

內容提要 本書分析了鍛造生產中用料、加熱和工藝等方面造成鍛件缺陷的原因，以及它們的防止和補救方法。可供三級以上自由鍛工人和模鍛工人作為學習材料。

編著者：李雅東

NO.1607

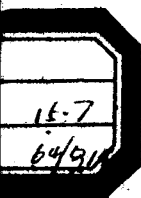
1957年11月第一版 1959年4月第一版第二次印刷
787×1092 1/32 字數 25 千字 印張 1³/₁₆ 3,501—30,000 冊
機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版
北京五三六工廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第008號

統一書號 T15033·730
定 價 (9) 0.13 元

鍛件的缺陷和 它的防止方法

李雅东編著



一 引言

在現代的機器製造業中，如汽車、拖拉機、機床製造、儀器製造、軍用品製造和各種日常用品等，都廣泛的應用着鍛造工藝。例如現代高速發動機中有高合金鋼的發動機曲軸、連杆等最重要的零件；高壓鍋爐中的零件；新式機車里的搖杆；汽車、拖拉機中的曲軸、連杆、閥門等；機械加工機床用的齒輪、偏心軸、錘杆等重要機件；以及日常用品中的刀、剪、鉤、斧頭、犁頭、馬具等，都是鍛造出來的。

為什麼那些重要零件要鍛造呢？那就是因為鍛造以後的金屬，結構上發生變化，我們就可以得到十分穩定的金屬纖維狀組織與更高的機械性能。如沖擊強度的增強，疲勞極限的提高等等，就是因為有這一系列優越的特點，所以我們就有意識的把重載荷條件下的零件拿來鍛造。

鍛造既可以提高零件的機械性能，換句話說，就是經過鍛造的零件，要比不經過鍛造的零件效果大；因此也就有可能減小該鍛造過的零件的尺寸，而減少機器的重量，這樣也就節省了大量的金屬。

模鍛工藝是尽可能的利用了金屬的塑性，所謂塑性就是指金屬在外力作用下使金屬改變形狀，而不破裂的性能；因此模鍛工藝就是進一步的借助於鍛壓工具，將金屬基元體積重新分配而造出各種各樣所要求的形狀。這種生產效率高、生產周期短的模鍛工藝，為切削加工用的坯料、採用專用卡具，以及合理的加工裕量都提供了條件。如某摩托車廠，有很多零件在過去都是應

用自由鍛鍛成的；在生产批量增大过程中，逐步的都采用的胎模鍛造方法，如齒輪箱中的全部齒輪、曲軸、連杆、固定架、前叉滑管、前叉左右滑管頭、閥門、拉杆螺絲等等，因采用了这种方法，就能提高零件質量，提高生产率，节省原材料，可以为切削加工創造了有利条件，这都說明了鍛造工艺以及进一步在大批、大量生产中，采用模鍛方法，將在祖國建設中起着非常巨大的作用。但是，还有一点也很重要，如果鍛件的缺陷不能及时的檢查出来，不能及时防止与消灭，那么生产效率越高，時間越短，金屬的毀坏也就会越多，而使生产受到損失。例如某厂生产連杆时，大批的連杆鍛坯經外觀檢驗后进行了机械加工，最后在热处理工序中發現近80%的連杆因在大头与杆連接處發生裂紋而報廢，被迫暂时停止該零件的生产，最后还是用磁力探伤办法，按工序逐一檢查，找出这种廢品發生的原因，使連杆生产問題得到解决；这就是很现实的实例与教訓。

本書任务就是帮助鍛造工人了解与研究鍛件缺陷的来源与防止的方法，以期生产优質鍛件，供应祖國的建設。

二 鍛件缺陷的另

鍛件制造的簡單經過，一般有以下五
加熱；3. 鍛造；4. 热处理（是指鍛坯的

但是較复杂或較大的鍛件，在鍛制的
鍛造的兩個过程中，反复地进行几次，一般叫作鍛几火，也就是燒几次鍛成的意思。

圖1表示斧頭的鍛造工艺过程。通过这一示例，可以使我們系統地了解一个鍛件是怎样鍛成的，從而我們才能科学的分析鍛件缺陷的来源。概括地說来，鍛件的缺陷不外有下面兩種情况：



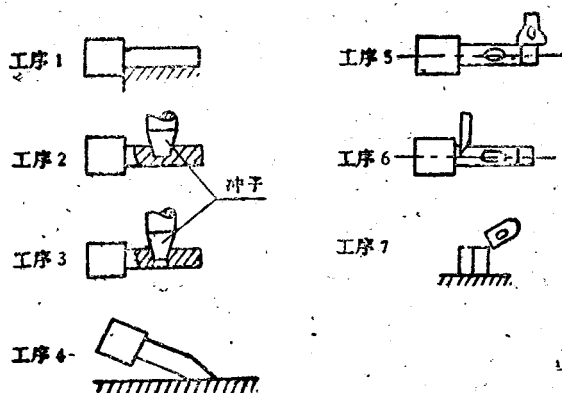
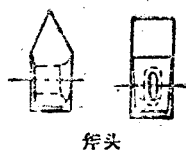


圖1 斧头鍛造工藝過程的示例。

1. 鍛件的缺陷,可能是在前一过程中,就造成了鍛件缺陷的內在因素而沒有消除,或在这一或下一过程中也沒有消除,使鍛件造成了缺陷;但也有可能在前一过程中,虽造成了鍛件的缺陷,但及时的在这一或下一过程中消除了鍛件的缺陷部分,因而結果仍能鍛成良好的鍛件,这意思就是說,鍛件缺陷形成的問題,前后各个工序不是孤立而是互相連系的,并且有的缺陷也是能够在下一工序得到消除和补偿的。例如,原材料上的裂紋沒有發現或沒有消除掉,在加热过程中由于内应力的集中,就会使裂紋愈加扩大,如能切除这裂紋部分,結果仍可鍛成好的鍛件,不然的話,繼續鍛造帶有裂紋的原材料,就必然造成鍛件的缺陷或廢品。

2. 鍛件的缺陷，也可能是在某一工序中，因技术或操作上有缺点而造成的。例如：在加热过程中，因不了解鋼材的鋼号，或加热规范，而將原材料「燒枯」，造成不可挽救的廢品。又如：在鍛粗的工艺过程中，因沒有掌握坯料的長度須等于或少于坯料直徑的2.5~3倍的規律，而把鍛件鍛成折皺弯曲。

因此我們要想鍛造優質的鍛件，就須要全面，有系統地知道各个鍛造过程中缺陷的形成原因及其防止方法，最后才有可能鍛出好的鍛件，本書就是根据这一原則，进行鍛件缺陷分类和分析的。

鍛件缺陷的分类及其現象：

1. 由于用料造成的缺陷：如裂紋、薄膜、夾層、折疊等；
2. 由于加热造成的缺陷：如燒枯、过燒、脫碳等；
3. 由于鍛造工艺不正确而造成的缺陷：如空心、凹陷、折皺、錯移、棱角不清等。

三 由于用料方面造成鍛件的缺陷， 和它的防止方法

用料是鍛件制造过程中的第一个过程。我們如不能查覺原材料方面的缺陷，及其防止方法，就要使鍛件造成廢品，那么下面一系列的劳动与原材料，就白白浪費了。所以愈是在前面的工序，愈应了解清楚。鍛件用料的来源一般分为兩类（在鍛造中一般最广泛应用的原材料是黑色金屬——鋼）：

1. 鋼錠：一般說是直接用来作为自由鍛造，鍛制大鍛件的原料。如大的曲軸等。

2. 鋼材：是間接的由鋼錠軋成鋼材，再用来进行鍛造的原料。如各种規格的圓鋼等。

因此鍛件在用料這一過程中，形成鍛件缺陷的原因，就可能是因為鋼錠有缺陷；也可能是由於鋼錠軋成鋼材的過程有缺陷才造成的。所以一個熟練且有豐富經驗的鍛造工人是要求他清楚的了解，鋼錠和鋼材各個部分適用性的程度，因而能把有缺陷的金屬去掉也就可防止了鍛件的缺陷與廢品；這一段中就要談到，鋼錠的缺陷與鋼材的缺陷，限於我國情況，目前各廠還少有直接採用鋼錠用來進行自由鍛造的，因此也就有可能使一部分讀者感到這段內容不夠親切和實用；在我國第一個五年計劃中，即深刻的體現出我國機械工業的飛速進展，重型機械的不斷需要供應，大型鍛壓車間相繼建立，大的鍛件也就不斷需要自制，因此決定仍把鋼錠的缺陷，部分的列入本書，供讀者研究。

1. 鋼錠的主要缺陷：有裂紋、收縮孔、縮空和縮松、截痕、凸起、皺溝、金屬澆鑄中斷、薄膜、氣泡、不溶解雜質的偏析、

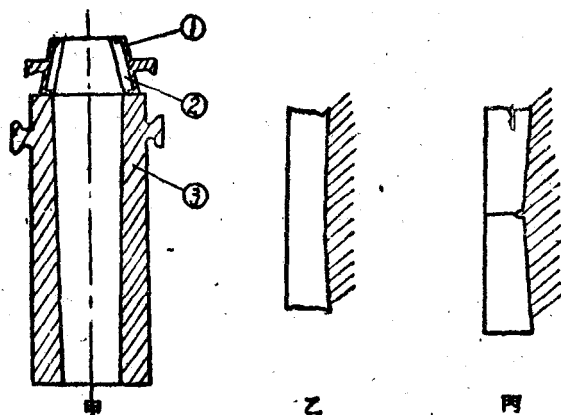


圖2 鋼錠模的橫剖面示意圖。甲—鋼錠模構造的橫剖面圖：①—上部的保溫帽，鉄的架框，②—上部保溫帽架框內耐火磚或耐火泥的襯里，③—鋼錠模本体；乙—說明鋼錠模內壁不平的示意圖；丙—說明鋼錠模與上部保溫帽銜接處遺留的間隙示意圖。

非金屬的雜質、形成白點的趨向等。

1) 裂紋：裂紋是鋼錠的最大缺陷，用肉眼觀察外部就能發現。由於形成裂紋條件的情況不同，而產生裂紋也就不一樣，一般分為兩種：橫向裂紋和縱向裂紋。

橫向裂紋——這是由於鋼錠模不平，或者是金屬流入鋼錠模和它上部保溫帽的間隙中去，結果鋼錠就懸掛在所形成的飛刺上，因為鋼錠它本身沒有辦法進行自由的縱向收縮，而造成了橫向裂紋。圖2表示鋼錠模的橫剖面示意圖，用來說明鋼錠造成橫向裂紋的原因。

這種裂紋的鋼錠，在鍛造時就會引起橫裂。其防止方法：在鍛造前，必須把橫裂紋除去：冷鋼錠可以用切割方法，或清除的方法除去；熱鋼錠可用熱切割的方法除去。如果不可能使用熱切割方法的時候，就只好在有缺陷的地方留出更多的機械加工裕量，以便在機械加工時去掉裂紋。

縱向裂紋——這種缺陷主要是產生在鋼錠下部的棱角上，這種裂紋產生的原因，是由於鋼錠在冷卻的過程中，表面冷卻的快、表面面積急劇的減小，鋼錠結構不好，以及鋼錠冷卻不均勻而產生的。它影響鍛件的質量與其防止的方法等，與上述的橫向裂紋相同，不再重複了。

但是靠近鋼錠下部三分之一的地方，有很深的縱向裂紋時，則是由於柱狀結晶間聯系不好的緣故，因為它是鋼錠內部組織的缺陷，所以在鍛造時是沒法去掉的，用切割的方法也是不會去掉的。

2) 收縮孔：因為金屬澆鑄以後，是要冷卻凝固的，所以鋼錠中的收縮孔是不可避免的，見圖3。但是可以想辦法使用上部保溫帽，把收縮孔的不好部分集中在鋼錠的上部，因此在鍛造過程中，也便於集中的切除有收縮孔的不好部分；在很多情況下，

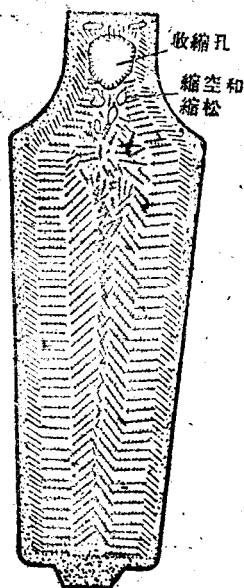


圖3 鎮靜鋼鋼錠的構造。

去掉的金屬重量約為錠料重量的14~25%，合金鋼則須增加至35%，如不用保溫帽的鋼錠，上部去掉的料頭，有時要多至35~40%，如果切除的不夠時，將造成鍛件的廢品，或降低鍛件的機械性能如抗張強度、伸縮率等。

3) 縮空與縮松：這種缺陷一般與收縮孔一樣，見圖3，在切除收縮孔的同時，也就去掉了縮空與縮松。

4) 截痕與凸起：在澆鑄鋼錠時，如果鋼水供應不足，就不能一次鑄成，而發生澆鑄中斷現象，這麼一來在鋼錠的表面上，就形成橫向截痕，如同一個腰帶一樣。其他截痕形成的原因也可能是由於鋼錠模壁上的裂紋所造成的。凸起的發生，多半是在有凹陷

的鋼錠模中，帶有截痕與凸起的鋼錠，在鍛造時：特別是在輾壓時，要造成折皺，有時造成裂紋。其防止的方法：也是在鍛造前予以切除。

5) 皺溝：澆鑄鋼錠時，在鋼錠的表皮上出現皺溝，這個皺溝會造成皮下氣泡，在鍛造前這個皮下氣泡也要予以切除。

6) 金屬澆鑄中斷：澆鑄鋼錠時，由於鋼水的不足，或鋼水包不好用，會發生長時間的中斷，當再補充其餘鋼水時，在其接續間將夾上一層氧化鐵皮，這樣就破壞了金屬的連續性，鍛造時就將引起開裂現象，分為二段。

7) 薄膜 (斑点): 澆鑄鋼錠方法之一, 就是「上鑄法」, 它使鋼錠模底部受到鋼水的冲击, 因而鋼水濺射而形成被氧化的薄層与金屬主体分开的薄膜。一般濺沫是集中在鋼錠的下部, 在鍛造时就要形成很明显的与主要金屬相分开的一層, 見圖 4。

8) 气泡: 熔鋼时含有大量的气体, 溫度愈高則其吸收气体



圖 4. 由金屬濺沫來所形成的鋼錠表面。

的量也就愈多；当鑄鋼鋼錠凝固时，就有部分气体被留在金屬里，而形成表面下的气泡；在鋼錠緊密的表皮下面，深度不小于15公厘的气泡是没有危险的。假如在鍛造开始时予以小的挤压，則气泡能够熔合起来，可以不致形成鍛件的缺陷；跑到表面上来的气泡，在鍛造时能够發生裂紋，因此要予以切除。

9) 不溶解雜質的偏析：在这方麵我們就須知道一些有关[結晶]方麵的問題。由熔融的鋼水，澆鑄在鋼錠模內，凝固成为固体鋼錠的过程，就好像是在鍋里煮鹽水一样，由于鹽水溶液的蒸發，溶液的濃度就会逐漸趋向于飽和状态，而由蒸發最劇烈的地方就有了結晶現象；开始时是極小的，有規律的一些結晶核心，緊跟着就在这些結晶核心的垂直方向增長着所謂柱狀的晶体，最后現出樹枝狀的晶体，見圖3。鋼錠的形成与上述食鹽結晶过程是一样的，因在鋼水中含有各种不純的物質，当凝固时，成分純的最先凝固，不純物質最后向母綫集中凝固，这些最后凝固的就是偏析物，有磷、硫等，在高合金鋼中有叫作碳化物的偏析，就是局部有很多碳化物聚集着。这些缺陷將降低金屬的塑性，或者鍛造时容易产生裂紋，这类偏析物一般多集中在縮松的附近，在鍛造时应切除。

10) 非金屬的雜質（砂子、溶渣、雜物等）：由于爐子，鋼水包等的耐火材料的襯壁經常受冲刷，溶渣及化学反应所形成的雜物，爐料中的氧化物，鋼的还原产物，硫化物及磷化物等留在鋼里，它們都能降低鋼的机械性質。

11) 白点：白点是合金鋼中常碰到的突出的缺陷，它隱藏在鋼錠內部，只能从金屬的断面上可以找到，它影响到鋼的塑性的降低及应力集中，而使鍛件容易疲劳、破坏。

鋼材是一般中小型鍛压車間常使用的原材料，是由鋼錠经过

軋鋼機輾壓而成的產品，它的形狀很多，有圓形、方形，以及常用的各種型鋼。

在輾壓的過程中，鋼錠缺陷的形狀也發生了改變，例如鋼錠表面的缺陷沿着輾壓的方向拉長了，同時隨着一道、二道或三道的多次輾壓過程也就越將缺陷拉長了。還有鋼錠內部缺陷的形狀也發生了變化：如內部的气泡在輾壓後消失了；另外一種現象，就是出現了白點。

2. 鋼材的主要缺陷：有裂紋、髮裂、薄膜、折疊、刮傷、非金屬雜質、白點及錯用一定化學成分的鋼材所造成鍛件廢品等。下面就一個一個的說明。

1) 裂紋：鋼材上的裂紋（圖5）是由鋼錠上遺留下來的，或是在鋼材生產過程中以及冷卻過程中所形成的。



圖5 在錐料上
深0.2~0.5公
厘的裂紋。

2) 髮裂：髮裂是由于鋼錠的皮下气泡被輾壓拉長的，見圖6。它的深度約0.5~1.5公厘非常纖細的髮狀裂紋。這種髮裂在鍛造前必須切除或者磨去。高碳或高合金鋼材的髮裂問題更為危險，因為在加熱時，溫度的急劇改變，就促使髮裂向深處擴張而形成裂紋。



圖6 纖細髮狀深0.5
~1.5公厘的髮裂。

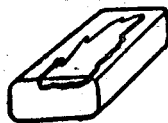


圖7 厚度小於1.5
公厘的薄膜。

3) 薄膜：薄膜是凝結在錠料表面上的鋼水濺沫，輾壓過程中壓成了與表面剝離的薄層，見圖7。在鍛造前應徹底清除，否則將引起鍛件凹陷不平或夾層的危險。

4) 折疊：折疊也就是夾層。它是在形狀不正確的型軋

中輾壓或在不正确的工作方法下所形成的。它被紧压在金屬的伤痕里，只有在橫斷时才能显露出来，見圖8。



圖8 有折疊缺陷的棍料。

5) 刮伤：刮伤是一种深度为0.2~0.5公厘小的，敞露的，可看到底的划痕，它是由于輾压时輥輾上的擦伤或飞边造成的，在鍛造中將引起鍛件的凹陷和夾層的缺陷，因此鍛造前必須予以清除。

6) 白点：这是一种鋼材內部的缺陷，当輾压帶有白点的鋼錠，或輾压后金屬冷却的不正确时，就产生白点，見圖9。帶有这种缺陷的鋼材，用来鍛成的鍛件，在热处理时，要發生龟裂，有时甚至成塊的掉下来。

7) 非金屬雜質：因为在鋼錠上就帶有非金屬雜質不純的部分，因此經輾压后制成的鋼材，也就帶有这种缺陷；有聚集着非金屬雜質的鋼材，在鍛造时容易造成裂紋和髮裂的缺陷，見圖10。

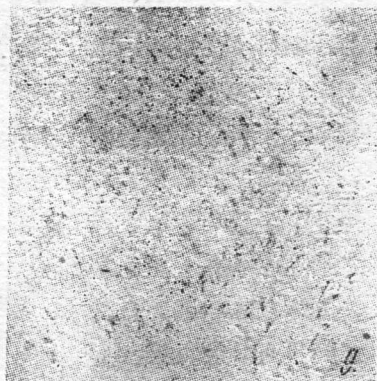


圖9 白点。

8) 鋼材牌號或鋼材化学成分錯誤的后果：如果金屬材



圖10 夾雜有非金屬雜質的鋼材，在鍛造時產生的裂紋。

料庫，或鍛造車間管理的不好，把鋼材或毛坯弄乱了；或者工人鍛廢了零件，怕負責任，自己隨意找一塊代用的材料等等，都容易使化学成分不準確或造成廢品。例如：在热处理車間淬火达不到硬度，或淬裂而報廢等；又如鍛造時溫度有錯誤，会使質量低劣或造成廢品等。这

些問題都是由于管理不好才發生的。

四 由于不正确的加热规范和冷却方法 造成鍛件的缺陷和它的防止方法

为什么在鍛造前必須加热呢？就是通过金屬的加热，降低了鍛造时变形的阻力，增加了金屬的可鍛性，換句話說：也就是容易鍛了。同时更重要的是：由于金屬的加热，并在合适的鍛造溫度範圍內加工后，因而改变了金屬內部的組織；使晶粒变細了，結構均勻了，因此增加了鍛件的机械性能，提高了鍛件質量，所以說控制鍛造时金屬加热的溫度，是提高鍛件質量的重要因素。

另一方面，就是鍛件缺陷的形成，和廢品的产生，也正同加热规范選擇得不正确，和鍛件冷却方法的不妥当有关。

1 由于鍛造溫度掌握得不正确，而造成的缺陷 鍛造溫度，就是鍛造的溫度範圍，实际上就是从一個較高的溫度降到一個較低的溫度範圍內，开始鍛打到結束鍛造。

鋼料在爐中加热到一定溫度时，就拿出来开始鍛打，这时的溫度叫始鍛溫度，也就是出爐的溫度，鍛造到适当的溫度时即結束鍛造，这时的溫度叫終鍛溫度。正确的選擇鍛造的溫度範圍，就可縮短工艺循环時間，因而在提高劳动生产率与提高鍛件質量上，有着很大的意义。

1) 始鍛溫度：就是鋼料加热到一定溫度，由爐中取出，开始鍛造的溫度。当然金屬加热的溫度愈高，金屬的可鍛性也就愈高，从而提高生产率；但無限制的提高始鍛溫度，就必然会使金屬燒枯。金屬燒枯的过程，是在金屬加热时，爐內的溫度很高，爐气中的氧或任一种其他的氧化气体，滲透到金屬各顆粒間的空隙中。

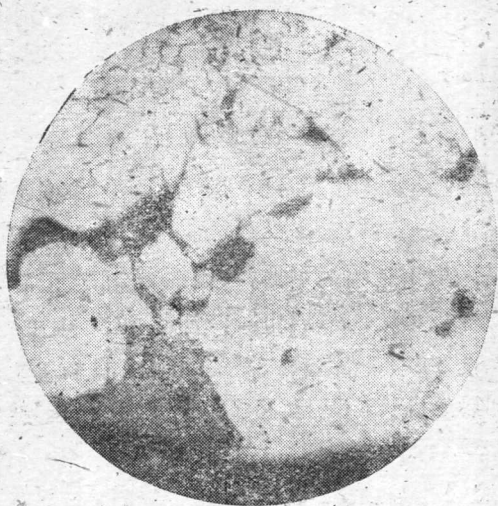


圖11 燒枯了的鋼料(放大100倍)。

去，并且將鐵、碳、硫等化学元素氧化，而破坏了它們各晶粒間的联系（圖11），大大的降低了金屬的強度。因此燒枯了的金屬在第一次錘下打击时，就像打豆腐渣一样的容易打得粉碎（見圖12），在它的断面上表現出的特点：就是豆腐渣似的粗大的顆粒，好像沒有一



圖12 為12→鋼料燒枯后一錘即打碎的情形。

点力量联在一起似的；同时在它表面上表现出浅灰蓝色被氧化了的样子。高合金钢在高温下，是非常容易烧枯的，由于烧枯现象是锻件不可改正的废品，所以始锻温度，就应低于金属的烧枯温度，这是应该特别注意的。在实际工作中，为了防止金属的烧枯，加热的温度至少要低于该金属熔化温度以下 100°C ，为了达到这点要求，大致规定：低碳钢加热，不应超过 1300°C ，高碳钢（含碳 $1.0\sim 1.2\%$ ）不超过 1100°C ，各种钢料和合金，都有用试验方法拟定出的锻造温度范围，供实际工作中利用（表1）。表1是根据 Н. И. 柯尔聶夫等及其他苏联工厂的实际资料。

在实际中，始锻温度不仅是受烧枯温度的限制，并且还要受过热温度的限制；过热虽然是不直接地影响锻造过程，与增加锻造的困难，但过热钢料的晶粒呈过分的长大因此它的机械性能，特别是冲击性降低的很多。如果条件允许的话，这种缺陷是可以利用正火的热处理方法来消除的（见图13~16）。只是有某些牌号的钢，过热时有顽固的性能，不能用正火或退火来消除，如铬镍钢，因此这种缺陷即无法补救，而成为质量低劣的锻件了。

钢料过热的原因，就是钢料在加热过程中，超过了一定的温度，因而引起了金属颗粒急快的变大（见图13）；同时在过热现象下进行锻造，金属的颗粒长得越大，冷却后金属中的颗粒也越大，因此它降低了钢料的机械性能（见图14）。

由以上二点的分析，我们知道钢料的正确的始锻温度，是既不能超过烧枯温度，也不能高过过热温度的。

2) 终锻温度：就是锻造过程中，到适当的温度时，终止锻造的温度。锻件质量的好坏，在很大的程度上，是由终锻温度决定的。因为在相当高的温度下即停止锻造时，金属的颗粒还是相当大的尺寸，而质量低劣（见图17、18.）。又如在过低的温度下，



圖13 鋼料典型的过热結構（放大100倍）。



圖14 过热的鋼料在正常的終鍛溫度（800~850°C）下，鍛造以后的結構（放大100倍）。

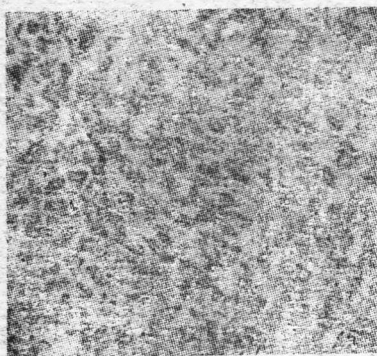


圖15 过热的鋼料經正火处理以后的結構（放大100倍）。

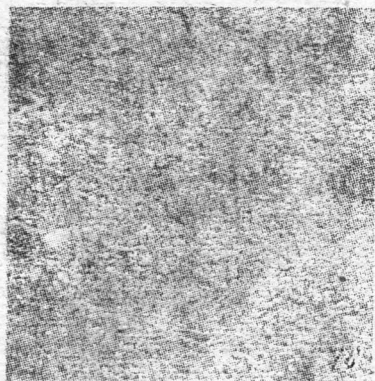


圖16 过热的鋼料經調質处理后的結構（放大100倍）。

結束鍛造，則由于鍛件的硬化現象可使鍛件产生裂紋。因此为了鍛制高質量的鍛件，就必須严格地注意和保証終鍛溫度的下極限值（見表1）。

如果一个鍛件的整個鍛造工序所需的時間不長，因而金屬还