氏 体	272
	鉄 素 体	110
X13Γ27	奧 氏 体	215
	鉄 素 体	103
X17Γ11	奧 氏 体	304
	鉄 素 体	223
X17Γ16	奧 氏 体	264
	鉄 素 体	240
X17Γ22	奧 氏 体	265
	鉄 素 体	232
X17Γ27	奧 氏 体	269
	鉄 素 体	237

含 13%Cr 的鋼中，不論是鉄素体还是奧氏体，硬度均随含錳量的增加而減小。同时，鉄素体的硬度变化不如奧氏体那样劇烈。奧氏体硬度的劇烈变化同它的不穩定性有关。

含 13%Cr 与少量錳的鋼，在硬度試驗时由于压入头的作用有 $A \rightarrow M$ 转变发生。鋼中含錳量增加，奥氏体变得更稳定，因而不发生奥氏体向馬氏体的转变，奥氏体的硬度就小些。

含 17%Cr 的鋼恰在 Fe—Cr—Mn 合金相图的两相区中；这些鋼的鉄素体和奥氏体的硬度变化是不太明显的。

所研究的各种鋼的回火，是在 600、700、750 和 800°C 的溫度下进行的。对于所有的鋼（除含 13% 和 17%Cr 的两組鋼以外）來說，硬度变化同回火溫度的关系是不大的。在回火过程中，这些鋼中有 $\alpha \rightarrow \sigma$ 转变发生，同时伴随有硬度的增大。这一反应也在 [7、8、11] 等著作中研討过。含 17%Cr 的鋼的硬度增大，比含 13%Cr 的鋼来得剧烈。

經 1100°C 淬火的鋼（17%Cr）的硬度变化同回火保温時間的关系，如表 5 所示。鋼 X17Г11 在 650 和 700°C 回火时，随保温時間的延长，硬度明显地增加，而在 700 和 800°C 回火时，硬度变化較小。硬度变化这一特点与 α -相的量的减少有关， α -相在 700 和 800°C 回火时发生 $\alpha \rightarrow \sigma$ 转变。

根据相图 [19]，X17Г11 的成分是在 $\alpha + \gamma + \sigma$ 区域内；因此淬火后得到的鉄素体，在往后的回火过程中，不能随着 σ -相的形成完全分解。

成分为 X17Г16、X17Г22 的鋼，經過高于 900°C 的溫度淬火和低于該一溫度回火后，所有的鉄素体均能随 σ -相的形成而分解；因此，回火使这些鋼的硬度的提高，比鋼 X17Г11 要大一些。含 22% 和 27%Mn 的鋼，經過半小时回火后，能得到很高的硬度，然而含 16%Mn 的鋼，为了获得最大硬度，必須进行更長時間的回火。

鋼的磁性研究証实了 σ -相的形成和硬度增大之間的关

含 17%Cr 和 11~27%Mn 的鋼經 1100°C 淬火后 表 5
回火时硬度 (H_{RB}) 的变化

鋼 号	回火溫度 °C	时 間, 小 时					
		0.5	1	5	10	25	50
X17Г11	650	82.5	89.5	90.0	92.5	98.0	102
	700	90.0	92.5	93.5	93.0	98.0	100.5
	750	88.0	92.0	89.5	89.5	92.0	91.5
	800	89.5	93.0	89.5	89.5	94.0	93.5
X17Г16	650	91.0	95.5	106.0	105.0	105.5	106.0
	700	102.5	103.0	103.5	103.0	103.0	103.5
	750	98.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.5
	800	94.0	100.0	91.0	98.0	101.5	101.0
X17Г22	650	109.0	109.0	108.5	106.5	108.0	108.0
	700	108.5	108.5	107.5	107.5	106.5	106.5
	750	108.5	108.5	108.0	107.5	107.5	106.0
	800	106.0	107.5	106.0	105.0	106.5	106.0
X17Г27	650	109.5	110.0	109.0	109.0	109.0	109.0
	700	109.5	109.0	107.0	106.5	106.5	106.5
	750	106.5	105.0	104.0	104.0	104.0	104.5
	800	106.0	106.5	106.0	105.0	105.0	105.5

系。所有各炉鋼的試样經過 750°C 10 小时回火后, 都在阿庫洛夫磁方向仪上进行了 (常溫下的) 研究。在含 11%Mn 的各炉鋼以及鋼 X17Г16 中都发现了鉄磁性相, 其余的鋼都是非鉄磁性的。鉄磁性相的百分含量如下:

鋼 号	X 8 Г11	X10Г11	X13Г11	X17Г11	X17Г16
鉄磁性相含量, %	19.9	18.7	28.3	23.8	3.7

在含 11%Mn 的鋼中, 鉄磁性相的量随含鉻量增加到

13% 而增加, 然后保持这一水平到含铬达 17% 以前。必須指出, 在 17%Cr 的鋼中比 13%Cr 的鋼中發現有較少的鉄磁性相。这种减少与鋼在回火时鉄素体的部分分解, 以及非磁性的 σ -相和奥氏体的形成有关。

在鋼 X17Г16 中發現有少量的鉄磁性相。其余的合金經過 750°C 回火以后都是非磁性的。回火使 X13Г16、X13Г22、X13Г27、X17Г22 和 X17Г27 淬火后得到的鉄素体全部分解。

形成 σ -相的規律将在第 IV 章中詳細討論。

铬錳鋼从 1100°C 淬火和 750°C 回火 10 小时以后的試样, 在用膨胀仪分析时得到以下三种形式的綫胀溫度曲綫:

1) 在鋼 X8Г16、X8Г22、X10Г16、X10Г22 和 X13Г16 中, 当加热到 140~210°C 时发生 $\epsilon \rightarrow \gamma$ 轉变; 由这一轉变所造成的热膨胀曲綫上的轉折点, 在有同样含铬量的一組鋼中, 随含錳量的增加而移向更低的溫度。这一点同文献^[14]中的資料吻合;

2) 含 8~17%Cr 和 10%Mn 的鋼, 在加热到 570~650°C 时发生 $\alpha \rightarrow \gamma$ 轉变, 这个轉变在热膨胀曲綫上以水平綫段形式反映出来;

3) 含铬量和含錳量各不小于 15% 的鋼, 加热到 750°C 以下, 沒有相变。

对于全部所研究的这些成分的鋼來說, 綫胀系数的計算值都在 18.9×10^{-6} 到 22.0×10^{-6} 范围內, 这同鋼 X18H9T 的綫胀系数 (19.4×10^{-6}) 沒有多大差別。

机械性能 铬錳鋼和铬鎳鋼的机械性能試驗是在經過淬火和在 750°C 回火后在 20 和 600°C 进行的。比較室溫下的試驗結果 (表 6) 表明: 鋼 X8Г22、X8Г27 和 X10Г27, 由于

具有均匀的奥氏体組織，塑性指标接近铬镍鋼 X18H9T的試样，甚至在某些情况下，鋼 X10Г22 要超过 X18H9T。含有 8、10 和 13%Cr 与 11%Mn 的各組鋼，有較高的强度和較低的延伸率。这同淬火和回火后获得奥氏体-馬氏体組織有关〔14, 20〕。随含錳量的增加，这些鋼的强度也降低。在含 8%Cr 的鋼中，提高含錳量使塑性增大，这可能同奥氏体的稳定性增大有关。含 10 和 13%Cr 的鋼，在增大含錳量到 22% 时，塑性也提高，但当含錳量提高到 27% 时，延伸率和断面收縮率都降低。

鉻錳鋼經 1100°C 淬火和 750°C 回火后的机械性能 表 6

鋼 号	σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	ψ	a_k
	公斤/毫米 ²	公斤/毫米 ²	%	%	公斤·米/厘米 ²
X 8 Г11	140.0	51.0	12.0	40.0	17.75
X 8 Г16	94.5	28.2	48.0	86.5	34.0
X 8 Г22	80.5	36.7	53.4	78.6	30.65
X 8 Г27	67.5	17.4	66.5	79.5	34.80
X10Г11	124.0	57.5	10.9	42.2	9.10
X10Г16	95.0	25.8	53.1	86.0	29.80
X10Г22	78.2	28.0	68.0	88.0	30.80
X10Г27	66.1	21.7	60.3	77.0	32.50
X13Г11	128.7	101.8	19.0	73.0	—
X13Г16	91.5	27.0	46.5	81.8	24.60
X13Г22	70.1	31.7	50.4	70.0	9.25
X13Г27	63.5	32.5	30.0	52.5	3.50
X17Г11	102.5	38.8	26.4	74.5	18.0
X17Г16	90.0	58.6	15.0	45.0	0.60
X17Г22	86.5	—	4.0	2.2	0
X17Г27	66.0	—	4.0	2.2	0
X18H 9 T	73.8	29.1	62.0	86.5	18.2