

钢加热时相和组织的转变

В.Д. 薩道夫斯基 等著

楊惠華 譯



21

冶金工業出版社

亲爱的讀者：

为了改进我們的出版工作，更好地滿足讀者的需要，請您在讀过本書后，尽量地提出本書內容、裝訂、設計、印刷和校对上的錯誤和缺点，以及对我社有关出版工作各方面的意見和要求。来信請寄“北京市灯市口甲45号冶金工业出版社”，并請詳告您的通訊地址和工作职务，以便經常联系。

冶金工业出版社

鋼加熱時相和組織的轉變

В. Д. 薩道夫斯基等 著

楊 惠 華 譯

冶金工業出版社

本書根據著者的研究評論了鋼加熱時重結晶的現行概念。

有些合金鋼在鑄造、軋制、鍛造和沖壓時發生了粗晶粒結構，為了糾正這些鋼的組織和改善它們的力學性質，採用熱處理作業，本書對這些熱處理作業提出了新理論。

本書是供工程師和科學工作者用的，也可供冶金和機器製造專業的大學生用。

В. Д. Садовский К. А. Малышев и Б. Г. Сазонов
ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ НАГРЕВЕ СТАЛЕЙ
Металлургиздат (Москва—1954)

鋼加熱時相和組織的轉變

楊惠華 譯

編輯：馬鴻鈞 設計：趙香芬 魯芝芳 責任校對：

1958年4月第一版 1958年11月北京 第二次印刷3,205冊 累計5,400冊

$850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32} \cdot 96,400$ 字 · 印張 $5 \frac{24}{32}$ · 定價(10) 1.10 元

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行 書號 0778

冶金工業出版社出版 (地址：北京市燈市口甲 45 號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 098 號

目 录

著者的話.....	4
序言.....	6
第一章 对鋼加热时重結晶機構的現行概念的評論.....	13
第二章 鉄錳合金和高錳鋼在加热时的組織轉变.....	29
鉄錳合金在加热时的轉变.....	29
高錳鋼在加热时的轉变.....	35
第三章 合金工具鋼在加热时的組織轉变.....	40
X1 号鋼在加热时的轉变.....	44
EX2 号鋼在加热时的轉变.....	50
UX 15 号滾珠軸承鋼在加热时的轉变.....	51
第四章 合金結構鋼在加热时的組織轉变.....	55
40 X 号錳鋼在加热时的轉变.....	55
40 XH 号鋼在加热时的轉变.....	57
40 XHMA 号鋼在加热时的轉变.....	60
結構鋼的晶間斷口.....	65
第五章 碳素鋼在加热时的組織轉变.....	70
第六章 論契尔諾夫 b 点.....	81
第七章 上述鋼的重結晶过程方案的討論問題.....	100
結論.....	116
参考文献.....	118
附圖 (圖 1—105).....	121

“在化学成分不均匀的晶體之複雜的集合體中，可以在不破壞其結晶組織的情況下發生基體的各个化学組元的偏析和轉移。”

“必須把常常被人混淆起來的化学組織和物理組織區分開。”

“鐵碳合金的化学組織的轉變，其中發生的偏析、攙散，可以在完全保持着金屬基體的結晶的（物理的）組織的情況下實現。”

Л. К. 契爾諾夫

著者的話

俄羅斯是金相学和鋼的热处理學說的起源地。

上世紀初期，П. П. 阿諾索夫 (Аносов) 在茲拉道斯多夫工厂中首先制定了研究鋼的組織的綜合方法，这一方法構成了金相分析的基础。

上世紀的七十至八十年代中，Л. К. 契爾諾夫在奧布霍夫工厂所做的古典研究是鋼的热处理科学的开端，並首次奠定了鋼制品的鍛造，退火和淬火工艺的科學基础。

偉大的十月革命以后，热处理理論在苏联的許多科学学派的著作中得到了光輝的發展，特別是在研究鋼在冷却时的轉變的动力学和組織機構方面。不过在这些研究中，对于加热时相變的研究則注意得較少。

同时，大家都知道，Л. К. 契爾諾夫在 1868 年所發現的鋼在加热时的重結晶現象，是热处理最重要的作業的基础，这一現象被利用来改善鑄造、鍛造和軋制时得到了粗晶粒結構的鋼的組織，以及用来使鋼具有高的力学性質。

所以，研究加热时的相變和組織的轉變是鋼的热处理理論發展中的最重要的任务。

斯大林曾經說過：“如果沒有不同意見的爭論，沒有自由的

批評，任何科学都是不可能發展、不可能进步的。”在將引起讀者注意的本書中，对鋼重結晶的組織機構的通用概念进行了批評，結合这一点，对著名的 П. К. 契尔諾夫 b 点的涵意和意义的傳統的解釋也作了批評，这种傳統的解釋將契尔諾夫 b 点和法国科学家 Ф. 奥斯蒙特的 A_0 点混为一談。

通用的解釋仅把 b 点归結为奥氏体中鉄素体溶解过程完成的时间；毫無疑問，这种解釋是輕視了契尔諾夫的發現的意义的，契尔諾夫的這一發現是他所制定的、有科学根据的、鋼制品的热处理工艺学的核心。因此，这种解釋也就未能正确地表示出俄罗斯的科学在鋼鉄金相学發展中的真正作用。

本書中对 b 点所提出的解釋，是要消除国外那种把契尔諾夫仅仅看作是奥斯蒙特的先驅者之一的这种普遍的企圖，奥斯蒙特好像是加热和冷却时鋼中轉变的精确圖形的首先的發現人。

書中指出，鋼的热处理科学中直到現在几乎还没有被人注意过的現象的發現优先权是屬於契尔諾夫的。其中还談到所謂取向对应和尺寸对应原理在鋼加热时發生的轉变方面所起的作用。

根据亲自的實驗研究，根据苏联的金屬学和金屬物理的發展的許多事实和观念的綜合，著者提出了重結晶过程的新方案。根据我們的意見，这一方案更完善地反映出了鋼在加热时所發生的現象的真实機構，这一方案比通用的观点更符合于日常的經驗即热处理实践。

應該希望，对这一新方案的批評性的討論將有助于它的充实和精確化，並將促进鋼的热处理理論的进一步的發展。

著者將感激所有批評性的意見。

著者于苏联科学院烏拉尔分院金屬物理研究所

序 言

書中对最近几年中所进行的关于查明鋼在加热时的相变的組織機構的研究^①，作出一些总结。

同时提出目的在闡明鋼的重結晶过程的組織機構的新方案，以及这一方案可靠性的基本証据。在本書的結尾部分中，审查了書中所發展的、关于鋼在加热时的重結晶機構的概念和俄罗斯偉大的冶金学家 И. К. 契尔諾夫的發現之間的关系，並且对繼續了很多年的、关于著名的契尔諾夫 b 点的實質和意义的科学討論作出了总结。

現在已經沒有必要来証明关于重結晶的機構問題对于鋼的热处理理論和实践的意义。

鋼的热处理这門科学是从契尔諾夫在奥布霍夫工厂中的古典研究开始的；由于这些研究，他發現了作为鋼制品合理的热处理工艺基础的重結晶現象〔1〕。

在構成冶金学發展中的一个时代的这些工作中，契尔諾夫以惊人的技艺利用了观察鋼的断口形态的簡單方法来了解鋼在加热和冷却时所發生的現象的本質。

尽管現在已經有了研究金屬和合金的組織的許多新的、極完善的方法（其中显微組織分析法和 x 射綫組織分析法佔着最重要的地位），但是契尔諾夫观察断口的形态的老方法一直到現在还完全保持着它的意义。著者們在进行研究时广泛地利用了这一方法。

几乎所有的鋼的热处理操作（淬火，退火，正火），都是加热到契尔諾夫 a 点或 b 点（根据現代的術語，即临界点 Ac_1 或 Ac_s ）以上开始的。

大家都知道，当加热到 Ac_1 点以上时，鉄素体-碳化物的兩

① 以苏联科学院烏拉尔分院金屬物理研究所进行的研究工作和其它的研究作为基础。

相系（鋼在原始狀態下通常是這樣的兩相系）轉變到混有某些數量的過剩相（鐵素體，碳化物）的奧氏體狀態。加熱到 A_c 以上時，發生這個兩相系向單相奧氏體狀態的轉變。就是這個轉變伴隨著重結晶，如果說得更好懂些，重結晶就是將鋼加熱到臨界點以上時的奧氏體的形成過程。

實際上，鋼本身始終是多晶體的材料。在原始狀態下它經常是兩相系，這個兩相系，是由鐵素體小晶體以及其中分佈着的、均勻度不同的、通常是小得多的碳化物晶體^① 所構成的。

當加熱到臨界點以上時，這一複雜的、多晶體的、兩相的集合體就轉變到較簡單的状态，同樣是多晶體的、但已經是單相的奧氏體狀態。

大家都知道，在穩定的單相奧氏體狀態存在的寬廣的溫度間隔內，觀察到以奧氏體小晶體的尺寸的增大為條件的組織變化（晶粒長大）；溫度愈高，或者在某一定的溫度保溫的時間愈長，晶粒的長大也就愈加劇烈。加熱時（例如從 850° 加熱到 1100° （從圖 1 上的點 1 加熱到點 2）^② 已經長大的奧氏體晶粒，在冷卻到 850° 時尺寸保持不變，在這個意義上來說，晶粒的這種粗化是不可逆的。

因此，如果將加熱後的鋼完全冷卻，那末它的最後的組織在很大程度上決定於原來的加熱溫度。在最平常的情況下，過剩相（鐵素體或碳化物）沿着奧氏體晶粒間界析出，並在這樣形成的那些鐵素體網或碳化物網的範圍內形成奧氏體最終分解的產物。當冷卻得足夠慢時，奧氏體中的過剩相先析出來，緊接著奧氏體就轉變為珠光體，轉變的最後的組織可以用圖 2 上的示意圖表示。

如果將鋼重新加熱到臨界點以上，那末當通過 PSK 綫時，由於鐵素體和碳化物相互作用的結果，開始形成奧氏體。

奧氏體出現於鐵素體和碳化物微粒相接觸的無數的地点上，

① 對於鑄造、鍛造、軋制或退火狀態下的碳素鋼來說，所述情況都是正確的，對於大多數的合金鋼來說，由於退火的結果才達到這樣的呈鐵素體-碳化物的混合物的原始狀態。

② 見書末附圖

在这种有了新相萌芽的每个地方，長出奥氏体的独立晶粒。这些晶粒長大到相互接触的地步，就構成加热到临界点以上的鋼中的奥氏体組織（圖3）。

如果加热仅是稍稍超过临界点，那末得到相当細的奥氏体晶粒；如果再將它冷却，那末沿着这种細晶粒的間界就先析出过剩相，而后在已析出的过剩相的細網格的范围之內形成珠光体（圖4）。

將圖2和圖4上的組織加以比較，容易理解借重結晶来糾正鋼的組織的實質。

如果鋼在工艺过程的某一阶段上（例如，鑄造，鍛造或軋制之后）从高温冷却下来之后，那末就得到粗晶粒的組織，如圖2所示，如果將鋼重新加热到比临界点高一些的温度，再把它冷却下来，那末可以使組織变細（圖4）。这就是所謂完全退火以及正火的意义和實質。随着組織的变細，就观察到断口形态的变化：由过热鋼的粗晶粒断口变成細晶粒断口。

大家都知道，冷却速度对鋼的組織有很大的影响。快冷抑制（部分地或完全地）过剩相沿晶粒間界析出。快冷时奥氏体被过冷到显著地低于 PSK 綫以下的温度，它的分解产物的組織形态决定于过冷的程度。还在过冷程度不大的时候，就已經能看到，在奥氏体晶粒中形成珠光体时，每个奥氏体晶粒分解为几个区域，这些区域是以其組成物铁素体和渗碳体小片的取向不同而分开的（圖5）。在一定的意义上可以指出，冷却的速度愈大，那末鋼的晶粒細化的程度也就愈大。

早已証明，在同一个珠光体区域内的各个铁素体小片都具有共同的結晶取向。这就有根据把每一珠光体区域看作是一个單个的晶粒，这个晶粒具有与相鄰区域不同的結晶取向。

同时也已經証明，各珠光体区域的取向与原始奥氏体晶粒的取向具有一定的結晶几何学联系，而且这种联系不是完全偶然的。如果將具有相当于圖5示意圖所示的組織的鋼，加热到稍高于临界点的温度，在加热过程中产生新的奥氏体晶粒；当冷却較快

时，在这些新的奥氏体晶粒内就形成相当于圖 6 示意图所示的珠光体区域。

如果借較快的冷却將奥氏体过冷到珠光体-屈氏体分解的温度以下，过冷到所謂中溫轉变（对于碳素鋼为 500° 以下）的温度，就观察到奥氏体分解产物的組織形态發生重大的变化。

由于中溫轉变的結果，在每个奥氏体晶粒内得到結晶排列極有規則的針狀組織，如果不考虑过多的細節，那末这种針狀組織是其中分佈着高度彌散的碳化物微粒的片狀或針狀鉄素体晶体。这些片狀或針狀鉄素体晶体的取向与原始奥氏体晶粒的取向具有一定的結晶几何学联系。

如果將第一次加热到高溫再过冷到中溫轉变温度而發生轉变所得到的这种組織(圖 7, a)加热到稍高于临界点，使它重結晶，那末就得到奥氏体細晶粒；如果以后能保証这种奥氏体細晶粒过冷到足够的程度，最后的組織就相当于圖 7, b 的示意图所示的組織。与已經研究过的珠光体-屈氏体分解的情况比較，極重要的是，这里的轉变产物与奥氏体原始晶粒之間的結晶几何学联系表現得更为明显。

最后，如果冷却得很快，以致使奥氏体扩散分解为鉄素体和碳化物的可能性（按珠光体-屈氏体式轉变或中溫式轉变）完全抑制了时，正如知道的那样，当过冷到某一临界温度时^①，奥氏体就轉变为固溶体的新的变态—— α -固溶体或馬氏体（鋼的淬火）。

苏联科学家 Г. В. 古尔久莫夫 (Курдюмов) 和 С. С. 施謝貝尔格 (Штейнберг) 等極深刻地研究过这种轉变的本質[2, 3]。这种轉变在結晶几何学联系方面極有規則。馬氏体晶格与奥氏体晶格有着一定的結晶几何学的取向联系：可能的相互取向的数目相当多（达 24），但是有限的 [4]。

馬氏体晶体具有片狀或針狀形态，淬火鋼的显微組織可以用圖 8, a 的示意图表示。

如果將淬过火的鋼重新加热，那末还在临界点 A_c 以下时就

① 契尔诺夫 d 点或馬氏体点。

观察到馬氏体的分解（淬火鋼的回火），馬氏体的这种分解主要是从 α -固溶体中开始析出高度彌散的碳化物小晶体，然后是粗化的碳化物小晶体，而在馬氏体片或針的位置上保留着片狀或針狀的铁素体晶体（圖 8,6）。

当溫度升高到 A_c1 以上时，由于铁素体和碳化物的相互作用，就形成数量逐渐增加的奥氏体晶粒（圖 8,6），这些奥氏体晶粒長大着，从而代替了原来的組織；当溫度升高到临界点 A_c 以上时，就得到細晶粒奥氏体（圖 8,7）。如果此后再將鋼重新淬火，那末在每个新的奥氏体晶粒內就都得到馬氏体晶体的結晶排列極有規則的集合体（圖 8,8）。

前面所提出的这些簡短而必須極簡要地予以叙述的現象表明，鋼在冷却时的組織形成过程無論是怎样复杂，这些过程也是在以奥氏体原始晶粒的尺寸和形状为条件的各个既定体积內完成的。从液体状态剛凝固后所得到的鑄鋼的組織中，这些既定体积相当于結晶过程中所产生的奥氏体晶粒^①。

將鑄鋼进行正常的完全退火的情况下，我們就利用重結晶現象，使鋼中形成許多很細小的晶粒，这些細小的晶粒在冷却时發生轉变，从而使鋼的組織和断口的形态大大地得到改善。

毫無疑問，鋼在加热时由于重結晶而形成的奥氏体晶粒的尺寸是决定形成的組織的首要因素，因而也是决定鋼的性質的首要因素。

奥氏体原始晶粒对鋼的性質的影响有时更直接地表現出来。

大家都知道，回火脆性現象（可逆的和不可逆的）的特征是沿着原始奥氏体晶粒的間界的晶間脆性断口 [5, 6]。

此外，大家都知道，过冷奥氏体的轉变动力学（它决定着最重要的工艺指标，如淬透性）在很大的程度上也决定于奥氏体晶粒的尺寸。

最后，可以指出，重要鋼制品的几种廢品与其不合格的断口形态有关，这种不合格的断口形态，或者表明不允許的巨大晶粒，

① 如果鋼从液体状态結晶的过程中开始不形成 α -固溶体晶体。

或者表明原始組織沒有借重結晶來予以充分的糾正（“石狀”斷口的幾種變態），或者表明奧氏體晶粒不正常地強烈的長大（高速鋼中的“蔡狀”斷口）。所有類似的情況難以一一列舉（參閱 [7, 8, 9]）。

上述一切已經足以充分說明鋼在加熱時的重結晶現象的實際意義了。還必須指出一點，就是與電流加熱（加熱速度極高）的熱處理問題相聯系，研究鋼在加熱時轉變的動力學和轉變的組織機構的意義在近年來特別提高了。

然而，可能發生這樣一個疑問，即重結晶方面還有什麼實際問題存在呢？實際上，起初看來，可能覺得上述現象中的所有一切都是簡單的和清楚的，至少在加熱時所發生的現象方面是如此。例如在現代的金屬學教科書 [10, 11, 12, 13] 和一些專題論著中通常也這樣記載着，在這些專題論著中 [14, 15, 16] 比教科書更精確地反映出各個問題的研究方面所達到的水平。

以後在本書第一章中將指出，幾乎所有教科書和專題論著中所引述的關於鋼在加熱時的重結晶機構的一般概念，在很大程度上都是一種起碼的概念，從而在許多極重要的情況下都與實際不符。本書以後各章中所敘述的關於鋼在加熱時的重結晶的組織機構的概念當然不能認為是絕對新的東西；但這些概念在很大程度上是許多實際觀察、研究和意見的發展及綜合，這些實際觀察、研究和意見替新的概念及其根據準備了基礎。

新的概念的各個最重要的部分已在 А. А. 博奇凡爾 (Бочвар), В. Н. 斯維捷尼可夫 (Сви́тников), В. Н. 格里特涅夫 (Гридне́в), В. И. 阿爾哈洛夫 (Архаров) 和 А. А. 波波夫 (Попов) 等的著作 [17, 18, 19, 20, 21] 中明晰地構成了。Г. В. 古爾久莫夫 (Кувдю́мов) 及其同事關於馬氏體式轉變的本質的研究 [2] 對於新的概念的發具有極大的意義。下面將看到，本書著者特別廣泛地依據了固體中相變時的取向對應和尺寸對應原理。在制定取向對應和尺寸對應原理方面有榮譽作用的是 С. Т. 康諾畢也夫斯基 (Конобесвский), П. Д. 丹可夫 (Данков) 和

Г. В. 古尔久莫夫 [22, 23, 2, 16]。

本書著者承担了實質上是很平凡的任务：（1）將固体物理的某些原理应用到鋼在加热时的轉变的实际問題方面去；（2）將已在苏联的科学技术文献中發表过的，关于奥氏体形成的機構的各个新观点作了某些發展和使之精确化；（3）最后一点，也是最重要的一点，是找出有說服力的实验証据，来証实在綜合概括近几年来苏联金屬学和金屬物理的光輝成就的基础上構成的新概念的正确性。

在本書結尾的部分中將要指出，这些新概念与鋼的热处理科学的奠基者俄罗斯冶金学家 Л. К. 契尔諾夫的观念相符合，契尔諾夫的这些观念是在著名的契尔諾夫 b 点的意义和实質的科学討論中發表的 [24]。

这又再次表明，热处理科学是由苏联研究者們密切地按照它的奠基者所指定的基本方向發展的；也表明，契尔諾夫的科学遺產直到現在还有它的现实性。

第一章 对鋼加热时重結晶機構的

現行概念的評論

早就知道，在金屬和合金中常常观察到非常規則的組織，显然，这样的組織反映着它的形成有着某种內在的規律性。

这样規則的、有規律的結構的古典例子是鉄-鎳隕石的組織，这种組織被命名为魏氏組織。

类似的組織也常常在鑄鋼或过热鋼中观察到；淬火鋼中的馬氏体組織或奧氏体在中溫区域内分解所得的产物的組織，原則上也是这样的。解釋这种組織的形成的可能性和必要性(在某种意义上來說)的物理学理論，是由 C. T. 康諾畢也夫斯基所制定的[23]。

根据居里——吉布氏——伏尔富 (Кюри-Гиббс-Вульф) 原理，自由地長大着的晶体的外形應該相当于表面能的最小值。在各向異性的介質中，不仅新相小晶体的形狀，就是新相小晶体的取向也都与介質的有向性有关。

新相晶格的取向与原相晶格的取向之間有着这样一种联系：即兩相的原子排列相似的平面是相互平行的；当这样的取向时，兩种晶格的歪曲程度最小，並在相間边界上有着最小的位能。

正如 C. T. 康諾畢也夫斯基指出的那样，当固溶体分解时的第一批晶体應該有一定的取向。这第一批小晶体成長得愈大，固溶体的过饱和度就变得愈小，新晶粒形成的可能性就变得愈小。魏氏組織的有規則的形狀就是这样产生的。

这样的解釋是从取向結晶的一般原理出發的，根据这一原理，在各向異性的介質中結晶进行时，新相晶核的形狀和取向應該相当于該体积內表面能的最小值，仅当新旧相的接触的边界上原子佈置有最大的相似时，才能保証这种表面能的最小值 [23]。

鋼以不同方法冷却时的組織轉变，从鋼錠中的鉄素体片狀析出物起，直到淬火鋼的馬氏体止，就是这个一般原理的很多的和

很明白的例証。自然可以意料，鋼在加熱時的轉變在某種程度上也應該遵循取向結晶的原理，但是，對重結晶過程的一般見解通常甚至不考慮這一可能性 [10—12, 14—16]。其實，這已被實際的生產經驗所証實了。早已知道，為了糾正鑄鋼和嚴重過熱的鋼的組織，通常採用雙重處理：兩次退火，兩次正火，兩次淬火等。這樣處理的必要性是難以用對重結晶過程的一般見解作為根據的，根據這種一般的見解假定，鋼在加熱時所形成的奧氏體新晶粒，在結晶幾何學上既與其它產生奧氏體新晶粒的原始組織無聯繫，而且也與鋼在初次加熱（過熱）時所具有的原始奧氏體晶粒無聯繫。

如果假定鋼在冷卻和加熱時必須遵循取向結晶原理的話，那末可以得出結論：在某種意義上來說重結晶始終是不可能的。實際上，奧氏體轉變為鐵素體-碳化物的混合物和相反的轉變若非經過若干次，轉變產物的小晶體的取向與原相小晶體的取向將始終保持着聯繫，以及因而也將保持着最初的粗晶粒組織的痕跡。

雖然如此，但是已經指出過，結晶排列極有規則地實現的既定轉變的多次重複，將導致相互轉變的組織的結晶幾何學聯繫的逐漸破壞 [20]。這就有根據認為，為了糾正鋼的組織而採用的雙重熱處理與關於遵循取向結晶原理的可能性的假定之間並沒有什麼大的矛盾。

取向結晶的原理，或者有時還稱它為鋼在重結晶時取向對應和尺寸對應原理，至少在實驗室研究中已經一致地証實：不僅在鋼冷卻時（這已被証明），而且在鋼加熱時 [8] 也遵循着這一原理。

圖 9 上所列的是經過下列淬火程序（兩次淬火）之後的 IX15 號鋼（0.9% C, 1.5% Cr）的斷口。

1. 從 1250 在 250—300° 的熔鹽中第一次淬火，停置 4 小時，而後在空氣中冷卻（原始狀態）①。

- ① 採用溫度為 250—300° 的熔鹽中淬火的目的是，是減弱顯微裂紋形成的傾向，這種傾向能引起斷口形態的不希望的變樣。圖 10 上表示同一種鋼經同樣的處理後，而在油中淬火的組織，圖 10 証實，所得到的結果與所選擇的淬火方法無關。

207X700 950° 第二次淬火，停置 5 分鐘，而後在水中冷卻。

所有的試樣都在原始狀態下存在着很粗的奧氏體晶粒的情況下發生了中溫轉變。這樣轉變的結果，在每個晶粒範圍內得到有規則的組織，這種組織在結晶幾何學上與原始奧氏體晶体相聯系。實際上在每一個奧氏體晶粒內形成的相當於示意圖（圖 7, a）的組織，是由片狀（或者可能是針狀） α -相晶体以及其內部或之間的無數高度弥散的碳化物析出物所組成的。

已經指出過， α -晶体對原始奧氏體晶体有着規則的取向聯系，並且可以指出，這些取向符合於當時 Г. Б. 古爾久莫夫對奧氏體向馬氏體轉變所確定的 24 個可能取向 [4] 的全數或者其中的一部分。

穿過晶粒（以前的奧氏體晶粒）的斷口具有可作為特征的“葉狀”，這種斷口在其許多晶粒的斷面上的選擇閃光反映出各個奧氏體晶粒體積內的組織的內部規則性。

在第二次加熱到 700° 並隨之淬火以後，斷口幾乎保持不變，這並不奇怪。這樣的加熱沒有超過臨界點 A_1 ，也沒有引起相的重結晶。僅是顯微組織中碳化物微粒發生粗化，並且也可能， α 相解脫了在其中所溶解的、超過溶解度極限的一部分碳。

相反，從關於加熱時重結晶的一般概念（這個概念未考慮到保持取向對應）的觀點來看，從 800—950° 淬火後的斷口形態是完全出乎意外的。

在這些斷口上清楚地看到斷口與原始組織之間的聯系：各個區域按其尺寸明顯地相當於奧氏體的原始晶粒，但具有細晶粒結構；這些區域和單晶体中的塊束表面一樣地反光。由於這樣，造成了這樣的印象：沒有發生完全的重結晶，看來，晶粒也沒有發生所期待的細化^①。

① 可以推想到，當 ИХХ 15 號鋼被加熱到 800—850° 時，不是所有的過剩碳化物都溶解於奧氏體中。然而，即使加熱到 900—950° 之後也會得到與此完全相同的結果，不過這時顯微組織中僅剩下個別的點狀碳化物微粒。