

鍛造和鑄鍛工藝及其過程的機械化

技術科学碩士 Л.И. 日伏夫編

1955年

緒 言

「鍛造和鑄鍛工藝及其過程的機械化」這門課的名稱所包括的兩個字，它就足夠地確定了這門課的內容。

第一個字，這就是「工藝」，它由兩個希臘字而來：「техн」(technē)，意思是「技藝」、「技能」；「логія」(logos)，意思是「學問」。在現代語言中，「工藝」就意味着關於進行生產過程的方法及其工具方面知識之總和。

另一個字「機械化」，也是由希臘字「механ」(mēchanē)而來，意思是「工具」。因而「機械化」這個字的廣泛意義就表示用機器或更簡單的機構來代替人們的體力。

「鍛造和鑄鍛工藝及其過程的機械化」這門科學的課程是研究用無型鍛和熱鑄鍛的方法來生產機器零件毛坯，日用品等的一般基礎。

鍛造和鑄鍛是鍛壓生產中的典型過程。

大家都知道，鍛造及鑄鍛是基於利用金屬在受到外力作用下不可逆地改變自己的外形而不破壞的能力。

金屬這種可貴的性質——塑性，它在現代金屬加工工業中廣泛地用來使毛坯或成品零件成形。

鍛造和鑄鍛的本質是：藉助於壓擠工具將金屬基元體積重新分佈而給予原來金屬毛坯所要求的新的形狀。

鍛造是藉助於由一對抵鐵所組成的工具，以錘子的連續打擊或壓力機的壓擠輪換地或單獨地運用一定的作為改變金屬形狀之鍛造工序及鍛造方法來進行的。

鑄鍛時金屬變形是藉助於專門的工具——鑄子，它的形狀完全決定於鑄鍛零件的形狀。根據鑄鍛原材料的形式、鑄子結構型式的一致性及工藝方式上的相似性，鑄鍛分為體積熱鑄鍛和軋的熱壓。

鍛造和鑄鍛與切削加工是完全相反的，切削加工時是將金屬的一部分變成切屑而得到所需的形狀的。

用帶有切屑的切削加工方法，把它作為獨一的過程，即從原材料起就利用粗加工、細加工、精加工的工序來製造零件，這是不能認為合理的。

這是由於切削過程的本質所引起的，即在此時，成形是不可避免要獲得廢料的結果。

同時，切削加工是為獲得準確尺寸及高度光潔表面唯一的和最好的方法。

因而，這種方法是在下列情況下才是先進的工藝，就是假如不採用粗加工工序，而僅僅採用帶有最少量切屑的細加工和精加工工序時。

鍛造和鑄鍛今天在機械製造、儀器製造的工藝中，彈藥生產及其他軍用品，各種各樣人民消費品的生產中起着巨大的作用。

例如，現代的飛機按其重量有着 85% 以上鍛造或鑄壓零件。人們有時把高馬力多

發動機的飛機比喻為「飛着的鍛件」。在飛機的鍛造或鑄壓另件中我們看到有高合金鋼的航空發動機曲軸及輕合金的航空發動機另件，噴氣式發動機的噴嘴及葉片等等在汽車裏有達 80% 的鍛造和鑄壓另件，坦克裡達 70%。

新式的機車中這樣的另件達 60%，其中有：重達 300 公斤的鑄鍛搖桿、活塞、月牙板、重達 1000 公斤的鍛造軸及很多其他另件。

機器、加工機床的很多重要另件是祇有用鍛造，鑄壓的方法才能製造出來的，例如：錘桿、曲柄壓床的曲軸、偏心軸及其他。

常常還生產那些極大極重稀有的鍛件，例如：對於一個發電站的柴油機動力就需要製造淨重為 122 噸鍛造曲軸！此外，大家都知道還有加工 350 噸鍛件的！

鍛造和鑄壓工藝過程的最重要的特點，也就是這樣廣泛地應用這種金屬加工方法的原因是在於：

1. 高度的勞動生產率，因為工作週期短。
2. 節約金屬的消耗。
3. 由鍛造成鑄鍛毛坯製造出來另件性質的一致性。
4. 最大限度地利用金屬機械性質的可能性。

曲軸的製造是可以作為例證的，在金屬切削機床上由棒料毛坯製造重 17 公斤的曲軸時，切屑消耗為軸淨重的 185%，也就是說，每一個成品上丟了 30 公斤以上的鋼。而改為鑄鍛時，損耗就減少至 5 公斤，加工時間縮短到 $\frac{1}{6}$ 。

運用先進的鍛造及鑄壓方法有着特別的成效。

例如在卡崗諾維奇軸承工廠的鍛造車間，運用了擴展軸承環圈的方法以代替在水平鍛造機上鑄鍛，因而在 1953—54 年內節約了 160 車廂貴重的軸承鋼，而過去這是變為切屑的。

以前從鍛壓車間運到機械車間去的毛坯帶有很大的裕量，鑄工對環圈最後加工時要把一部分金屬變為切屑。現在應用了擴展方法後，毛坯只帶有最少的裕量，它具有接近於成品的形狀。這樣不僅節約了高質量的鋼，並且簡化了零件的機械加工。

鍛造和鑄鍛過程的重要優點是在於所獲另件性質一致的可能性。節約金屬、生產率高，這對其他製造另件的方法來說也是具有的，例如鑄工。但是鑄件由於一系列主觀上的因素（收縮孔、疏鬆、堵塞、砂皮、冷金屬等），在一組鑄件中性質是不一致的。如果為了消滅這些因素而採取專門的措施，則由於製造鑄件的成本急劇提高，這種方法是不經濟的。而在一般條件下進行鍛造、鑄鍛就能保證另件性質的一致性，不需要特別的措施。

有意識地進行鍛造及鑄鍛工藝過程能夠儘量地利用金屬的機械性質。估計到鍛造時結構上所發生的變化，在變形時，我們使最好的機械指標出現在所要求的方向上。

上面所指出的鍛造和鑄鍛的優點就是那些在重載荷條件下工作的機器另件（例如發動機曲軸，高壓鍋爐罐及許多其他另件），都用鍛造及鑄鍛製造的原因。

同時要注意這樣的事實，鍛造和鑄鍛另件機械性質的提高就有可能大大減少機器重量，以此而節省了對國家非常需要的金屬。

講這門課以前，來看一下鍛造和鑄鍛工藝發展的簡要歷史概述，它怎樣形成為一門科學的課程。

鍛壓手藝經過了很多世紀的發展道路。

用青銅、鐵所做的各種物品證明了蘇聯的各族人民離現在四千年以前就運用了鍛壓加工。

在古老的俄國，手藝的發展大約從第四世紀開始的。由考古學家所發現的古老的俄國每一個居住地方，除去鍛壓手工藝品以外，還有鍛壓生產的損壞了的殘餘工具，像鍛造爐、砧子、錘子、鉗子及很多其他工具。

在十三世紀末俄國的鍛造手藝已達到很高的水平，關於這方面為很多考古的及文獻的記錄所證明。

從鋼、鐵製成品名稱就說明了鍛壓手藝的廣泛應用。

這裏包括有：

- (1) 農業及其副業的勞動工具——犁頭、鋤、鐮刀、羊毛剪、剪刀、魚鈎、斧等。
- (2) 手工業工具——鍛工用大錘、小錘、鑿子、銼刀、鑽頭、鋸等。
- (3) 武器、馬具、乘馬的裝備品——刀劍、軍刀、槍、盔、環甲、箭頭、馬蹄鐵、刺馬針等。
- (4) 衣物裝飾用品。

韃靼的侵略使俄國的技術受到了破壞，暫時使鐵器生產的發展受到了阻滯。在趕走了韃靼以後，鐵器製造業又恢復了。

鍛造的優點變得越來越加明顯，所以俄國的鍛壓生產對當時說獲得了很大的發展。在當時（十七世紀）最大的工廠裏：舊土拉斯基工廠，謝斯特拉列斯基工廠，印日夫斯基工廠等曾有巨大的鍛工場。

在彼得第一時，俄國的鍛造手藝得到很大的提高，根據彼得的命令，建立了一系列新的工廠，其中就包括新土拉斯基工廠（1712 年）。

在這個時期，無型鍛造的金屬加工方法達到了很大的發展，但是因為所獲得的鍛件是粗糙的，還需要很多的手加工；很多另件，特別是武器上的另件沒有互換性。這個問題是祇有在採用了鑄鍛以後才被解決。

冷衝壓在很早以前就有了，例如製造銅幣、銀幣、金幣和一部分鐵加工。

不僅在俄國，而且在世界技術史上第一個在工業設備上運用鐵的鑄鍛過程的是新土拉斯基工廠的技師 В. А. Пастухов，他約在 1800 年在螺旋壓力機上用鑄鍛的方法來鍛鐵。1819 年在這個工廠已經用單鑄槽在錘上鑄鍛武器上一些鐵的另件。雖然鑄子結構做得不好，但基本上，鑄鍛的過程與現在單動錘上單鑄槽鑄鍛相似。

當時的錘子是用繩子帶動的落下錘，這種錘在鍛工場有 4 個。毛坯準備是在兩個鍛

造爐上手工進行的。清除毛邊是用螺旋壓力機，所有的鑄鍛設備是單獨地放在每間場房裏。

應該指出，當時已經採用了這些過程，如用輓鍛機輓鍛刺刀和軍刀（謝斯特拉烈斯基工廠）精壓及校正（很多武器工廠）。

第一批剪床和衝孔壓床也是這個時期出現的。

因而在十九世紀初，鍛造及鑄壓工藝有着很大的發展，然而特別是當鐵路、輪船交通發達以後，即在十九世紀末，發展得更為迅速。

鐵路增加就要求很多的鐵軌，而機車製造、車廂製造、造船業等都需要牢固的，重型的鍛件。工業對於所有這些要求都滿足了。

這裏要特別指出蒸汽錘和水壓鍛造機的出現，這兩種機器在冶金及金屬加工工業中開闢了新紀元。

輓壓生產的發展對鍛造工藝的性質起了很大的影響。如果過去鍛造棒料是在錘下進行的話，那麼今天就在軋鋼機上得到棒料了。將輓壓過的金屬或鋼錠變形而給予另件所需的外形，這已成為鍛造的主要任務。

不能不指出製砲業對於鍛造發展所起的影響，當時很重的鋼錠就是在製砲工廠裏生產，那裏有着最巨大的機器來加工。

爲了所獲得的鍛件具有很好質量，這種必要性就迫使學者們去探討鍛造工藝的科學基礎。

大家都知道，在這個事業中，俄國的學者 Д. К. 切爾諾夫 (Чернов) (1839-1921) 有着獨特的功績。1868 年他在軍火工廠工作時，研究了砲筒的鍛造而發現了：將鋼加熱高於一定溫度時，在固體鋼中有着內部的改變。他證明了，按照自己的意圖來改變鋼的結構和性質時就能夠控制這些改變。在分析鍛造力規範的方面切爾諾夫的研究也具有很大的價值。

因而，在切爾諾夫的著作中給出了擬定鍛造熱力學規範的指示，這是技術史上第一次。

就在這個時期，開始了生產經驗的系統化和確立了擬定鍛造工藝的一些初步原理（選擇鍛造的工序及工步、選用工具、鍛造前加熱、選擇設備等）。

A. В. Гадолин 院士 (1828—1892) 他編了世界上第一本系統的教程「金屬機械工學」(Механическая технология металлов) 和「製砲工藝學」，其中描述了鍛造、鑄造等工藝。

在 И. А. Тиме (1836-1896) 教授著作中對鍛造工藝問題給予了很大的注意。

以後，這本教程被 А. И. Гавриленко 教授 (1861-1914) 的著作所補充了，其中特別應當提出三卷來：「鑄工」、「鍛工」、「金屬機械工學」。

但是由於沙皇政府的保守主義，對外國資本的崇拜，所以對整個俄國工業，包括鍛壓工業的發展受到了阻滯。

只有隨着蘇維埃政權的建立，國家工業化，鍛壓生產的巨大發展才成為可能。

在幾個五年計劃中，鍛壓生產已成為機械製造業及金屬加工工業其他各部門中主要的一種。在烏拉爾機器製造廠，新加拉馬多勞斯工廠等處出現了頭等的無型鍛造車間。由於汽車、拖拉機、農業機器等大量生產的發展，在斯大林汽車工廠，阿羅得讓里刻伊拖拉機工廠、羅特夫斯基農業機器廠、十月革命機車製造工廠等處建立了典型的鑄壓車間。

鍛壓設備的總和與革命前時期比較已增加到 20 倍！同時鍛壓機械製造本身也發展了。假如在十月社會主義革命前夕全部機器只有 30% 是國產品的話，則現在絕大多數的鍛壓設備都是蘇聯工廠的出品。

近年來鍛造、鑄鍛生產的物質技術基礎大大地擴展了。在機械製造及金屬加工工廠，鍛造及鑄壓極有成效的工藝過程獲得了廣泛的應用，這些工藝過程保證了提高勞動生產率，改善成品質量和降低成品成本。

蘇聯第五個五年計劃的指示中規定了鍛壓設備生產的巨大速度，其中重型鍛壓機器產量應該增加到 8 倍！

從另一方面看，在蘇聯的工業面前擺着這樣一個任務，這就是用改善和運用先進的工藝過程來提高現有企業的能力。

需要永遠記住：用改善工藝的方法是增加產量，提高產品質量最正確和最便宜的辦法。

應用到機械製造上來說，這就是普遍地應用鑄鍛。

但是從上面所說的不能認為無型鍛的作用在減小了。隨着機器功率的增加，重量也就增加，因而所需要的鍛件重量也就增加，而這些鍛件目前唯一地只可能用無型鍛造的方法製造。

另一方面，應該看到鑄鍛所需的工具——鑄子——價錢貴，它是狹窄專用的，只能用來製造同樣完全已確定的形狀之鍛件，所以在單個及小批生產中，應用無型鍛是更有利的。但是在這方面——即減少鑄鍛時鍛件數目而仍然有利的方面，近年來獲得了很大的成就，現在 200—300 個鍛件採用鑄鍛就已經合適了。

鑄鍛生產的總的趨向是儘量地使毛坯形狀接近於成品另件的形狀。

蘇聯企業的現代化鑄鍛車間所生產的大量另件是不需要進一步機械加工而直接送去裝配。這樣就來解決機械製造工藝中最重要的任務：將鑄鍛車間從製坯車間改變為生產最後一步加工程序的另件之車間。

鍛壓加工中所運用的新的方法，如：曲柄鑄鍛壓床上鑄鍛，冷精壓和熱精壓、用週期性形狀鋼材鑄鍛，鑄鍛前的電加熱及其他的方法將在更大的程度上來提高鑄鍛生產的意義。

現在對於進一步提高勞動生產率，提高有利性，提高生產水平及減輕勞動的要求提出了運用工藝過程的機械化和自動化的複雜任務。

解決這些任務可以運用單軌，輸送機、鍛件操縱器、旋轉台、帶升降台的電動小車等。

需要廣泛地使用壓縮空氣及電動升降機；而在大型車間裏運用輸送機和輸送帶來運送毛坯、成品及廢料。

應該廣泛地使用『小型機械化』的工具：各種槽、旋轉台、特別是板狀輸送帶。

運用各種機械化工具時，可以把鑄鍛，鍛造，熱處理及其他設備聯結在自動流水綫裏，這樣就可以使整個生產循環在一個連續流水綫中。

在發展鍛造及鑄鍛工藝的科學基礎的事業中，蘇聯的學者和工程師有着很大的功績。

在這方面：С. И. Губкин, Н. И. Корнеев, В. И. Залесский, К. Ф. Грачев, К. Ф. Неймайер, М. В. Сторожев, Е. П. Унксов, А. В. Ребельский, А. Н. Брюханов, В. П. Черниченко, М. Г. Златкин 及許多其他人做了很多工作。

現在進行着所有與擬定工藝過程有關的主要問題的研究，同時在總結各工廠的先進經驗及生產革新者的成就。

機械製造及金屬加工業的蓬勃發展，工程技術幹部的增加，蘇聯的幫助，這些就是中華人民共和國的鍛壓生產在最近時期就要達到空前的高度水平的保證。

關於『鍛造和鑄鍛工藝及其過程的機械化』這門課的任務和內容。

這門課是在整個培養鍛壓工程師中主要的專業課之一。

課的任務可歸納為下列幾點：

1. 當給出機械物理性質時，了解獲得所需形狀鍛件的現代的方法。
2. 研究設計無型鍛和鑄鍛工藝過程的方法。
3. 研究設計鍛造和鑄鍛所用工具的方法。
4. 了解無型鍛和鑄鍛工藝過程機械化的方法及工作地點的組織方法。

在『鍛造和鑄鍛工藝及其過程的機械化』課程中，除了講解本身的工藝的材料以外，要應用到很多其他課程的原理，如『金屬工學』、『金相』、『公差及技術測量』、『金屬壓力加工原理』。

根據所提出的任務，這門課共包括五篇。

在第一篇裏講解供鍛造和鑄鍛用的毛坯生產之一般問題，研究選擇金屬種類問題，黑色、有色金屬的特性。特別要注意鋼錠的構造、鋼錠及鋼材的缺陷和消滅它們的方法。準備供鍛造及鑄壓用的軋壓金屬問題。

在第二篇裏講解與擬定鍛造和鑄鍛的熱規範和熱力學規範有關的問題，研究鍛造及鑄鍛對金屬的結構與性質的影響。

第三篇是研究無型鍛工藝問題，給出主要鍛造工序詳盡的特點，分析一些無型鍛造典型過程的例子。

在第四篇中，研究在各種型式的鍛壓機器上的鑄鍛工藝：錘、曲柄鑄鍛壓力機、水平鍛造機、水壓機及其他更專門的鍛壓機器。

在這篇中要分析清理鍛件及檢查鍛件質量問題。研究有色金屬鍛造及鑄壓的特點。

在第五篇中講解關於鍛造和鑄鍛工藝過程機械化的基本知識。這裏要研究工作地點的組織問題，簡短地談一下技術保安方面的知識。

學習這門課所推薦的參考書：

主要參考書

- 1) 「機械製造百科全書」第六卷第二章
- 2) Златкин М. Г. 和 — „Технологияковки под гидравлическими прессами“ Машгиз 1947年(水壓機鍛造) „Технологические процессыковки крупных поковок“ Машгиз 1950年
(大鍛件的鍛造工藝過程)
- 3) Брюханов А. Н. 和 — „Горячаяштамповка. Конструирование и расчет штампов“ Машгиз 1952年
(鑄鍛、鑄子的設計與計算)

補充參考書

- 1) Соколов И. Г. — „Ковка и штамповка деталей подвижного состава“ Трансжелдориздат 1948年
(行走部分零件的鍛造及鑄壓)
- 2) Гинзбург К. С. — „Горячаяштамповка черных металлов“ Машгиз 1949年(黑色金屬鑄鍛)
- 3) Охрименко Я. М. — „Технология горячейштамповки стали“ Машгиз 1949年(鋼的鑄鍛工藝)
- 4) Губкин С. И. — „Ковка и штамповка цветных металлов и их сплавов“ Металлуриздат 1940年
(有色金屬及其合金的鍛造和鑄壓)(這是次要補充參考書)

第一篇

鍛造和鑄鍛的原材料

§ 1. 引言

黑色的及有色的可變形金屬，能够有很大塑性變形的都可作為鍛造及鑄鍛的原材料。

但是在選擇材料時，必須根據一系列的情況，例如

- a) 機械強度（所有各種機器、儀器製造）
- б) 重量（航空業）
- в) 抗氧化性及耐熱性（蒸汽透平等）
- г) 耐酸性（化學儀器等）及其他。

正確的選擇材料將在很大的程度上決定着產品的質量。

§ 2. 鍛造和鑄鍛的主要原材料——鋼

在鍛壓車間裏，主要是加工鋼料。

根據不同的用途採用下列種類的鋼：

- 1) 結構鋼——用來製造機器上的另件。
- 2) 工具鋼——用來製造刀具、量具鑄壓及其他工具。
- 3) 具有某一種特殊性質的鋼。例如耐酸性、耐熱性等。

鋼的性質及其化學成分按照全蘇通用的標準決定——ГОСТ（國家標準）及 OCT（全蘇標準）或按照生產的條件，由本部門或工廠自己規定了有某種特殊要求的技術條件。

結構鋼按其化學成分分為：

- a) 當錳的含量一定時，含炭由 0.05% 至 0.75% 的炭素結構鋼。
- б) 含炭由 0.10% 至 0.50%，含合金元素由 1% 至 8% 的合金結構鋼。

對結構鋼的基本要求是強度與韌性很好的結合：

炭素結構鋼本身包括：

- 1) 普通炭素結構鋼 (ГОСТ 380—50)

這裏的鋼號有：Ст. 0；Ст. 1；Ст. 2 Ст. 7。

- 2) 優質炭素結構鋼 (ГОСТ 1050—52.)

在這一組鋼裏，當錳的含量不超過 0.8% 時，鋼號有：05; 08; 10; 15; 20; 25 70。

當錳的含量不超過 1.2% 的有：15r；20r；30r 至 70r。

當錳的含量不超過 1.8% 的有：10r2；30r2 至 50r2。

ГОСТ 380—50 規定了兩組普通質量的鋼。

第一組鋼「A」具有一定的最低的機械性質，而化學成分限制不嚴格。

第二組鋼『Б』在機械製造工廠加工時，是進行鍛造或其他的熱加工。爲了確定熱加工的規範，就需要有化學成分的資料，這個資料是由現行的 ГОСТ 380-50 規定了的。鋼的牌號上的區別是：在第二組『Б』鋼的牌號前有字母『М』或『Б』，這表示鋼的生產方法（М—平爐鍊鋼法，Б—柏塞麥鍊鋼法），例如 МСт. 3 БСт. 3 等。

普通質量鋼是製造機器、機床、建築上金屬結構、鐵路上的行走部分、零件及其他金屬製品。

用作生產鍛件及鑄壓用的普通炭素鋼，ГОСТ 498—51 規定了對它的要求。

根據狹隘的用途，普通質量鋼有：寬軌鐵路行走部分的車軸鋼（ГОСТ 4728—53），它用來製造車廂軸、煤水車軸、機車軸；電車車軸鋼（ГОСТ 6143—52）；輪箍鋼（ГОСТ 398—41）等。

含炭量決定着主要性能、熱處理的形式及運用範圍，根據含炭量，優質炭素結構鋼可分爲：含炭量小於 0.3% 低碳鋼、含炭量爲 0.3—0.5% 和含炭量較高的（大於 0.5%）中炭鋼。

05, 08 及 10 牌號的低碳鋼，其特點是有很高的塑性，它廣泛地用於冷衝壓。

15, 20 及 25 牌號的鋼用來製造不受很高應力但要求很大韌性的成品。這些牌號的鋼中用鍛造及鑄鍛的方法來製造的有這些零件：例如拉桿、鉤子、拉緊裝置等。這些牌號也用於應力不大而靠摩擦工作的表面滲炭零件：汽車及拖拉機的轉子（ролик）、離合器、活塞環、凸輪軸等。

15Г 和 20Г 可用作表面不滲炭，也可用作表面滲炭的零件：凸輪軸、齒輪等。

含炭量較高的中炭鋼之特點是有更高的強度，但韌性相對地較低。一般要將鋼予以調質，即淬火和高溫回火。

30 和 35 號的鋼用作受很高載荷的零件，它們用鍛造和鑄鍛的方法來製造。

40 和 45 號的鋼用來鍛造和鑄鍛下列零件的毛坯：曲軸、前軸、連桿及汽車拖拉機工業中的其他零件。

45—55 號的鋼用作大鍛件、軋軋輥、桿、軸、齒輪等。

60—70 號的鋼主要用來製造彈簧。

含錳量較高的鋼的特點是強度和耐磨性高，在淬火、回火以後有着很好的韌性。ГОСТ 4543—48 規定了對合金結構鋼的要求。

在機械製造業中合金結構鋼用來作爲有重要用途零件的材料。

根據成分的不同，合金鋼可能是：鉻合金鋼、鉬合金鋼、鎳合金鋼、鉻錳合金鋼、鉻鎳合金鋼。在 ГОСТ 標準中總共規定了 22 種合金結構鋼。

蘇聯所採用的表示鋼號的方法能够很容易地確定某一牌號鋼的化學成分，這裏在字母左邊的兩個數字表示平均含炭量（百分數的百分之一），數字右邊的字母表示：Ю—鋁，Ф—鈣，В—錫，К—鈷，С—矽，Г—錳，М—鉬，Н—鎳，Т—鈦，Х—鉻。字母後面的數字表示相應的合金元素的百分數。

高優質鋼在硫和磷方面比優質鋼更純，具有更高的機械性質，它的鋼號在最後加上一個字母 A。

例如，40 x ГТ 表示是帶有鈦的鉻錳鋼，其平均含炭量為 0.40%。將這種鋼調質以後的機械性質與受同樣熱處理的 40 號鋼的機械性質相比較時，就看出 40xГТ 號鋼的質量高。

	40 x ГТ	40
強度極限 σ_B (公斤/公厘 ²)	110	74
屈服極限 σ_s (公斤/公厘 ²)	80	52
相對收縮率 ψ (%)	54	55
衝擊韌性 α_K (公斤-公尺/公分 ²)	10.7	7

在合金鋼中適當地選擇合金元素就能得到機械性質，工藝性質及其他性質最有利的結合。

應用在機械製造和運輸上作為製造彈簧用的炭鋼和合金鋼是特種結構鋼。

彈簧所用的金屬，為了避免它們的損壞或弛垂，這種金屬應在足夠的韌性下具有高的彈性極限和耐久極限。所以為了製造這些另件時，應用容易被淬火的鋼。這種鋼的特點是含炭量高——從 0.5% 到 1.2%。

ГОСТ 2052—53 規定了對於彈簧鋼的要求。

另一個特種合金結構鋼是滾珠軸承鋼 (ГОСТ 801—47)。這種鋼的炭和鉻的百分比大 (大約 1% C, 0.5—1.5% Cr)，因而它有很長的壽命以防止磨損和壓碎。

工具鋼按其化學成分可分為：

- a) 含炭由 0.6% 至 1.4% 的炭素工具鋼 (ГОСТ Б—1435—42)。
- б) 合金工具鋼 (ГОСТ 5950—51, ГОСТ 5952—51)。

在 ГОСТ Б 1435—42 中規定了兩級炭素鋼工具鋼：

- 1) 優質炭素工具鋼，其含硫量不超過 0.03%，含磷量不超過 0.04%。
- 2) 高優質炭素工具鋼，含硫量不超過 0.02%，含磷量不超過 0.03%。

合金工具鋼分為供鐵壓打擊工具用的和刀工具量具用的兩種。

在鐵壓打擊工具鋼中，炭的含量由 0.3% 至 0.6%，合金元素含量由 1% 至 10%。這種鋼具有足夠高的韌性和較高的硬度。

在刀工具量具工具鋼中，炭的含量由 0.7% 至 2.0%，而合金元素由 1% 至 25%。這種鋼具有很好的磨損抗力和很高的硬度。

ГОСТ 5632—51 規定了對具有特種性質的鋼的要求。具有特種性質的鋼中，特種元素的含量有達至 30% 或更多。

應該指出，不是所有的鋼都能進行鍛造，只是那些具有高度塑性的才行。當適當地選擇熱力學規範時，鑄鍛不受鋼的化學成分之限制。

供鍛造和鑄鍛用的原材料包括下列種類的鋼坯：

1) 鋼錠。

2) 鋼材。

§ 3. 製造鋼錠的方法及鋼錠的構造。

製造鍛件也和製造鋼材一樣，它的原金屬材料是鋼錠。所以首先必須研究鋼錠的構造及其缺陷，它們對於金屬質量的影響。

一般說，鋼錠是由碱性平爐或碱性電爐熔煉出來的鋼製造的。

電爐鋼的質量要好一些，這是由於去氧好，鋼所含的非金屬雜質少；因為在平爐裏，爐渣含有很多鐵及錳的氧化物，金屬就更多地受到了爐渣的氧化作用。但是使用在碱性爐中熔煉出來的平爐鋼時，經驗證明了，它與電爐鋼相比較時，它們質量上的重要差別是看不到的，特別當硫和磷的含量相同時。

在平爐裏用將脫氧產物排入渣滓中去的方法進行完全還原的不可能性只影響到衝擊韌性的稍許降低。

至於說到含硫，如果用含硫的重油來熔煉，則它的含量可能提高。

酸性平爐鋼與碱性爐中熔煉出來的鋼比較時，質量要更高些。酸性和碱性平爐鋼質量上的區別不僅是酸性鋼在非金屬雜質及化學成分上純，而且有着更高的機械性質。所以酸性鋼很成功地用作重要成品。

但是雖然酸性鋼有着上述的優點，它的應用範圍卻受到很大限制的。酸性平爐鋼的主要缺點是價錢貴，因為原材料的價錢貴（生鐵、廢鋼）。

在酸性爐中去掉硫和磷是不可能的，因為在熔渣中不含鹼性物（ CaO ， MgO ， FeO 及 MnO ）。所以作為爐料的生鐵及廢鋼的特點是這些雜質的含量小。

此外，酸性爐的生產率比碱性平爐生產率低。

除去上述的方法以外，工業上還採用在專門的容器——轉爐中，將空氣吹過熔化了的生鐵的方法。

在酸性爐壁的轉爐熔煉出來鋼的質量（貝斯麥鋼）比碱性爐壁的轉爐熔煉出來鋼（湯拜斯鋼）的質量要高一些。

轉爐中煉鋼的方法比其他煉鋼的方法有着一系列的優點——轉爐的生產率高，使用的消耗不大等。

但是用這種方法不能獲得準確的化學成分的金屬，不能與氣體分離開等。所以貝斯麥鋼和湯拜斯鋼用於鍛造成品，只是在對於成品沒有什麼高的要求時。

按照去氧程度的不同，必須區分開沸騰鋼和鎮靜鋼。

鎮靜鋼的獲得實際是與一氧化鐵（ FeO ）的完全還原（去氧）連系着的，這時在鋼中加入足夠的去氧劑。

沸騰鋼是一氧化鐵部分還原（去氧）的情況下而得到的。

上面指出的鎮靜鋼和沸騰鋼去氧過程中的差別影響到澆鑄和鋼的結晶過程。

1879年 Д. К. 切爾諾夫第一次描述了鋼錠的結晶過程和它的構造。

圖 1 表示了鎮靜鋼的構造。

當鋼水與鋼錠鑄的冷壁接觸時，鋼的結晶過程就開始了。由於溫度差別很大，這時鋼水就很快的冷卻，形成細小的等軸結晶的表面層。

在硬外殼形成以後就產生收縮，金屬離開鋼錠鑄的壁，結晶速度慢下來了。

當凝固的速度減慢時，由於散熱的方向，就開始了穿晶過程，並形成柱狀結晶的區域。

生長着的柱狀結晶體將各種雜質——磷、硫、錳等擠到中心區去。這就是說，結晶過程是選擇地進行的。

溫度降低和鋼中不純成份的增加就促進了在鋼錠的中心區生成不定向的結晶體。

在鋼錠的上部（頂部）有着收縮孔，這是由於鋼從液體狀態（比重為 7.00）過渡到固體狀態（比重為 7.85）收縮而形成的。

收縮孔的下部接着是縮空和縮鬆，這個區域的金屬結構不緊密，因為它是在最後鋼水不夠的條件下凝結的。

在上面，收縮孔被橋架（мост），即表層所覆蓋。

在鋼錠的下部一般會看到錐狀的緊密的細結晶的構造。這種構造是由於鋼錠鑄的底對鋼錠的下部起了急劇冷卻的作用和鋼錠中間部分凝結的過程中結晶體下落的緣故。

鎮靜鋼的鋼錠凝固的特點是，氧和去氧劑完全化合的，沒有顯著的氣體分離出來。鑄以鋼錠鑄內鋼的表面是很平靜的。鎮靜鋼的鋼錠必定是緊密的，沒有氣泡。

沸騰鋼裏面由於去氧不完全，所以繼續有氣體分離出來，在鋼錠鑄裏由於生成氣體一氧化碳及在溫度降低時有氫和氮分離出來。

因為在鋼錠凝固時，不是鋼水中所有的氣體都來得及分離出來，所以在沸騰鋼的鋼錠中有氣泡。

沸騰鋼鋼錠構造的特點如下（圖 2）

- 1) 在表面硬皮下面，有着所謂蜂窩狀氣泡區。
- 2) 離蜂窩狀氣泡區不遠的地方，這個區域的雜質較多，二次氣泡分佈成鏈鎖狀。
- 3) 鋼錠的上部一般是多孔的，佈滿着很多氣孔。

澆鑄方法對鋼錠的構造起着很大的影響。

有着兩種澆鑄的方法——上鑄法和下鑄法（下鑄法又稱做所謂虹吸澆鑄）。

用第一種方法來製造大的鋼錠。

用上鑄法時，熱金屬在充滿鋼錠鑄最後時直接進入鋼錠的上部，這樣一來就改善了收縮孔的補給條件，因而也就減小了收縮孔的尺寸。

用下鑄法時，由於沒有補給，所以收縮孔更深；但是若加壓力和慢慢澆注，則收縮孔可以移至鋼錠上部及減小其尺寸。

用下鑄法製造的鋼錠，其表面更純潔，這也就是下鑄的優點。

此外，下鑄時由於澆鑄同一底板上的幾十個鋼錠鑄，因而它的特點是生產率高。

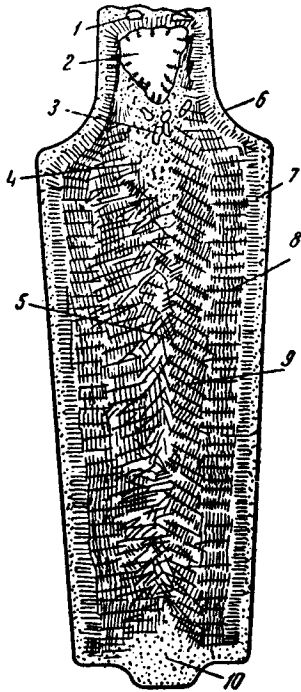


圖 1. 鎮靜鋼鋼錠的構造

1. 橋架 2. 收縮孔 3,4. 縮空, 縮鬆
5. 方向不定的等軸晶粒區域 6. 等軸顆粒表面層 7. 小樹枝狀 (與鋼錠面垂直) 8,9. 大樹枝狀 10. 緊密的小樹枝狀結構。

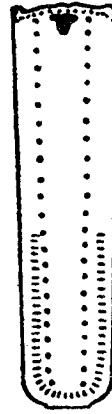


圖 2. 沸鋼騰鋼錠構造的特點

§ 4. 鋼錠化學成分的不一致性——偏析

鋼錠化學成分的不一致性是由於鋼的結晶過程是選擇地進行的，以及隨着金屬溫度的降低，鋼中雜質的可溶性也降低了。

鋼錠的化學性質不一致性叫做偏析。偏析是從鋼錠各個不同點取出的鋼進行試驗或將拋光了的鋼磨片浸蝕以後而發現的。

要區別開樹枝狀偏析、結晶間偏析及區域偏析。

樹枝狀偏析是與下列情況相連系的，就是：由更純的，凝固溫度更高的金屬所組成的樹枝的軸首先凝固。這時每個樹枝的各個軸的空間有着各種不溶解的雜質，例如硫、磷等。

結晶間偏析是在於：各個樹枝之間的邊界上生成了薄膜，它們有很多這樣的雜質。

區域偏析是與鋼錠各個部分化學成分的不一致有聯系的。

要區別開軸向偏析和中心區以外偏析。

軸向偏析時，可看到在鋼錠中部的雜質含量提高了，因為那些帶着很多不溶解雜質的合金液體曾被擠到鋼錠中部去。

縮鬆在最後凝結。因而，這裏所集中的最後一部分鋼水，它所包含的不溶解的有害雜質，其數量要比鋼中它們的平均含量超過很多。

中心區以外偏析時，主要是在柱狀結晶區與不定向結晶的中心區之間，所看到雜質含量較多。

在沸騰鋼鋼錠裏還看到有氣體偏析，它表現在氣泡旁邊有偏析物聚集。經驗證明，在沸騰鋼鋼錠裏所有各種偏析比鎮靜鋼鋼錠裏更厲害。

偏析還決定於一系列其他的因素。例如鋼錠重量越大，鋼的溫度越高時，則凝固過程進行得越久，鋼錠中的偏析就越厲害。鋼裏面某種元素或雜質含量多了也相似地會有影響。

鋼錠鑄的形狀有着重要的影響。事實上發現：鋼錠鑄的下部大，鋼錠狹而長時，和沒有頂部的鋼錠中，區域偏析比所有其他的都厲害。

§ 5. 鋼錠的缺陷及消滅它們的方法。

當設計鍛造工藝時，必須清楚地知道鋼錠各個部分適用性的程度並將有缺陷的金屬去掉以免發生廢品。從另一方面，鋼錠的缺陷可能是鋼材缺陷的直接原因，因而它也就是由此鋼材所製造出的鍛件廢品的原因。

為了成功地與這些不良的現象作鬥爭，就必須了解它們的本質、產生的原因及消滅它們的方法。

鋼錠的主要缺陷有：收縮孔、縮空和縮鬆；裂紋、截痕、凸起、皺溝、金屬澆注中斷、薄膜、氣泡、不溶解雜質的偏析、非金屬雜質、形成白點的趨向。

1) 收縮孔

鋼錠中收縮孔的形成是不可避免的，它與金屬凝固時比重的變化相聯系着。任務是在於：將收縮孔集中在鋼錠的上部(頂部)、鋼錠上不好的部分去掉時使其損耗最小。集中收縮孔並減小其尺寸的措施之一是使用上部保溫帽(圖 3)

鋼錠上部去掉得不够而仍然帶有收縮孔時就會造成廢品，因為這時金屬不緊密，它的機械性質不能滿足。

2) 縮空和縮鬆

這種缺陷一般是與前者是一樣的。在去除收縮孔的廢料中，也就規定了去除縮空和縮鬆。

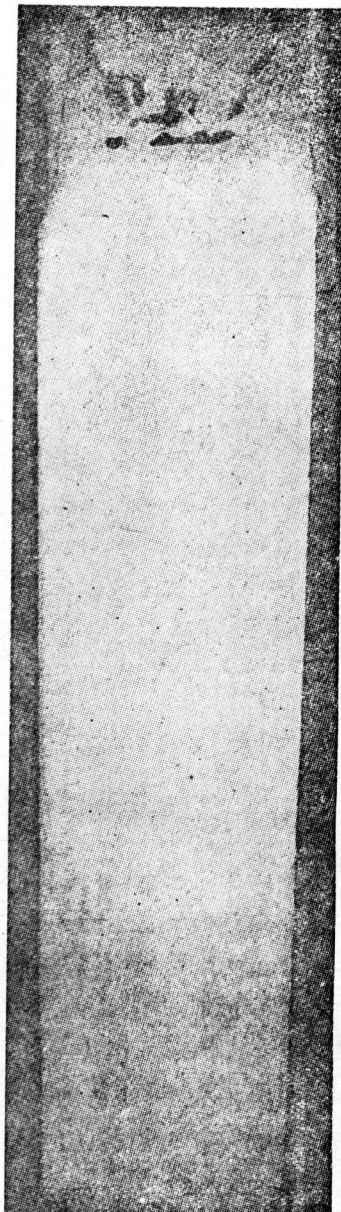


圖 3. 使用上部保溫帽時的錠料

3) 裂紋

裂紋是鋼錠的最大缺陷。根據形成裂紋的條件不同要區別兩種：橫向裂紋與縱向裂紋。

產生橫向裂紋是由於鋼錠鑄的表面不平或者是金屬流入鋼錠鑄與上部保溫帽的間隙中去。結果鋼錠就掛在所形成的飛刺上，並由於沒有自由縱向收縮，因而造成橫向裂紋。

形成橫向裂紋也是由於在鋼水靜壓力影響下薄的外殼破裂的結果。

縱向裂紋主要是在鋼錠的下部稜角上。形成縱向裂紋的原因是由於鋼錠表面的急劇減小、鋼錠鑄結構不好及鋼錠冷卻不均勻而產生的熱應力。

用於鍛造的鋼錠，裂紋必須去掉，因為鍛造這些鋼錠時可能出現裂痕。

去除冷鋼錠上的裂紋用切割或清除的方法。熱鋼錠上的裂紋在鍛造過程中用熱切割的方法去掉。如果熱切割不可能的話，則在缺陷處必須留出更多的機械加工裕量以便在機械加工時去掉裂紋。有時不可能用熱切割消滅裂紋時，就只有將鋼錠冷卻而在冷的狀態下將缺陷去掉。

靠近鋼錠下部三分之一處的很深的縱裂紋由於柱狀結晶間的聯系差，所以一般用切割的方法是不能去掉的。

4) 截痕、凸起、皺溝

鑄鋼時澆鑄中斷的話，在鋼錠的表面就形成橫向截痕（腰帶），形成截痕的原因可能是鋼錠鑄壁上的裂紋所造成。

凸起發生在有凹陷的鋼錠鑄中，這是由於內壁表面摩擦很大的結果。

未切割掉的凸起和截痕在鍛造時，特別是在軋壓時，要造成褶皺，有時造成裂紋。

澆注時在鋼錠表皮上出現的皺溝會導致形成皮下氣泡，這些皮下氣泡也要予以切割。

5) 澆鑄完全中斷

有時當鋼水包不好時，會發生很長時間的澆鑄中斷。當修理時，注入到鋼錠鑄內的金屬表面就會蓋起一層氧化皮，再澆鑄時，氧化皮就阻礙了金屬的連續性。這種鋼錠在鍛造時就要延分開面變成兩半。

6) 薄膜

上鑄時，鋼錠鑄底部受到衝擊，鋼水濺射而造成濺沫（圖4），這種濺沫被氧化薄膜與金屬主體分開。一般說，濺沫是集中在鋼錠的下部。

鋼錠上未清理的和未去掉仍帶有濺沫的話，鍛造時就要形成薄膜，它在或多或少的程度上，是明顯地與主要金屬相分開的一層。

7) 氣泡

像已經所指出的，當鋼錠凝固時，部分氣體（特別是沸騰鋼）以氣泡的形式被留在金屬裏。

位於緊密的表皮下面，深度不小於 15 公厘的氣泡沒有危險。這樣的表皮預防着氣

泡表面被空氣或加熱爐火餘的氧所氧化。所以假如鍛造開始時予以小的壓擠，則氣泡能够熔合起來而不成爲鍛件缺陷的原因。

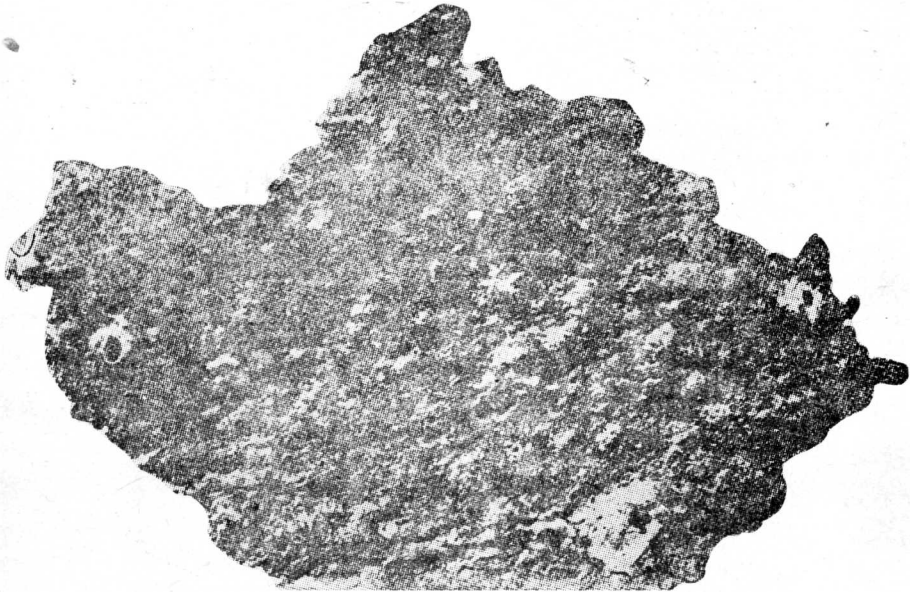


圖 4. 由金屬濺沫所形成的，黏附在錠料表面上的表皮

跑到表面上來的氣泡在鍛造時能够發生裂紋，因而要予以切割。

在鎮靜鋼鋼錠中，當澆鑄過程正確進行時，則不會有任何氣泡。

假如氣泡位於沸騰鋼的接近表面處，則在鍛造和軋壓這種鋼錠時，在毛坯的表面上會形成大量的髮裂。

8) 不溶解雜質的偏析

雜質的偏析對鋼的性質起着不好的影響。鋼中含有很多偏析物（硫、磷等）的部分，其塑性降低，會更快地銹蝕。

所以偏析很厲害又集中在縮鬆附近時，應該去掉這種偏析區。

軸向偏析區當與成品幾何軸一致時，沒有特別的危險。適當的進行鍛造過程，軸的一致是完全可以保證的。

9) 非金屬雜質（砂子、熔渣雜物等）

砂子進入金屬是由於爐、鐵水包等的耐火襯壁被沖刷的結果。

熔渣雜物形成是由於熔渣進入鋼錠的原故。

由於化學反應而形成的雜物應該算做非金屬雜質，例如：爐料中元素的氧化物、鋼的還原產物、鐵和錳的硫化物及磷化物。

非金屬雜質留在鋼裏，它降低了鋼的機械性質。

10) 形成『白點』的趨向