的鐵水包，由高爐的出鐵槽上直接接收鐵水，然後在爐旁用純鎂處理。由於鐵水溫度較高(1,400°C左右)，處理和澆鑄均異常順利。處理後的鐵水鑄成 110 毫米方和 35 毫米直徑的試料。結果 35 毫米直徑的鑄料全部球化，而 110 毫米方的試料，除中心有一小部分石墨沒有完成球形外，其餘的石墨亦已完全球化。機械性能試驗表示有良好的抗張強度（一般為 43—49 公斤/毫米²）和延伸率（8—16%）。高爐鐵水之直接球化處理，對於大量生產球墨鑄鐵和生產大球墨鑄鐵鑄件上有很大的經濟價值，我們認為是值得進一步研究的工作。

五 結 語

通過了球墨鑄鐵加工的研究，我們不但對於球墨鑄鐵的加工特性和加工後的性能有較全面的了解，就是對鑄態球墨鑄鐵的性能上亦有了進一步的認識。球墨鑄鐵的性能，是與鑄鋼很類似的，所以可以進行壓力加工和熱處理以得到不同

的形狀和性能，因此在很多機械零件上是可以用來代替鑄鋼、鍛鋼和鋼材的。際此我國大規模經濟建設時期，各工業部門都需要大量的鋼材，利用球墨鑄鐵來代替一部分鋼材，不但可以節省寶貴的鋼材，而且還可以降低成本。特別是如果能夠直接處理高爐鐵水，鑄成球墨鑄鐵鐵錠，然後壓延成板材或棒材，或鍛造成機械零件，其成本必可以較鋼材為低。如是不但可以完全省去化鐵和煉鋼的手續和設備，而且可以獲得與鋼的性能很類似的球墨鑄鐵鐵材。

在今後的工作中，我們準備在實驗室中繼續進行模鍛、壓延和焊接、耐磨、防腐等的研究。同時亦希望能夠直接結合廠礦進行一些機械零件的試製工作和板材的實驗應用試驗。不過在這些比較接近生產的實驗工作，需要有關產業部門的合作和大力支持才能順利地進行。所以我們很希望在以後的工作中，能夠得到有關方面的合作和支持。

參 考 文 獻

- [1] Е. П. Унксов и Д. И. Березковский, Исследованиековки, штамповки и прокатки чугуна со сфероидальным графитом, Вестник Машиностроения, 12(1953), 29—35.
- [2] J. A. Perry and J. E. Rehder, Nodular Iron Hot-forged and Rolled, The Iron Age, October (1951), 229—233.
- [3] 中國科學院金屬研究所，球墨鑄鐵鍛壓初步試驗總結報告，鑄工，6(1953)，5—15。
- [4] 張作梅、郭勝泉，球墨鑄鐵的鍛造、壓延和機械性能的研究，東北科學研究彙報，第 4 卷，第 4 期(1954)，442—483。
- [5] 張作梅、徐有容，在不同溫度下球墨鑄鐵的衝擊性能，物理學報，第 10 卷，第 4 期(1954)。
- [6] 張作梅、關兆豐、羅本原，直接處理高爐鐵水製造球墨鑄鐵的研究，中國科學院金屬研究工作報告會資料。

介紹蘇聯低合金鋼 40X 的代用品

中國科學院冶金陶瓷研究所

在一個國家的工業機械化過程中，常需用大量的低合金鋼。這類鋼中所含的合金元素雖然不高，但因這類鋼的需要量大，所以往往要消耗大量的合金元素。因此各工業先進的國家，都配合了自身的資源，制定一套適合於本國情況的低合金鋼種。例如：在蘇聯，鉻便是低合金鋼中主

要的合金元素，而在英美，鎳、鉻却是主要的合金元素。但是在我們的國家中，就目前已發現的鎳、鉻的礦源而論，為數不多，它們應該利用到更需要鎳和鉻的地方去（如冶煉不銹鋼、耐高溫合金、高速鋼等），因此，機械製造業中所大量需要的低合金鋼，最好能利用我國蘊藏豐富的鎳和

鉛等元素來冶煉。

40X 鋼是含碳 1% 左右的中碳低合金鋼，是蘇聯機械製造業中極重要的一種鋼材，諸如工作母機、汽車、拖拉機和路礦機械中都大量應用。我國目前的工業建設，是在蘇聯的先進技術指導下進行的；很多機器的生產，都直接採用蘇聯圖紙和操作規程。我們可以理解到，在最近的將來，機械製造業對 40X 鋼的要求，在數量上必定很大，因此我們便必須尋求 40X 鋼的代用品。

這次我們研究 40X 的代用品時，是以汽車上的另件為主要對象，由於汽車製造在機械製造業中是相當有代表性的，所以本題的研究結果，也同樣能適應其他的機械製造工業。

40X 鋼在機器上的應用，主要是做轉軸和傳動齒輪。它的硬度，根據汽車零件的要求，有二個範圍。高強度的一類，是將零件淬硬之後再經低溫回火到硬度為 $R_c 45-55$ 之間；經氰化處理（大都應用於齒輪）後的零件，表面硬度在 $R_c 48-56$ 之間。低強度的一類，在淬硬之後再經高溫回火至硬度在 $R_c 25-35$ 之間。蘇聯有的載重汽車的後軸，便屬於後者範圍之內。

在探索該項代用品的時候，有下列諸項要求：1. 硬化性能——希望代用品的透硬深度和 40X 鋼相仿。2. 機械性能——要求不遜於 40X 鋼。3. 對熱處理的適合性——要求在氰化處理上，和在回火脆化、淬火脆裂、表面脫碳等問題上無特殊困難發生。4. 要求低的生產成本。根據上述幾項要求，我們作了一系列的試驗，茲將試驗的結果，綜述於下：

硬化性能：低合金鋼的硬化性能，常可從鋼的化學成分中約略地估計出來。利用估計理想淬透直徑 D_I 的方法，我們冶煉了三種含碳 0.40% 級的鋼（其 D_I 值與 40X 鋼相近）——錳鋼、錳鉍鋼和錳鎢鋼，和三種同樣鋼種的含碳 0.35% 級的鋼（其 D_I 值較 40X 鋼為小），根據一端淬火試驗的數據，三種含碳 0.40% 級的鋼，硬化曲線都落在 40X 鋼的硬化帶內，所以這三種鋼的硬化性能，基本上和 40X 鋼相同；三種含碳 0.35% 級的鋼，硬化曲線都較 40X 鋼的硬化帶略低。

機械性能：根據低合金鋼的使用經驗，若將這類鋼淬硬之後，再回火到相同的硬度，都有相同的抗拉強度，其韌性只隨含碳量的多寡而變，

而與合金成分無關。但低溫衝擊韌性却與鋼中所含合金元素有密切的關係。關於各種低合金鋼在疲勞試驗中的凹口敏感率，目前尚缺乏推測的依據，這也只能憑實驗來確定的。40X 鋼在低強度範圍內的應用，大都是做傳動軸（如汽車後軸），所以低溫衝擊韌性和疲勞強度便顯得很重要。

我們將六種代用品和 40X 鋼都先經 900°C 正火，在 850°C 油淬硬，再在不同的溫度下回火至硬度為 $R_c 28 \pm 1$ （回火溫度都在 580°C 以上，回火後淬入水中，以抑止回火脆化），做成 V-凹口的衝擊試樣，在各種溫度下進行查貝衝擊試驗。在室溫時，試樣斷口呈韌性斷裂，在低溫中，則呈脆性斷裂。我們姑且以衝擊韌性為 7 千克·米/厘米² 時的相當溫度，作為各種鋼自韌性斷裂進入脆性斷裂時的轉折溫度，這幾種鋼的轉折溫度都列於表 1 中。表 1 中所列的代用品，我們故意提高了含磷量至超過最高限度，使它們的低溫衝擊韌性代表最低極限。疲勞試樣的熱處理方法和衝擊試樣相同，試樣為摩爾式弧形的和凹口的二種，在轉速為每分鐘 10,000 轉的摩爾式疲勞試驗機上測定疲勞極限，並計算出凹口敏感率因子 q ，列於表 1 中。

根據表 1 中所列的機械性能數據，可以看出錳鋼的機械性能次於 40X 鋼，而錳鉍鋼則比 40X 鋼優越。

對熱處理的適合性：我們首先考慮代用品的氰化處理問題，因為汽車上有很多齒輪和凸輪等，都是用 40X 鋼經氰化處理後應用的。根據蘇聯氰化處理的操作規程，我們做了一系列的氰化試驗。就上面所列的幾種代用品而論，氰化層的厚度只隨氰化溫度及處理的時間而變，表面硬度也只隨氰化層的厚度而略有改變，但與鋼中所含合金的成分無關。這說明了這幾種代用品氰化外殼的性能，基本上與 40X 鋼相同。根據蘇聯汽車零件氰化的規格，氰化溫度為 830°C ，再經 200°C 回火，氰化深度約為 0.15 毫米，在這個規格內，我們比較了各種代用品氰化後心部的抗拉性能與衝擊韌性，列於表 2 中。其中除含碳 0.40% 級的錳鋼外，其他五種代用品，經氰化處理後的機械性能，基本上都符合 40X 鋼的要求。因為氰化零件心部的硬度，恰在 40X 鋼高強度範圍之內（ $R_c 45-55$ ），所以表 2 中的數據也代

表1 各鋼的機械性能 (硬度 $R_c \geq 28$ 上1)

鋼 種	抗 拉 試 驗				衝 擊 試 驗		疲 勞 試 驗				
	屈服點	抗拉強度	引伸率	斷 面 收縮率	室溫 衝擊韌性	轉折溫度	弧形試 樣疲勞 極 限	凹口試 樣疲勞 極 限	弧形試 樣疲勞 極限與 抗拉強 度之比	K 值	q 值
	千 克 毫 米 ²	千 克 毫 米 ²	%	%	千 克-米 厘 米 ²	°C	千 克 毫 米 ²	千 克 毫 米 ²			
40X	81.5	91	16.8	56.8	13.3	-62	51.7	17.6	0.57	2.94	0.97
甲鋼—0.40%C 錳鋼	82.1	90.2	20.5	57.8	13.0	-42	51.3	21.1	0.57	2.44	0.72
乙鋼—0.40%C 錳鉬鋼	81.9	90.1	22.0	57.0	12.7 高鋼(13.5)	-95 高鋼(-80)	52.0	22.5	0.58	2.31	0.66
丙鋼—0.40%C 錳鉬鋼	84.5	92.3	17.8	52.5	11.7	-60	50.0	22.5	0.54	2.22	0.61
丁鋼—0.35%C 錳鋼	82.7	91.9	21.1	58.2	14.5	-35	47.8	21.1	0.52	2.27	0.64
戊鋼—0.35%C 錳鉬鋼	83.8	90.5	19.8	59.2	16.4	-130	49.2	19.7	0.54	2.50	0.75
己鋼—0.35%C 錳鉬鋼	77.7	87.8	16.4	56.4	16.1	-100	50.0	22.5	0.57	2.22	0.61

$$K = \text{實驗凹口應力集中因子} = \frac{\text{弧形試樣疲勞極限}}{\text{凹口試樣疲勞極限}}$$

$$q = \text{凹口敏感率因子} = \frac{K-1}{K_i-1}$$

K_i = 理論凹口應力集中因子 = 3 (根據我們所用的凹口, 用Neuber 的方法計算)。

表高强度範圍內的性能。

這類低合金鋼, 當回火的溫度高於 500°C 以上 (或在 500°C 左近回火); 若冷卻經過 500°C 時的冷卻速度很小, 則產生回火脆化現象, 回火脆化作用大大地削減了鋼的衝擊韌性, 回火脆化作用的大小, 可用衝擊試驗時脆化斷裂的轉折溫

度升高的多寡來衡量。我們利用二種試樣來測出各鋼對回火脆化的敏感程度: 一種是經脆化回火處理的試樣, 即在高溫回火(580°C 以上)後, 在爐中慢慢冷卻 (冷卻速率為每分鐘 1.52°C, 硬度為 $R_c 29 \pm 2$); 另一種是不脆化回火的試樣。經脆化回火處理後, 含碳 0.40% 級的錳鋼, 脆化斷

表2 各種鋼在 830°C 氰化到深度為 0.15 毫米時的心部機械性能

鋼 種	心 部 的 抗 拉 性 能								心部的衝擊韌性			
	900°C 悶火 288 分鐘				960°C 悶火 288 分鐘				900°C 悶火 288 分鐘		960°C 悶火 288 分鐘	
	硬度	抗拉強度	引伸率	斷 面 收縮率	硬度	抗拉強度	引伸率	斷 面 收縮率	平均衝 擊韌性	試驗 次數	平均衝 擊韌性	試驗 次數
	R_c	千 克 毫 米 ²	%	%	R_c	千 克 毫 米 ²	%	%	千 克-米 厘 米 ²		千 克-米 厘 米 ²	
40X	49	194	9	43					2.5	5		
甲鋼—0.40%C 錳鋼	51	>205*							0.9	1	1.6	2
乙鋼—0.40%C 錳鉬鋼	50	197	10	43	50	203	9	37	2.7	9	2.6	2
丙鋼—0.40%C 錳鉬鋼	48	194	11	41	49	200	10	38	2.2	2	2.0	2
丁鋼—0.35%C 錳鋼	48	186	11	44	49	190	12	36	2.9	1	2.7	4
戊鋼—0.35%C 錳鉬鋼	50	187	10	40	48	186	11	44	2.9	4	3.7	1
己鋼—0.35%C 錳鉬鋼	48	186	10	44	48	187	11	44	3.3	1	2.4	4

* 9 個試樣都斷在試樣肩。

裂轉折溫度上升 127 °C，相當的錳鉬鋼僅上升 25 °C，經同樣處理後的 40X 鋼，根據參考文獻上的資料，可以求出其轉折溫度上升大約 86 °C。所以錳鉬鋼對回火脆化的敏感程度而言，要遠勝過 40X 鋼，這對應用於製造較大的零件時，非常有利。

各種鋼在淬火時，對產生淬火裂紋的敏感程度，往往很難在實驗室中加以確定。不過我們可以根據各鋼在淬火時，從馬氏體轉變開始溫度的高低上，作出約莫的估計，一般而論，馬氏體轉

變起點溫度愈高的鋼，愈不容易產生淬火脆裂，各種鋼的馬氏體轉變起點，我們根據參考文獻中二個不同的經驗公式來計算，結果如下：其中除含碳 0.40% 級錳鋼外，都與 40X 鋼相近。根據我們熱處理各種試樣的經驗，錳鋼是比較容易產生裂紋的，其餘各鋼與 40X 一樣，並無淬火脆裂之虞。

錳鉬鋼在鍛造及熱處理時，其表面脫碳的程度，也較 40X 鋼為少。我們在 1,200 °C 及 830 °C 的溫度下，用 60 °C 的飽和濕氫進行 50 小時的脫

表 3 各種鋼的馬氏體轉變起點

鋼 種	40X	甲鋼—— 0.40%C 錳 鋼	乙鋼—— 0.40%C 錳 鉬 鋼	丙鋼—— 0.40%C 錳 鎢 鋼	丁鋼—— 0.35%C 錳 鋼	戊鋼—— 0.35%C 錳 鉬 鋼	己鋼—— 0.35%C 錳 鎢 鋼
馬氏體轉變 起點 °C	365(321)	340(310)	358(325)	358(324)	357(327)	378(341)	378(341)

碳試驗，錳鉬鋼的脫碳層都要比 40X 鋼的薄。在熱處理的溫度中，錳鉬鋼表面氧化皮的生成率，基本上與 40X 鋼相同；再在 850 °C 自然通風的管形電爐中加熱 5 小時的結果，錳鉬鋼的氧化皮損失為 0.0603 克/厘米²(曝露面積)，而 40X 鋼為 0.0574 克/厘米²(曝露面積)，這個差別是在我們實驗的容許差誤之內。

生產成本：雖然我們所用的試驗鋼錠，都是用高頻率感應電爐冶煉的，但根據國外的廣泛經驗，這一類鋼都可以在電爐或鹼性平爐中大量生產的。其生產成本大致相同，各種鋼價格的差別，完全由所加不同的鐵合金的價值來決定。按照國內鐵合金的市價，錳鋼每噸的成本，要比 40X 鋼約低 16 萬元，錳鉬鋼要低 11 萬元，錳鎢

鋼則要高出 40X 鋼 37 萬元。若依照國外鐵合金的市價核計，則錳鋼每噸要比 40X 鋼低 10 萬元，錳鉬鋼低 4 萬元，而錳鎢鋼則要高出 50 萬元。

若考慮到成本及鋼的各種性能，不難看出，錳鉬鋼應該是 40X 鋼最適合的代用品。根據上述的實驗數據，我們已初步擬定了錳鉬鋼代用品的化學成分規格。

我們深信，一種代用品的建立，決不能單憑實驗室的數據就可以完成的，我們希望各生產單位（尤其是汽車工業單位）廣為試用，只有從實際地使用的經驗中，才能判別代用品的是否恰當，也只有總結廣泛的使用經驗後，才能訂出更切乎實際的規格來，在試用的過程中，我們的數據，可供初步的參考。

丙烯腈和取代乙內醯脲的反應的研究

邢 其 毅

(北京大學化學系)

丙烯腈是近幾年來研究得最廣泛的一個化合物。但丙烯腈和環狀的醯胺，例如與某些亞醯胺及內醯胺等的反應研究得並不多，其中重要的是丙烯腈和丁二醯亞胺、 α -四氫代吡咯酮、 ω -內乙

醯胺、磷苯二甲醯亞胺、2-羥基吡啶、靛紅等的反應。從這些反應中又製得了一系列重要化合物。最近，A. П. 捷林切夫報告了丙烯腈和環二縮式氨基酸及多肽的反應。