

機械工人活葉學習材料 211

鋼的固體滲碳法

水 冰、劉 超編譯

8



機械工業出版社

出版者的話

祖國正在進行着大規模的經濟建設，大量的新生勞動者不斷地參加到工業建設中來，同時現有的技術工人，由於在舊社會沒有學習的機會，經驗雖豐富，但理論水平較低。爲了使新工人能夠很快地掌握技術的基本知識，並使現有工人也能把實際經驗提高到理論上來，因此，我們出版了「機械工人活葉學習材料」。

這套活葉學習材料是以機器工廠裏的鑄、鍛、車、鉗、銑、鉋、熱處理、鉚、焊等工種的工人爲對象的。每一小冊只講一個具體的題目，根據八級工資制各工種各級工人所應知應會的技術知識範圍，分成程度不同的「活葉」出版。

許多重要的零件和量具都得經過滲碳處理。滲碳處理可以分成固體滲碳、液體滲碳和氣體滲碳三種。由於設備的限制，國內許多工廠都採用固體或液體滲碳。液體滲碳已經在另外一本「活葉」中專門介紹了，本書介紹的是鋼的固體滲碳的方法。

本書在簡單地說明了固體滲碳的原理之後，依次敘述了滲碳鋼、固體滲碳劑、固體滲碳的操作方法以及滲碳層性質，並且簡單地分析了固體滲碳時產生缺陷的原因，提出了補救的方法。鋼件滲碳後都要經過熱處理，因此本書還比較詳細地介紹了滲碳後的熱處理的方法。此外，作者向讀者推薦一種用糊狀物滲碳的新方法，這種方法在蘇聯工廠中採用得很廣泛，經驗證明，新的滲碳方法的滲碳效果很好，可以大大地加速滲碳的時間。

目 次

一	固體滲碳的簡單原理	4
二	滲碳用的鋼料	8
三	固體滲碳劑	17
四	固體滲碳的操作方法	22
	1 零件在開始滲碳以前的準備工作——2 零件裝到滲碳箱中 去的手續——3 滲碳時的加熱溫度和保溫時間	
五	滲碳後的熱處理方法	32
	1 第一種方法——2 第二種方法——3 第三種方法——4 第 四種方法——5 第五種方法——6 第六種方法——7 第七種 和第八種方法	
六	滲碳層的性質	38
	1 滲碳層和過渡層——2 滲碳層的硬度和耐磨性	
七	介紹一種用糊狀物滲碳的新方法	42
八	固體滲碳時產生缺陷的原因和補救的方法	44
	1 滲碳層太深或太淺——2 滲碳層從表面到內心的變化太突 然——3 滲碳層中含碳量太高或太低——4 滲碳層硬度不均 勻(產生軟點)	

許多重要的零件，像凸輪、偏心輪、齒輪、銷子和度量工具（卡尺、樣板、塞規）等，因為在工作過程中經常要受到劇烈的摩擦作用，要求外皮具有高的硬度和耐磨性；同時這些零件在工作的時候還可能受到衝擊力的作用，因此又要求它的心部具有良好的韌性。在這種情況下，我們要怎樣去滿足這兩個相反的要求呢？

如果用一般軟的低碳鋼來製造這些零件，在抵抗衝擊作用方面雖然很好，可是低碳鋼的硬度太低，工作的時候磨損得很快。但是相反的如果用硬的高碳鋼來製造它，那末這些零件在工作的時候很耐磨，可是又因為高碳鋼太脆，萬一受到意外的衝擊作用，可能產生斷裂的危險。這樣，這些零件就既不能用一般的低碳鋼來製造，也不能用高碳鋼來製造，那末該用什麼材料來製造呢？這些零件可以用經過滲碳作用的低碳鋼來製造。低碳鋼經過滲碳以後，表面層含碳很高，而心部含碳仍舊很低。含碳高的表面，淬火後可以得到很高的硬度，耐磨性非常好，而含碳低的心部淬火後仍舊保持着原來的韌性，可以承受劇烈的衝擊作用而不會使工件折斷。滲碳低碳鋼既然在淬火後能夠具有雙重的性質——表面非常堅硬、耐磨而內部保留着良好的韌性，——那它就可以用來製造像凸輪、偏心輪、齒輪等等需要滿足工作時的兩個相反要求的重要零件。

由於滲碳可以使零件具有這樣好的性質，所以這種處理方法在機械工業各部門中都很普遍地應用着。

滲碳的時候，零件可以放在固體的滲碳劑中處理，也可以放在液體或者氣體的滲碳劑中處理；至於放在哪一種滲碳劑中處理最好，要根據具體的生產條件來決定。在蘇聯，許多新式的製造汽車、拖拉機和工作母機的工廠中都普遍採用氣體滲碳的方法。氣體滲

碳最大的一個特點是：可以利用自動化和機械化的設備來控制整個操作的過程，而且工作的時候沒有煙、灰、滲碳劑等等髒東西，對車間衛生和工人健康有利。但是，氣體滲碳的設備比較複雜，設備的購置費用比較高，在一般中小型工廠中，在滲碳零件數量不多的情況下，這種方法就不一定合適。國內的許多工廠，由於設備條件的限制，一般都採用液體滲碳和固體滲碳。液體滲碳有很多優點（操作起來簡單方便、加熱速度快、滲碳的時間短等），但是它只適合用來處理要求滲碳層比較薄的小型零件，像刀具、量具、銷子等，而且液體滲碳劑（氰化鹽）有毒，容易損害工人的健康；因此目前在國內一般工廠中用的最普遍的還是固體滲碳法。固體滲碳法雖然存在着一定的缺點，可是它不受設備條件的限制，而且能處理大小不同的各種零件，得到的滲碳深度也比較厚。

下面各節將系統地介紹一下固體滲碳的原理和先進的操作方法。

一 固體滲碳的簡單原理

固體滲碳的方法就是：把要處理的零件同含碳的物質（滲碳劑）放在一起，加熱到使鋼的組織轉變為奧氏體（ γ -鐵固溶體）的溫度，並在這個溫度保持一段時間，然後很快地或者慢慢地冷卻下來。

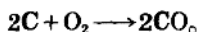
在滲碳時候為什麼必須把零件加熱到轉變為奧氏體的溫度呢？

碳在鐵中的溶解程度是跟着溫度而改變的。在低溫的時候，碳在鐵中的溶解度是很小的（這時候鐵元素是 α -鐵，它溶解碳的最高量大約是0.004%）。隨着溫度的升高，碳在鐵中的溶解度也逐漸增大。到加熱到鐵元素從 α -鐵轉變為 γ -鐵（即形成奧氏體）的時候，

碳在鐵中的溶解度最高可以達到1.7%。所以，滲碳的時候必須把零件加熱到上臨界點(A_{c3})以上的溫度(900~920℃)，使鋼的組織全部變成奧氏體，以提高滲碳的作用。

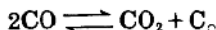
那麼碳是怎樣滲到鋼的表皮裏面去的呢。

當我們把零件同滲碳劑一起裝在密封的滲碳箱裏加熱到高溫的時候，滲碳劑中所含的碳(C)就會同箱內原來留着的空氣中的氧(O_2)化合，而產生了一氧化碳。這可以用下面的化學方程式來表示：



碳 氧 一氧化碳

所產生的一氧化碳同零件表面接觸後，又會分解為二氧化碳(CO_2)和原子狀態的碳(C)。這個過程的化學方程式是這樣的：



一氧化碳 二氧化碳 碳(原子狀態)

原子狀態的碳，同零件表面的鐵(Fe)化合成為碳化鐵(Fe_3C)，然後溶解到表面層的奧氏體中，並逐漸擴散到內部去，這樣就增加了零件表面層(到一定深度)的含碳量。

講到這裏，也許有人要問，原子狀態的碳怎樣從零件的表面層逐漸向內擴散進去的呢？爲了弄清楚這個十分重要的問題，先舉個簡單的例子說明一下。

在日常生活中，我們可以觀察到物質[擴散]的現象。譬如：拿兩個杯子，一杯裝上牛奶(或酒精)，另一杯裝上水。小心地把牛奶(或酒精)倒在水裏。經過一段時間後，我們可以發現杯子裏的兩種液體自己會混在一起，而成為均勻的牛奶和水(或酒精和水)的溶液了，它包括有水和牛奶(或酒精)的質點(就是組成物質的最小單位)。這樣，一種液體的質點滲入另一種液體的質點中的過程，就叫做液體的[擴散]現象。

固體同樣也可以發生[擴散]的作用。如果把兩塊固體物質互相緊緊地壓在一起，那麼一種固體的質點也會[擴散]到另一個固體中去。但是固體在普通溫度下擴散得非常慢。爲了加速擴散的作用，必須把這些物體進行加熱。鋼錠的均勻退火（均勻化）就是一個很好的例子：爲了使鋼錠的化學成分均勻化，必須把它加熱到很高的溫度（1000~1100°C），使鋼錠內部發生擴散作用。

只是把兩個固體緊壓在一起而要使得內部完成擴散的作用，這還是有很大困難的。事實上要使兩個固體緊密而又均勻的接觸也很不容易做到。通常爲了使物質從一個固體擴散到另一個固體中去，必須利用一種媒介物——氣體。氣體在任何情況下都可以同固體各部分保持緊密而又均勻的接觸，而兩個固體即使加上最大的壓力也不可能使達到這樣緊密而均勻的接觸的。

在固體滲碳的過程中，碳就是按照這個道理滲到鐵中去的。

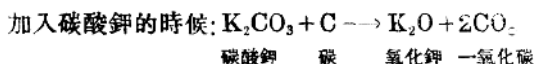
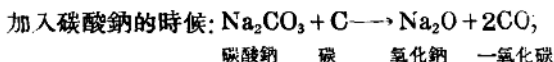
滲碳件在滲碳溫度經過一定時間的保溫後，表面層的碳又逐漸向內擴散，從含碳最高的面層到含碳最低的心部之間形成了一個過渡層，這就使滲碳層中含碳量的變化不太突然，因而保證了零件的高品質。

在固體滲碳劑中，木炭是最主要的成分，但是單純用木炭（100%的木炭）進行滲碳，效力是很低的，需要經過很長的加熱時間。單純用木炭進行滲碳還有個缺點，即在滲碳過程中，所產生的一氧化碳（CO）的數量會逐漸地減少，滲碳作用會不斷地減弱。

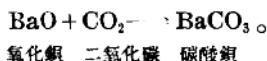
爲了加強滲碳的作用，也就是增加滲碳箱中一氧化碳的數量，在滲碳劑中，還必須加入一定數量的碳酸鹽類（碳酸鋇、碳酸鈉、碳酸鉀等）作爲接觸劑。加入碳酸鹽的時候會發生以下的化學反應：



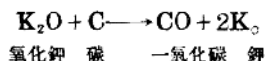
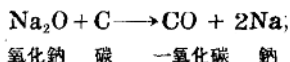
碳酸鋇 碳 氧化鋇 一氧化碳



在滲碳劑中加入碳酸鋇作為接觸劑的時候，所生成的氧化鋇同二氧化碳能發生還原的作用，而再產生碳酸鋇:



加入碳酸鈉和碳酸鉀作為接觸劑的時候，生成的氧化鈉和氧化鉀同碳(C)作用，所產生的却是一氧化碳和金屬鈉(Na)或金屬鉀(K)的蒸氣:



從上面這些化學反應中可以知道:碳酸鋇具有最大的穩定性。由於碳酸鋇在滲碳過程中具有可逆性[●]，所以實際上可以用作無窮盡的活性接觸劑，而不會消耗掉。

碳酸鈉和碳酸鉀，在滲碳過程開始時，作用比碳酸鋇劇烈，所產生的一氧化碳的數量比較多;但是，由於生成了金屬鈉和金屬鉀的蒸氣，碳酸鈉和碳酸鉀的活潑性逐漸地減弱了，滲碳的作用也就減低了。

根據上面所說的理由，在固體滲碳的時候，可以根據滲碳零件

● 碳酸鋇在開始的時候分解成為氧化鋇，而氧化鋇同周圍的二氧化碳作用又重新化合成為碳酸鋇，這樣就成了一個循環。

的不同要求來選擇合適的接觸劑。對於要求韌性好一些，在工作中可能受到衝擊力作用的零件，可以選用碳酸鋇做接觸劑；因為加了這種接觸劑，使滲碳作用比較緩慢，得到的滲碳層硬度低一些，而承受衝擊的作用就比較好。對於要求表面硬度高而又耐磨的零件，應該加入碳酸鈉或者碳酸鉀作為接觸劑。

二 滲碳用的鋼料

上面說過，滲碳的零件經過了相當的熱處理以後，必須得到堅硬的表面和柔軟的心部。為了滿足上面的要求，零件需要採用含碳 $0.08\sim 0.25\%$ 的低碳鋼來製造；而截面大的、要求心部具有高强度的那些零件，可以採用含碳比較高的 $(0.2\sim 0.3\%)$ 鋼或合金滲碳鋼來製造。

普通含碳低的鋼，用來製造只要求表面耐磨的小型零件，這些零件在工作的時候對心部的強度沒有很高的要求。大型的高負荷的零件，例如汽車和拖拉機的齒輪、凸輪軸等，除了表面硬度需要很高外，還要求心部有足夠高的強度，在這種情況下，採用合金滲碳鋼來製造是最合適的。

合金滲碳鋼的含碳量雖然不高，但是由於鋼中含有多量的合金元素，熱處理後很容易得到機械性質（強度、可塑性）較高的中心部分；因此，合金滲碳鋼可以用來製造重要的零件。

蘇聯學者莫羅斯（Л.С. Мороз）、舒拉科夫（С.С. Шураков）多次試驗得出的結論是：合金滲碳鋼除了要求十分純淨（雜質少，硫和磷的含量最低）、沒有帶狀組織和不正常組織（在滲碳層中），以及具有好的工藝性質（好的加工性、最少的變形等）外，還必須滿足以下幾點要求：

1. 不應當使在滲碳層中碳的含量過高，因為在滲碳層中形成

大量碳化物是會降低滲碳層的強度的。

2. 在滲碳層中不應該含有大量的剩餘奧氏體[●]，因為剩餘奧氏體會降低鋼的強度和硬度。

3. 滲碳層必須具有儘可能高的抗彎極限強度（防止產生細小的裂紋）。

4. 滲碳鋼的心部要具有高的降伏極限，這樣可以防止表面滲碳層的過負荷。

表1列的是各種滲碳鋼的化學成分。表2列的是各種合金滲碳鋼的機械性質。

此外，許多吃力小、要求不高的零件，可以用普通低碳鋼（08、10、15 和 20）來製造。

鉻合金滲碳鋼是在各工業部門中應用最廣的一種合金滲碳鋼。同普通低碳鋼比較，鉻合金滲碳鋼（15X 和 20X）的優點是可以淬入油中冷卻，所以在淬火過程中它可以只有最少的翹曲和變形，使零件得到最小的應力。但是它在滲碳和淬火後進行精磨的時候有形成細裂的傾向。如果提高回火溫度（從 150~170°C 提高到 200~220°C），精磨時形成細裂的可能性是可以減少的，可是這樣做將會使硬度稍微降低些。

20X3鋼同15X 和 20X 鋼比較，存在着許多缺點。20X3鋼在活性滲碳劑中滲碳並經過淬火後，由於滲碳層的表面會析出大量的碳化物，所以具有很高的脆性；這種鋼淬火後在滲碳層中保留有多量的剩餘奧氏體。20X3鋼在淬火的時候容易過熱和翹曲，但是它具有很高的機械性質。用這種鋼製成的零件，表面滲碳層的耐磨性極

● 加熱到上臨界溫度 A_{c3} 以上的時候，鋼是奧氏體組織。淬火後，鋼的組織轉變為馬丁體或者托氏體、索氏體。但可能有一部分奧氏體沒有轉變，這奧氏體就叫做剩餘奧氏體。奧氏體的強度、硬度都很低。

表1 渗碳钢的化学成分

钢 类	钢 种	化 学 成 分 (%)					其 他
		碳(C)	锰(Mn)	硅(Si)	铬(Cr)	镍(Ni)	
碳 钢	08	0.05~0.12	0.25~0.50	≤0.03	—	—	—
	10	0.05~0.15	0.35~0.65	0.17~0.37	—	—	—
	15	0.10~0.20	0.35~0.65	0.17~0.37	—	—	—
	20	0.15~0.25	0.35~0.65	0.17~0.37	—	—	—
铬 钢	15X	0.10~0.20	0.3 ~0.6	0.17~0.37	0.7~1.1	≤0.4	—
	20X	0.15~0.25	0.3 ~0.6	0.17~0.37	0.7~1.1	≤0.4	—
	20X3	0.17~0.24	0.3 ~0.6	0.17~0.37	2.6~3.2	≤0.4	—
镍 钢	13H2A	0.10~0.16	0.25~0.55	0.17~0.37	0.2~0.5	1.7~2.2	—
	13H5A	0.10~0.17	≤0.6	0.17~0.37	≤0.25	4.5~5.0	—
	21H5A	0.18~0.25	≤0.6	0.17~0.37	≤0.25	4.5~5.0	—
锰 钢	15Γ	0.10~0.20	0.7 ~3.0	0.17~0.37	—	—	—
	15Γ (易切削钢)	0.10~0.20	1.0 ~1.4	0.17~0.37	—	—	—
铬 镍 钢	15XH	0.10~0.20	0.3 ~0.6	0.17~0.37	0.45~0.75	1.00~1.50	—
	20XH	0.15~0.25	0.4 ~0.7	0.17~0.37	0.45~0.75	1.00~1.50	—
	12XH2A	0.11~0.17	0.3 ~0.6	0.17~0.37	0.6 ~0.9	1.50~2.00	—
	12XH3A	0.17~0.25	0.3 ~0.6	0.17~0.37	0.6 ~0.9	2.75~3.25	—
	(X1H)	0.11~0.17	0.3 ~0.6	0.17~0.37	1.25~1.75	3.25~3.75	—
	12XH4A	0.15~0.22	0.3 ~0.6	0.17~0.37	1.25~1.75	3.25~3.75	—
铬 锰 钢	20XΓ	0.15~0.25	0.9 ~1.2	0.17~0.37	0.9 ~1.2	≤0.4	—

鉻 鎢 鋼	15XΦ 20XΦ	0.12~0.20 0.15~0.25	0.3 ~0.6 0.40~0.70	0.17~0.37 0.17~0.37	0.8 ~1.1 0.8 ~1.1	≤0.4 ≤0.4	鉬0.10~0.20 鉬0.10~0.20
鉻 鉬 鋼	15XMA	0.10~0.18	0.4 ~0.7	0.17~0.37	0.8 ~1.1	≤0.3	鉬0.4 ~0.55
鉻 鉬 鋼	15XHM	0.10~0.18	0.4 ~0.7	0.17~0.37	≤0.3	1.5 ~2.0	鉬0.2 ~0.3
鉻 鎢 鉬 鋼	12X2H3MA	0.10~0.17	0.30~0.60	0.17~0.37	1.45~1.75	2.75~3.25	鉬0.20~0.30
	18X2H3MA	0.15~0.22	0.40~0.70	0.17~0.37	1.45~1.75	3.25~3.75	鉬0.20~0.30
	18XHMA	0.14~0.21	0.25~0.55	0.17~0.37	1.35~1.65	4.0 ~4.5	鉬0.25~0.45
	20XHM	0.15~0.22	0.40~0.70	0.17~0.37	0.40~0.60	1.6 ~2.0	鉬0.20~0.30
鉻 鎢 鉬 鋼	13XHBA	0.11~0.14	0.25~0.55	0.17~0.37	1.35~1.65	4.0 ~4.5	鎢0.8 ~1.2
	18XHBA	0.14~0.21	0.25~0.55	0.17~0.37	1.35~1.65	4.0 ~4.5	鎢0.8 ~1.2
鉻 鎢 鉬 鋼	18XIM	0.15~0.24	0.8 ~1.1	0.17~0.37	0.9 ~1.2	≤0.4	鉬0.2 ~0.3
鉻 鎢 鉬 鋼	18XIT	0.16~0.24	0.8 ~1.1	0.17~0.37	1.0 ~1.4	≤0.4	鉬0.08~0.15
	15X2I2T	0.13~0.19	1.4 ~1.7	0.15~0.30	1.5 ~1.8	≤0.5	鉬0.06~0.12
鉻 鈣 鉬 鋼	30XIC	0.25~0.35	0.8 ~1.1	0.9 ~1.2	0.8 ~1.1	≤0.4	—

註：在極大部分的透碳鋼中磷(P)和硫(S)的含量不允許超過0.04%。15I(易切削鋼)中含0.075~0.15%硫和

≤0.06% 磷。又鉬的化學符號是Mo, 鉬是V, 鎢是W, 鈦是Ti。

表2 合金滲碳鋼的機械性質

鋼	熱 處 理			機械性質(不低於)						
	洋 火		冷 却 劑	回 火	抗 拉 強 度 σ_b	屈 服 強 度 σ_s	伸 長 率 δ	斷 面 收 縮 率 ψ	衝 擊 韌 性 α_k	
	第一次 洋 火	第二次 洋 火								
	號	($^{\circ}\text{C}$)		($^{\circ}\text{C}$)	(公斤/公厘 ²)		(%)		(公斤·公厘) 公厘 ²	
15X	860	780	水	200	70	50	10	45	7	
20X	860	780	油	200	80	60	10	40	6	
20X3	880	—	油	200	110	90	7.5	50	8	
13H2A	860	780	油	160	60	40	15	55	12	
13H5A	860	—	油	160	95	75	11	55	10	
21H5A	860	—	油	160	120	95	9	40	5	
15XH	860	780	油	200	80	60	10	45	8	
12XH2	860	780	油	200	80	60	12	50	9	
12XH3	860	780	油	200	95	70	12	50	12	
12X2H4	860	780	油	200	110	85	10	50	9	
20X2H4	860	780	油	200	120	110	9	45	7	
20XГ	860	—	油	180	80	60	12	50	7	
15XΦ	860	780	水	200	75	55	12	50	8	
15HM	860	780	油	200	85	65	11	50	8	
12X2H3MA	860	790	油	150	100	80	9	50	9	
18XHMA	950	850	空氣或油	150	115	85	11	45	10	
18XHBA	950	850	空氣或油	150	115	85	11	45	10	
18XГM	860	810	油	190	110	90	10	50	9	
18XГT	870	—	油	200	100	80	9	50	8	
15X2Г2T	950	850	油	190	110	100	9.5	43	8	

註：在滲碳後除了採用二次滗火外，常常有採用一次滗火或從滲碳溫度降低到滗火溫度後直接滗火的。

好，所以很耐用。20X3 鋼可以作為 12X2H4A、12XH3、18XГМ 等鋼的代用品。

20X3 鋼在滲碳和淬火後得到的硬度同 15X 和 20X 鋼的硬度相同，大約在洛氏 C 級 58~62 的範圍內。一般在不大的負荷（吃力較小）下工作的零件用 15X 和 20X 鋼來製造，而在高負荷下（吃工大）工作的零件最好用 20X3 鋼來製造。例如：在汽車工業中，用 15X 和 20X 鋼製造的有凸輪軸、汽門推桿、制動器的凸輪等零件，而一些吃力比較大的零件，如後軸齒輪、從動齒輪、十字軸等，是用 20X3 鋼製造的。機床上的齒輪、軸和其他零件都用 15X 和 20X 來製造。

鎳合金滲碳鋼在工業部門中的應用是有很大的限制的。因為鎳是一種很寶貴的有色金屬，所以鎳合金滲碳鋼只用來製造非常重要的零件，如發動機、柴油機、飛機等的凸輪軸、重要的齒輪、凸輪盤等。最近普遍使用含鎳比較低的鎳鉻合金滲碳鋼或其他的合金滲碳鋼來代替鎳合金滲碳鋼，這些鋼的機械性能並不比鎳合金滲碳鋼差。

錳合金滲碳鋼同普通低碳鋼比較起來，強度比較高，但是它的表面滲碳層在淬火過程中很容易過熱，所以一般重要的零件很少用它來製造。

上面講的這些合金滲碳鋼都只含有一種合金元素（鉻、鎳或錳），所以往往不能充分地改善鋼的機械性能。有時鋼中加入了一種合金元素後，一種性能雖然得到了改善，却損壞了另外一種性能（如提高了極限強度和降伏強度而減低了韌性等）。因此，在用來製造重要零件的合金滲碳鋼中，往往同時加入兩種或者三種合金元素，這樣就可以得到高韌性的芯部和高硬度的表面層，並改善了零件的工藝性能（好的加工性、最少的變形等）。

在合金滲碳鋼中同時加入鎳和鉻可以有效地改善鋼的性能，增加它的硬化深度，並使它在熱處理後可以得到很高的強度、韌性和耐磨性。但是鋼中鉻和鎳的含量要是太高了，加工起來就很費勁。用鉻鎳合金滲碳鋼製造的零件，滲碳後一般不進行二次淬火，只加熱到 $780\sim 850^{\circ}\text{C}$ 進行一次淬火，而得到的機械性能很好。例如：12X2H4A 鋼在 900°C 滲碳再加熱到 780°C 油淬和在 180°C 低溫回火後，機械性能可以達到：極限強度 120公斤/公厘^2 ，降伏點 115公斤/公厘^2 ，延伸率 10%，面積縮減率 55%，衝擊韌性 $8\text{公斤}\cdot\text{公尺/公分}^2$ ，硬度 305公斤/公厘^2 。

鉻鎳合金滲碳鋼同其他所有的合金滲碳鋼一樣，在滲碳後可以進行直接淬火（從滲碳溫度降低到淬火溫度，然後淬到水中或油中冷卻）。

鉻鎳合金滲碳鋼一般是用來製造重要零件的。例如在飛機製造中用 15XH 鋼製造萬向接頭的十字軸、球銷、方向盤蝸桿的轉子等，而 12X2H4A 鋼用來製造各種齒輪（從動齒輪、主動錐形齒輪）等零件。

鉻鎳合金滲碳鋼中的鎳有時可以用錳來代替（15XГ 和 20XГ 鋼），但是鉻錳鋼的機械性能總不如鉻鎳鋼好，而且鉻錳鋼在滲碳後表面層的碳容易過飽和。

鉻鎢鋼、鉻鉬鋼和鎳鉬鋼的用途同鉻鎳鋼一樣。

鉻鎢鋼具有細晶粒性，耐熱性也比較好，但是硬化性（硬化能力）比鉻鎳鋼差。

鉻鉬鋼的硬化性比鉻鎢鋼好。對於截面大的零件來說，鉻鉬鋼的硬化性還是不如鉻鎳鋼，但是在切削的時候，鉻鉬鋼要比鉻鎳鋼容易加工。鉻鉬鋼最好在比較弱的滲碳劑中滲碳，因為鉻和鉬有促使表面層的碳過飽和的作用；鉻鉬鋼所以得不到廣泛使用，這是一

個原因。

鉻鎳合金滲碳鋼如果再加入合金鉬或鉬(18XHMA鋼和18XHBA鋼),可以得到很高的機械性能(比其他鉻鎳合金滲碳鋼的性能好)。這種鋼即使在空氣中冷卻也能硬化,但是一般還是淬入油中冷卻。18XHMA 鋼滲碳後加熱到 790°C 油淬並在 170°C 回火,得到的機械性能是:極限強度 148公斤/公厘^2 ,降伏點 135公斤/公厘^2 ,延伸率 12.8% ,面積縮減率 48% ,衝擊韌性 $9\text{公斤}\cdot\text{公尺/公分}^2$,硬度 148公斤/公厘^2 。

18XHMA 和 18XHBA 鋼中的奧氏體是非常穩定的,因此,這些鋼淬火後在表面滲碳層中往往保留有大量的剩餘奧氏體,硬度只有洛氏 C 級 $54\sim 56$ 。在極大多數的情況下,這些鋼在滲碳後淬火前先加熱到 650°C 進行一次高溫回火,使表面的碳擴散,淬火後殘留下來的剩餘奧氏體的數量就可以減少。不受設備條件限制的工廠,如果能把它在淬火後再施行冰冷處理,讓剩餘奧氏體很好地轉變成馬丁體,那就更好。

18XHMA 和 18XHBA 鋼用來製造發動機上的重要零件,如各種齒輪,銷子,軸等。

最近幾年出現了新的 18X2Г2Т 鋼。常常用這種鋼來代替 18XHMA 和 18XHBA 鋼,因為 18X2Г2Т 鋼的成分簡單,而性能並不比這些鋼差。

斯大林汽車廠的工程師普爾基洛夫(В.И.Прядилов)等發明了一種新成分的鋼——18XГТ(詳細成分請看表1)。這種鋼中鉻和錳的含量比 18X2Г2Т 鋼低。用 18XГТ 鋼代替 20X3, 12X2H4 等鋼製造各種汽車齒輪,得到了極大的成功。試驗的結果證明 18XГТ 鋼有下面幾個優點:

1. 加工性能好,即容易加工。

2. 用它製成的零件，熱處理的時候變形最小。

3. 滲碳並直接淬入油中冷卻後，零件表面保留的剩餘奧氏體的數量比較少，所以硬度很高（在淬火和加熱到 200°C 回火後，硬度達洛氏 C 級 58 以上），耐磨性極好。

4. 因為含有合金元素鉍，有使晶粒細化的作用，可以防止在長時間滲碳的條件下鋼發生過熱。

18XГT 鋼的缺點是：用它製成的截面大的零件，硬化性能低。

但是當直徑在 50 公厘以下的時候，它可以保證得到完全的硬化，所以用來製造汽車上的各種齒輪是很合適的。

表 3 是 18XГT 鋼、20X3 鋼和 12X2H4 鋼的表面滲碳層性能的比較。

表3 18XГT鋼、12X2H4鋼和20X3鋼的滲碳層的性能
(試樣的直徑是 20 公厘)

滲 碳 層 的 性 質	18XГT	20X3	12X2H4
在固體滲碳劑中加熱到930°C滲碳14小時後			
碳的飽和程度(在很薄的表面層中碳的含量)(%)	1.7	2.2	1.48
滲碳層的深度(到純鐵體出現為止)(公厘)	1.4	1.5	1.6
滲碳層的總深度(公厘)	2.7	2.6	2.3
從滲碳溫度降溫到 820°C 並淬入油中冷卻後			
最高的表面硬度(維氏)	850	925	400
硬度到洛氏 C 級 54 時候的滲碳層深度(公厘)	0.8	1.1	0.7~0.9
硬度到洛氏 C 級 48 時候的滲碳層深度(公厘)	1.3	1.4	1.3

18XГT 鋼在 920°C 滲碳後降溫到 825°C 油淬並在 200°C 回火後，可以得到以下的機械性能：極限強度 142 公斤/公厘²，降伏點 116 公斤/公厘²，延伸率 12%，面積縮減率 61%，衝擊韌性 12.3 公斤·公尺/